



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

Τμήμα Γεωπονίας Αμαλιάδας

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

“Τεχνολογίες Παραγωγής και Διατροφική Αξία Φυτικών Προϊόντων”

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



Wild Strawberry Runner by D G Mackean

**“Παραγωγή πολλαπλασιαστικού υλικού φράουλας
(*Fragaria x ananassa* Duch.)”**

Σπουδαστής: Παναγιώτης Κουτσούμπας

Εισηγητής: Γεώργιος Σαλάχας

ΑΜΑΛΙΑΔΑ 2020

Περιεχόμενα

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	5
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	6
ABSTRACT	7
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8
1.1 Γενικά για την φράουλα	8
1.2 Χρήσεις της φράουλας	8
1.3 Καταγωγή – βοτανική ταξινόμηση	8
1.4 Παγκόσμια εξάπλωση	11
1.4.1 Διάδοση στην Ελλάδα	13
1.4.2 Η καλλιέργεια της φράουλας στην Ηλεία	14
1.5 Περιγραφή του φυτού	18
1.5.1 Φυτό	18
1.5.2 Ρίζα	18
1.5.3 Βλαστός	19
1.5.4 Στόλωνες.....	20
1.5.5 Φύλλα.....	20
1.5.6 Ταξιανθία.....	22
1.5.7 Άνθος.....	24
1.5.8 Καρπός.....	24
1.5.9 Σπέρματα (αχαίνια)	25
1.6 Μορφολογικά χαρακτηριστικά του σπουδαιότερου είδους φράουλας	25
1.7 Εδαφοκλιματικές συνθήκες	26
1.7.1 Κλίμα	26
1.7.1.1 Γενικά.....	26
1.7.1.2 Διάρκεια ηλιακής ακτινοβολίας	27
1.7.1.3 Εαρινοποίηση	30
1.7.1.4 Κλιματικοί παράγοντες και φυσιολογία φυτού	31

2 ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΜΟΣ ΦΥΤΩΝ ΜΕ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ – ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΜΠΩΤΗΣ ΚΑΙ ΠΑΛΙΡΡΟΙΑΣ	38
2.1 Γενικές έννοιες και ορισμοί για τα υδροπονικά συστήματα.....	38
2.2 Ιστορική ανασκόπηση της καλλιέργειας εκτός εδάφους.....	41
2.3 Αξιολόγηση καλλιεργειών εκτός εδάφους	46
2.3.1 Πλεονεκτήματα καλλιεργειών εκτός εδάφους	47
2.3.2 Μειονεκτήματα καλλιεργειών εκτός εδάφους	52
2.4 Ιδιότητες των υποστρωμάτων	55
2.4.1 Πετροβάμβακας	55
2.4.2 Διογκωμένος περλίτης.....	56
2.4.3 Κόκος ή κοκόχωμα.....	57
2.5 Ταξινόμηση με βάση τον τρόπο διαχείρισης των απορροών	59
2.5.1 Ανοιχτά συστήματα καλλιέργειας εκτός εδάφους.....	59
2.5.2 Κλειστά συστήματα καλλιέργειας εκτός εδάφους.....	60
2.6 Σύστημα υδροπονίας άμπωτης και πλημμύρας	61
2.7 Υδροπονικές μέθοδοι πολλαπλασιασμού φυτών	63
2.7.1 Γενικά.....	63
2.7.2 Σύστημα υδρονέφωσης (mistpropagation) - Συνεχής και διακοπτόμενη.....	64
2.7.3 Σύστημα ομίχλης (fogsystem)	66
2.7.4 Πολλαπλασιασμός χωρίς ομίχλη (non-mistpropagators)	67
2.8 Πολλαπλασιασμός της φράουλας.....	67
2.8.1 Εγγενής πολλαπλασιασμός	67
2.8.2 Αγενής πολλαπλασιασμός.....	67
2.8.3 Κατηγορίες φυτικού πολλαπλασιαστικού υλικού.....	68
2.8.3.1 Φρέσκα έρριζα μοσχεύματα.....	68
2.8.3.2 Έρριζα μοσχεύματα ψυγείου.....	69
2.8.3.3 Φυτά από in vitro καλλιέργεια.....	70
2.8.4 Επιλογή των κατάλληλων φυτών	71
2.8.5 Ριζοβολία με τη μέθοδο της υδρονέφωσης.....	72

3 ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	75
4 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	77
4.1 Πειραματικός Σχεδιασμός	77
4.2 Προετοιμασία συστήματος υδροπονίας άμπωτης και πλημμύρας	78
4.3 Συλλογή πολλαπλασιαστικού υλικού.....	91
4.4 Πειραματικό σχέδιο	92
4.5 Προετοιμασία φυταρίων και εγκατάσταση τους στο υδροπονικό σύστημα ριζοβολίας άμπωτης και πλημμύρας	93
4.6 Στατιστική ανάλυση	95
5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	96
5.1 Μετρήσεις περιβαλλοντικών συνθηκών	96
5.2 Η πορεία της ριζοβολίας.....	99
5.3 Αξιολόγηση της ριζοβολίας	115
5.3.1 Αύξηση του ύψους των φυταρίων φράουλας κατά τη διάρκεια της ριζοβολίας στο σύστημα άμπωτης και παλίρροιας.....	116
5.3.2 Αύξηση του αριθμού των φύλλων φυταρίων φράουλας κατά τη διάρκεια της ριζοβολίας στο σύστημα άμπωτης και παλίρροιας.....	122
5.3.3 Αύξηση του αριθμού των ριζών φυταρίων φράουλας κατά τη ριζοβολία στο σύστημα άμπωτης και παλίρροιας.....	128
5.3.4 Αύξηση του μήκους των ριζών φυταρίων φράουλας κατά τη διάρκεια της ριζοβολίας στο σύστημα άμπωτης και παλίρροιας.....	134
5.4 Ποσοστά επιτυχούς ριζοβολίας	140
6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	142
Βιβλιογραφία	144

Πρόλογος

Η παρούσα πειραματική διπλωματική μελέτη με τίτλο “Παραγωγή πολλαπλασιαστικού υλικού φράουλας (*Fragaria x ananassa* Duch.)”, εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Φυσιολογίας και Θρέψης Φυτών στα πλαίσια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Τεχνολογίες Παραγωγής & Διατροφική Αξία Φυτικών Προϊόντων», του τμήματος Γεωπονίας του Πανεπιστημίου Πατρών.

Η διπλωματική αυτή εργασία εκπονήθηκε υπό την επίβλεψη του Καθηγητή κ. Γεώργιου Σαλάχα, τον οποίο θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά για την πολύτιμη βοήθειά του τόσο κατά τη διάρκεια της διπλωματικής αυτής εργασίας όσο και για τη εκπαίδευσή μου στα συστήματα καλλιεργειών εκτός εδάφους και ιδιαίτερα για την καθοδήγησή του και τις πολύτιμες συμβουλές του κατά τη διάρκεια των πειραμάτων.

Θερμές ευχαριστίες εκφράζω και προς τα άλλα δύο μέλη της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής την κ. Αγλαΐα Λιόπα – Τσακαλίδη, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια και τον κ. Παντελή Μπαρούχα, Αναπληρωτή Καθηγητή του Τμήματος Γεωπονίας για τη συμμετοχή τους στην εξέταση της διπλωματικής μου εργασίας και για τις χρήσιμες παρατηρήσεις τους.

Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου και τους παππούδες μου για την πολύτιμη υποστήριξή τους προκειμένου να πραγματοποιήσω τις μεταπτυχιακές σπουδές μου.

Περίληψη

Η καλλιέργεια της φράουλας (*Fragaria x ananassa* Duch.) είναι μια πολύ σημαντική καλλιέργεια για τις περιοχές της Ελλάδας όπου καλλιεργείται. Τα τελευταία χρόνια το πολλαπλασιαστικό υλικό (συνήθως πρόκειται για έρριζα μοσχεύματα ψυγείου) εισάγεται από χώρες του εξωτερικού και συγκεκριμένα από την Ισπανία, την Ολλανδία, την Πολωνία και την Αμερική. Το συγκεκριμένο πολλαπλασιαστικό υλικό, επειδή προέρχεται από ριζοβολία φυταρίων στο έδαφος είναι κακής ποιότητας και ιδιαίτερα προβληματικό. Με εξαίρεση την παραγωγή φυταρίων φράουλας από μητρική υδροπονική καλλιέργεια στην περιοχή της Ηλείας. Στην παρούσα διπλωματική εργασία διερευνήθηκε για πρώτη φορά πειραματικά η δυνατότητα εφαρμογής μίας νέας καινοτόμου υδροπονικής μεθόδου παραγωγής πολλαπλασιαστικού υλικού, (μέθοδος άμπωτης και παλίρροιας) για ριζοβολία και παραγωγή νεαρών φυταρίων φράουλας που προέρχονταν από στόλωνες μητρικών φυτών της ποικιλίας Florida Fortune. Από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι η υδροπονική μέθοδος άμπωτης και παλίρροιας θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί με επιτυχία για την παραγωγή υγιούς πολλαπλασιαστικού υλικού φράουλας. Η χρήση εξωγενών ορμονών ριζοβολίας σε σκόνη (Radicin) και σε υγρή μορφή (IBA) κατά τη διάρκεια των πειραμάτων ριζοβολίας δεν είχε καμία θετική επίδραση σε σχέση με το μάρτυρα. Όσο αφορά τα υποστρώματα ριζοβολίας που χρησιμοποιήθηκαν, ο περοβάμβακας, και ο κοκοφοίνικας έδειξαν πολύ καλά χαρακτηριστικά ως προς την ριζοβολία των φυταρίων φράουλας, με τον κοκοφοίνικα να δείχνει σχετικά καλύτερα αποτελέσματα ως προς την ανάπτυξη των χαρακτηριστικών των φυταρίων. Αντίθετα ο περλίτης αποδείχτηκε ακατάλληλος για χρήση ως υπόστρωμα στο συγκεκριμένο σύστημα ριζοβολίας (σύστημα άμπωτης και παλίρροιας). Αυτό πιθανώς οφείλετε στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά συγκράτησης υγρασίας και αερισμού στο συγκεκριμένο υπόστρωμα.

Abstract

Strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.), it is a very important crop for Greece primary production. The propagation material (usually Bare-rooted frigo plants) is imported from abroad, specifically from Spain, Netherlands, Poland and United States and because it comes from the soil is of poor quality. Recently, the propagation material of strawberry partly produced from mother hydroponically growing plants in the region of Iliia, Greece. In the present diploma thesis, we investigated experimentally for the first time the possibility of applying a new innovative hydroponic propagation method, the ebb and flow method, for rooting young strawberry plants derived from the Florida Fortuna variety runners of mother plants. From our present results it is concluded that the ebb and flow hydroponic method could be used successfully to produce healthy strawberry propagation material. The use of exogenous rooting powder (Radicin) and liquid form (IBA) hormones during rooting experiments did not show any positive effect compared with the control. In addition, the rockwool and coco rooting substrates used, showed very well characteristics in terms of rooting procedure of strawberry plants in ebb and flow system, with the coco revealing relatively better results in terms of the development of the characteristics of the young plants. On the contrary, perlite was proved to be unsuitable material as substrate in the ebb and flow system.

1 Εισαγωγή

1.1 Γενικά για την φράουλα

Η φράουλα είναι φυτό δικοτυλήδονο και ανήκει στο γένος *Fragaria*, ονομασία που προέρχεται από το λατινικό *Fragrans* και σημαίνει άρωμα, το οποίο είναι χαρακτηριστικό στους καρπούς της φράουλας. Υπάγεται στην οικογένεια των Ροδίδων (*Rosaceae*). Η φράουλα ονομάζεται στα αγγλικά *Strawberry*, στα γαλλικά *Fraisier* και στα γερμανικά *Erdbeere*. Στα ελληνικά η φράουλα απαντάται και με τις ονομασίες χαμοκέρασο και χαμαικέρασος.

1.2 Χρήσεις της φράουλας

Ο εμπορικός καρπός (το μούρο ή μιμαίκυλο) μετά την ωρίμανσή του χρησιμοποιείται ως επιτραπέζιο φρούτο αλλά και στη βιομηχανία για την Παρασκευή μαρμελάδας, χυμού και πηχτής. Επίσης χρησιμοποιείται στη ζαχαροπλαστική και την αρωματοποιία. Ο χυμός του είναι στυπτικός, ηρεμιστικός, καθαρτικός και δροσιστικός γι' αυτό και χρησιμοποιείται ως αναψυκτικό. Λέγεται ότι η χρήση του κάνει καλό ως αντίδοτο στις αιμορραγίες, τη διάρροια και τη στηθάγχη.

1.3 Καταγωγή – βοτανική ταξινόμηση

Η φράουλα δεν αναφέρεται από κανέναν προχριστιανικό συγγραφέα. Αυτό δημιουργεί πολλά ερωτηματικά, γιατί η φράουλα είναι αυτοφυής στον ελληνικό χώρο. Η περιγραφή του Διοσκουρίδη για ένα ποώδες φυτό με την ονομασία χαμαικέρασος δεν ταιριάζει με τους βοτανικούς χαρακτήρες της φράουλας. Επίσης ο Αθηναίος, ο οποίος έζησε πολύ αργότερα από το Διοσκουρίδη, με το όνομα χαμαικέρασος αναφέρεται στην κουμαριά.

Η συστηματική καλλιέργεια της φράουλας σε αγρούς άρχισε μόλις τον 14^ο αιώνα μ.Χ. στη Γαλλία με τη χρησιμοποίηση φυτών του είδους *Fragaria vesca* (Καββαδάς, 1956). Από τις αρχικές αυτές φυτείες, μετά από ατομική επιλογή και διασταύρωση με άλλα είδη φράουλας, προέκυψαν με την πάροδο του χρόνου και την ενασχόληση χιλιάδων γενετιστών και βελτιωτών ανά τον κόσμο οι καλλιεργούμενοι σήμερα και εκείνοι που αποσύρθηκαν γονότυποι.

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

Αυτοφυή της Ευρώπης: *Fragaria vesca*, *F. viridis*, *F. moschata* και *F. semperflorens*.

Αυτοφυή της Ασίας: *F. vesca*, *F. moschata*, *F. daltoniana*, *F. nubicola*, *F. nilgerrensis*, *F. orientalis* και *F. mourinensis*. Από τα παραπάνω είδη τα *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: *Fragaria chiloensis*, *F. virginiana*, *F. ovalis* και *F. vesca*.

Το είδος *F. semperflorens* διαφέρει από το *F. vesca* μόνο κατά ένα γονίδιο και για το λόγο αυτό δεν πρέπει, κατά τον Darrow (1966), να αποτελεί αυτοτελές είδος. Κατά τον Hughes (1980), αυτοτελές είδος της Ευρώπης πρέπει να θεωρείται και το *F. elatior*.

Κατά τους Hancock & Ludy (1933) το πολυπλειδές γένος *Fragaria* περιλαμβάνει και τέσσερεις οκταπλοειδείς γονότυπους, δηλαδή το σύνολο 18 είδη. Μεταξύ αυτών υπάρχει και το είδος *F. iturupensis*, το οποίο, αν και ασιατικό, είναι το μόνο αυτής της ηπείρου που βρέθηκε αυτοφύες και στην Αμερική (Staudt 1973). Το γένος αυτό οδήγησε τους Luby et al. (1992) να ισχυριστούν ότι το *F. iturupensis* πέρασε από την Ασία στην Αμερική μέσω του Βερίγγειου πορθμού και συνιστά τον πρόγονο των δύο αμερικανικών ειδών *F. chiloensis* και *F. virginiana*, τα οποία προήλθαν από τη διαφοροποίησή του ως αποτέλεσμα της κλιματικής προσαρμογής καθώς αυτό εξαπλώνονταν από τη Βόρεια προς τη Νότια Αμερική.

Για την Ευρώπη, εκτός από τα αυτοφύομενα σ' αυτήν είδη, ενδιαφέρον παρουσιάζουν και τα αμερικάνικα *F. chiloensis* και *F. virginiana*, επειδή από τη διασταύρωση αυτών προέρχεται σχεδόν το σύνολο των καλλιεργούμενων σήμερα ποικιλιών, οι οποίες και συνιστούν το είδος *Fragaria x ananassa* που είναι οκταπλοειδές. Λόγω του ειδικότερου ενδιαφέροντος αξίζει να αφιερωθούν μερικές επιπλέον πληροφορίες γι' αυτά.

Fragaria vesca (φράουλα η γνήσια). Στην άγρια μορφή της είναι το πλέον διαδεδομένο είδος, απαντώμενο στις δασικές περιοχές της Ευρώπης και της Ασίας. Αυτοφύεται επίσης στη Β. Αφρική και Β. Αμερική, όπου μεταφέρθηκε μετά την ανακάλυψή της. Καλλιεργούμενη απαντάται επίσης σε περιοχές της Κεντρικής και Νότιας Αμερικής. Εντός του είδους *F. vesca* έχουν κατά καιρούς προταθεί συγγενή είδη (*F. Mexicana* Schlecht., *F. insularis* Rydb., *F. semperflorens* Duch.), υποείδη (*F. vesca* ssp. *bracteata* Heller, ssp. *Americana* Porter) και βοτανικές ποικιλίες (*F. vesca* var. *californica*, var. *eflagellis* Duch., var. *monophylla* Duch., var. *muricata* Duch. και var. *multiplex* Duch.).

Fragaria viridis (φράουλα η λοφώδης). Είναι αυτοφυής σ' όλη την Ευρώπη, τη Δυτική και Κεντρική Ασία (από Καύκασο μέχρι Σιβηρία) και τα Κανάρια Νησιά. Απαντάται κυρίως σε χορτολιβαδικές λοφώδεις περιοχές, σε στέπες και σε θαμνώδεις δασικές περιοχές.

Fragaria moschata (φράουλα η μοσχάτη). Είναι αυτοφυής στη Βόρεια, την Κεντρική και την Ανατολική Ευρώπη και μέσω της Ρωσίας φθάνει μέχρι τη Σιβηρία (περιοχή του Αμούρ). Αναπτύσσεται σε σκιαζόμενες από δάση, θάμνους και υψηλή ετήσια βλάστηση περιοχές.

Fragaria chiloensis (φράουλα η χιλιανή). Απαντάται ως αυτοφυής σε αφθονία στις ακτές της Χιλής και συχνά και στις ορεινές περιοχές των Άνδεων. Λιγότερο συχνά βρίσκεται και στις ανατολικές κλιτύες των Άνδεων προς την Αργεντινή. Επίσης, απαντάται μόνο στις ακτές της Β. Αμερικής προς τον Ειρηνικό Ωκεανό από την Καλιφόρνια (Santa Barbara) μέχρι την Αλάσκα και ποτέ στην ενδοχώρα. Καλλιεργούμενη απαντάται επίσης στο Περού, τον Ισημερινό και το Μεξικό.

Κατά τον Staudt (1962) στο είδος *F. chiloensis*, ανάλογα με την περιοχή που αυτοφύεται, υπάγονται τα υποείδη: *F. chiloensis* f. *chiloensis*, *F. chiloensis* f. *patagonica*, *F. chiloensis* ssp. *lucida*, *F. chiloensis* ssp. *pasifica* και *F. chiloensis* ssp. *sandwicensis* ή κατ' άλλους η βοτανική ποικιλία *F. chiloensis* var. *sandwicensis*. Τα πρώτα φυτά της *F. chiloensis* εισήχθησαν στην Ευρώπη (Γαλλία) στα 1700 μ.Χ. από το ναύαρχο Amedde Fresier (Wilhelm & Sagen 1972). Τα πρώτα χρόνια, μετά την εισαγωγή των, το είδος αυτό απογοήτευσε τους Γάλλους επειδή τα εισαχθέντα φυτά ήταν όλα θηλυκά και δεν μπορούσαν να δώσουν καρπούς αφού έλειπε ο επικονιαστής.

Το πρόβλημα όμως λύθηκε σχεδόν τυχαία όταν διαπιστώθηκε ότι σε μικρές φυτείες με το ενδημικό στην Ευρώπη είδος *F. moschata* τα φυτά της *F. chiloensis* έδωσαν καρπούς. Έκτοτε και σταδιακά το είδος *F. chiloensis* κατέστη η κυριότερη εμπορική φράουλα στη Γαλλία και η περιοχή της Βρετάνης έγινε το κέντρο παραγωγής της στην Ευρώπη (Hancock et al. 1999). Την ίδια χρονική περίοδο και στην ίδια περιοχή (Γαλλία) διαπιστώθηκε επίσης ότι τα άνθη της *F. chiloensis* μπορούσαν να γονιμοποιηθούν με τη γύρη ανθέων φυτών της *F. virginiana* τα οποία είχαν εισαχθεί επίσης από Β. Αμερική. Η *F. chiloensis* εκτιμήθηκε από τους καταναλωτές λόγω των μεγάλων καρπών της (διαμέτρου 15-20 χιλ.).

Fragaria virginiana (φράουλα η βιργινιανή). Ως αυτοφυής απαντάται μόνο στη Βόρεια Αμερική και μάλιστα σε χορτολιβαδικές εκτάσεις που εκτείνονται ανατολικά των Βραχωδών Ορέων και μέχρι τις Ανατολικές Ακτές και σε γεωγραφικό πλάτος από τις νότιες πολιτείες των Η.Π.Α. και προς βορρά μέχρι τις περιοχές του Καναδά που βρίσκονται κάτω του κόλπου στου Bay. Συνυπάρχει με την *F. vesca* η οποία αυτοφύεται σε όλες τις περιοχές της Αμερικανικής ηπείρου. Η *F. virginiana* δεν απαντάται αυτοφυής σε περιοχές της ακτής της Αμερικής προς τον Ειρηνικό Ωκεανό όπου αυτοφύεται η *F. chiloensis*. Το είδος *F. virginiana* είναι αρκετά πολυμορφικό (όπως άλλωστε και τα είδη *F. vesca* και *F. chiloensis*) και περιλαμβάνει αρκετές βοτανικές ποικιλίες όπως για παράδειγμα: *F. virginiana var australis*, *F. virginiana var. illinoensis*, *F. virginiana var. grayana*, *F. virginiana var. canadensis*, *F. virginiana var. terrae-nonae* και *F. virginiana var. glauca*. Στην Ευρώπη το είδος αυτό πρωτοεισάχθηκε στη Γαλλία στα 1700 μ.Χ. και εκτιμήθηκε για τους μεγάλους καρπούς του (διαμέτρου 0,5-2 εκ.), οι οποίοι έχουν έντονο κόκκινο χρώμα.

Fragaria x ananassa. Το πλείστον των καλλιεργούμενων ποικιλιών με μεγάλους καρπούς ανήκουν σ' 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 ananassa* (Darrow 1966).

1.4 Παγκόσμια εξάπλωση

Οι καρποί της φράουλας που διοχετεύονται στην αγορά προέρχονται από αυτοφυόμενα ή καλλιεργούμενα φυτά τα οποία απαντώνται, όπως ήδη ελέχθη, σε όλες τις ηπείρους και σε όλα τα γεωγραφικά πλάτη και μήκη. Το σύνολο της παγκόσμιας παραγωγής

κατά την τελευταία δεκαετία κυμάνθηκε μεταξύ 2.700.000 και 3.250.000 τόνων και προήλθε από ένα σύνολο καλλιεργούμενης έκτασης που κυμάνθηκε περί τα 2.200.000 στρέμματα. Από την παραγωγή αυτή περίπου το 43% προέρχεται από τις χώρες της Ευρώπης, το 32% από την Αμερικανική ήπειρο και το 19% από την Ασία. Μικρή είναι η συνεισφορά της Αφρικής (5,5%) και ελάχιστη (μόλις 0,7%) εκείνη της Ωκεανίας. Σε επίπεδο χώρας φαίνεται ότι οι Η.Π.Α. παίζουν τον καθοριστικό ρόλο, αφού προσφέρουν στην παγκόσμια αγορά το 25% των καρπών φράουλας, ενώ σημαντικός είναι και ο ρόλος της Ισπανίας, αφού προσφέρει το 11% σχεδόν της παραγωγής. Αξιόλογη είναι και η συνεισφορά της Ιαπωνίας, της Πολωνίας, της Ιταλίας και της Νότιας Κορέας, επειδή καθεμία τους προσφέρει στην παγκόσμια αγορά 6-7% της παραγωγής. Τη δεκάδα των πρώτων παραγωγικών χωρών συμπληρώνουν το Μεξικό, η Ρωσία, η Γερμανία και το Μαρόκο, οι οποίες συμμετέχουν στην παγκόσμια παραγωγή. Εξειδικεύοντας τη συνεισφορά των χωρών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, εκτός από την Ισπανία, την Πολωνία, την Ιταλία και τη Γερμανία, για τις οποίες έγινε αναφορά προηγουμένως, αξιόλογη είναι η συμμετοχή της Γαλλίας, της Ολλανδίας, του Βελγίου – Λουξεμβούργου και της Μεγάλης Βρετανίας. Η Ελλάδα συνεισφέρει μόνο κατά 0,3% στην παγκόσμια παραγωγή.

Αναφερόμενοι στη μέση στρεμματική απόδοση των καλλιεργούμενων με φράουλα εκτάσεων, αυτή σε παγκόσμιο επίπεδο κυμαίνεται γύρω στα 1.350 κιλά. Όμως υπάρχουν χώρες όπως Ισπανία (4.214 κιλά/στρ.), Η.Π.Α. (4.074 κιλά/στρ.), Βέλγιο μαζί με Λουξεμβούργο (4.000 κιλά/στρ.), Ιταλία (2.687 κιλά/στρ.), Ιαπωνία (2.802 κιλά/στρ.), Μαρόκο (3.516 κιλά/στρ.), Μεξικό (2.388 κιλά/στρ.) και Νότια Κορέα (2.313 κιλά/στρ.) οι οποίες ξεπερνούν κατά πολύ τη μέση παγκόσμια στρεμματική απόδοση. Αυτό οφείλεται τόσο στην εφαρμογή σύγχρονων συστημάτων καλλιέργειας και τη χρησιμοποίηση υγιούς πολλαπλασιαστικού υλικού όσο κυρίως στο ότι καλλιεργούν κατ' αποκλειστικότητα ή σε πολύ μεγάλο ποσοστό μεγάλοκαρπες και παραγωγικές ποικιλίες και υβρίδια που ανήκουν στο γονότυπο *Fragaria x ananassa*. Τέτοιες ποικιλίες ή υβρίδια λείπουν παντελώς ή χρησιμοποιούνται ελάχιστα σε χώρες όπως η Πολωνία, η Ρωσία, η Ουκρανία, η Γιουγκοσλαβία, η Φινλανδία, κ.α. όπου οι καλλιεργούμενες με φράουλα εκτάσεις είναι σημαντικές αλλά η ολική παραγωγή μικρή.

1.4.1 Διάδοση στην Ελλάδα

Μέχρι και τις αρχές της δεκαετίας του 1970, οι καλλιεργούμενες στη Ελλάδα ποικιλίες φράουλας ανήκαν στα είδη *F. vesca* και *F. moschata*, οι οποίες ήταν και εξακολουθούν να είναι μικρόκαρπες. Οι προσκομιζόμενοι στην αγορά καρποί προέρχονταν από πολυετείς φυτείες (τεσσάρων τουλάχιστων ετών) που καλλιεργούνταν με παραδοσιακές μεθόδους, των οποίων οι στραμματικές αποδόσεις κυμαίνονταν σε επίπεδα μικρότερα των 900 κιλών. Το μέγιστο μέρος των φυτειών αυτών ήταν εγκατεστημένες σε δύο νομούς (Πιερίας και Φλώρινας), ενώ μικρότερες εκτάσεις βρίσκονταν στους νομούς Πέλλας, Κοζάνης και Θεσσαλονίκης. Ελάχιστες εκτάσεις υπήρχαν διασκορπισμένες στις ημιορεινές κυρίως περιοχές της υπόλοιπης χώρας. Το πλείστον των φυτειών αυτών ήταν προσβεβλημένες από το βερτισίλιο και τη φυτόφθορα, γεγονός που μείωνε ακόμη περισσότερο την παραγωγή. Πριν το 1970 το μεγαλύτερο ποσοστό της παραγωγής προοριζόταν για τις γεωργικές βιομηχανίες και το μικρότερο ποσοστό διοχετεύονταν στη αγορά για επιτραπέζια κατανάλωση. Σ' αυτό συνέβαλλαν και οι δυσκολίες στις μεταφορές, οι οποίες ενέτειναν τη φθορά των ευάλωτων καρπών.

Στη 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 πρωίμιση της παραγωγής και η εγκατάσταση των φυτειών στις νοτιότερες περιοχές της χώρας μας (Πελοπόννησος, Κρήτη, Δωδεκάνησα), γ) η μετατροπή της καλλιέργειας από πολυετή σε διετή φυτεία ή μονοετή καλλιέργεια και δ) η εφαρμογή σύγχρονων τεχνικών καλλιέργειας. Οι παραπάνω μεταβολές, σταδιακά εφαρμοζόμενες, άλλαξαν το συσχετισμό των υπαίθριων προς τις καλυπτόμενες φυτείες προς όφελος των δευτέρων. Έτσι το ποσοστό των επιτραπέζιως καταναλισκόμενων καρπών αυξήθηκε σημαντικά και ένα μικρό μόνο ποσοστό καρπών προορίζεται για τη βιομηχανία. Οι σύγχρονες φυτείες, που προορίζονται για την παραγωγή πρώιμων καρπών (από αρχές Φεβρουαρίου), καλύπτονται είτε από χαμηλά σκέπαστρα είτε από υψηλά σκέπαστρα (θερμοκήπια) σε αναλογία περίπου 50:50%. Η αυξητική μεταβολή των καλυπτόμενων 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 2.200 και 2.600 στρεμμάτων, αριθμός που

αντιστοιχεί περίπου στο 50% της συνολικής καλλιεργούμενης με φράουλα 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.

Από τα στατιστικά στοιχεία του έτους 1988, τα σπουδαιότερα κέντρα καλλιέργειας καλυπτόμενης φράουλας στην Ελλάδα ήταν η Μακεδονία (46% των εκτάσεων) που παράγει το 30% των καρπών, η Πελοπόννησος (29,5% των εκτάσεων) και 42,5% της παραγωγής και η Στερεά Ελλάδα (11,7% των εκτάσεων) και 13,5% της παραγωγής. Σπουδαιότεροι νομοί της χώρας μας, σ' ό τι αφορά την παραγωγή φράουλας από καλυπτόμενες εκτάσεις, είναι κατά φθίνουσα σειρά οι Νομοί Ηλείας, Θεσσαλονίκης, Ηρακλείου, Αχαΐας, Αιτωλοακαρνανίας και Λάρισας. Σήμερα πλέον οι μεγαλύτερες ποσότητες φράουλας παράγονται στον Νομό Ηλείας.

1.4.2 Η καλλιέργεια της φράουλας στην Ηλεία

Η καλλιέργεια της φράουλας είναι πολύ σημαντική για το νομό Ηλείας εδώ και αρκετά χρόνια σύμφωνα με στοιχεία της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής (πίνακας 1.1). Πλέον ο Νομός Ηλείας είναι ο κύριος προμηθευτής καρπών φράουλας στην Ελλάδα, τόσο για την εσωτερική αγορά όσο και για αγορές του εξωτερικού και μάλιστα με μεγάλες ποσότητες να διοχετεύονται στις αγορές της Ρωσίας, της Ιταλίας, της Γερμανίας, της Πολωνίας ακόμη και σε χώρες της ανατολής όπως είναι τα Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα.

Παρ' όλη την έντονη καλλιεργητική δραστηριότητα του Νομού, εδώ και πολλά χρόνια το πολλαπλασιαστικό υλικό της φράουλας (συνήθως πρόκειται για έρριζα μοσχεύματα ψυγείου) εισάγεται από χώρες του εξωτερικού και συγκεκριμένα από την Ισπανία, την Ολλανδία, την Πολωνία και την Αμερική.

Η ποικιλία Fortuna (Florida Fortuna) είναι μία ευρέως καλλιεργούμενη ποικιλία φράουλας στον Νομό Ηλείας τόσο σε υπαίθριες όσο και σε θερμοκηπιακές εγκαταστάσεις, έτσι επιλέχθηκαν φυτά Φράουλας (*Fragaria x ananassa* Duch.) της καλλιεργούμενης ποικιλίας Fortuna για τη διενέργεια του παρόντος πειράματος.

Πίνακας 1.1: Έκταση σε στρέμματα και απόδοση σε τόνους καλλιέργειας φράουλας υπαίθρου και θερμοκηπίου στο Νομό Ηλείας (προέλευση στοιχείων ΕΛΣΤΑΤ).

Φράουλες Υπαίθριες & Θερμοκηπίου στο Νομό Ηλείας		
ΕΤΟΣ	ΕΚΤΑΣΗ (στρ)	ΠΑΡΑΓΩΓΗ (τον)
2018	12.000	69.850
2017	9.896	57.450
2016	10.275	60.679
2015	10.134	53.752
2014	6675	35.635
2013	490	1.404
2012	490	1.459
2011	1.060	4.091

Η Fortuna είναι μια ποικιλία μικρής ημέρα, καλά προσαρμοσμένη στα θερμά κλίματα όπως αυτό στην Ουέλβα της Ισπανίας, στο βόρειο Μαρόκο, στην Αίγυπτο και άλλες χώρες της Μεσογείου όπως είναι η Ελλάδα. Η Fortuna είναι μια πρώιμη ποικιλία και ταυτόχρονα πολύ παραγωγική, διατηρεί συνεπώς υψηλές αποδόσεις ποιοτικών φρούτων για όλη την καλλιεργητική περίοδο και παράγει υψηλό ποσοστό εμπορεύσιμων, καλά διαμορφωμένων, και ομοιόμορφων φρούτων.

Τα φυτά έχουν μια ανοιχτή αρχιτεκτονική και τα φρούτα συνήθως συνδέονται με μακριά στελέχη, κάνοντας την συγκομιδή ευκολότερη. Τα φρούτα είναι μεσαίου και μεγάλου μεγέθους, κωνικά σε σχήμα και έχουν μια εξαιρετική γυαλάδα. Τα αχαιίνια είναι ελαφρά βυθισμένα, δίνοντας στον καρπό μια ομαλή εμφάνιση. Εξωτερικά το χρώμα των φρούτων είναι ένα γυαλιστερό φωτεινό κόκκινο. Το εσωτερικό χρώμα των φρούτων της Fortuna είναι ένα θερμό κόκκινο. Ο κάλυκας είναι μεσαίου και μεγάλου μεγέθους ενώ ο καρπός της είναι σταθερός, αλλά και ζουμερός.

Έτσι, αξιολογώντας τις ανωτέρω πληροφορίες καταλήξαμε στην επιλογή της φράουλας και συγκεκριμένα της ποικιλίας Fortuna. Οι στόλωνες που χρησιμοποιήθηκαν για το πείραμα συλλέχθηκαν από μητρική φυτεία ποικιλίας Fortuna (εικόνα 1.1) η οποία καλλιεργείται υδροπονικά σε υπόστρωμα πετροβάμβακα (εικόνες 1.2 & 1.3).



Εικόνα 1.1: Πιστοποιητικό φυτοϋγείας από το φυτώριο προέλευσης των φυτών ποικιλίας Florida Fortuna της μητρικής φυτείας.



Εικόνα 1.2: Μητρική φυτεία φράουλας υδροπονικής καλλιέργειας.



Εικόνα 1.3: Στόλωνες φράουλας πάνω σε μητρικά φυτά φράουλας υδροπονικής καλλιέργειας.

1.5 Περιγραφή του φυτού

1.5.1 Φυτό

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

1.5.2 Ρίζα

Το μέγεθός 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, τότε 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 τολώνων ανά φυτό ώστε να υπάρξει μια ισορροπία ανάμεσα στον αριθμο των παραγόμενων νέων φυτών και το μέγεθος 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 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 θυσανώδες 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 κατά 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 των ριζών 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 μυκίρριζα.

1.5.3 Βλαστός

Είναι βραχύτατος με μεσογονάτια διαστήματα ελάχιστου μήκους και καλείται κεφαλή ή ρόδακας (crown). Το ύψος του ρόδακα είναι μερικά μόνο εκατοστά (στα περισσότερα είδη) και μπορεί να φθάσει μέχρι και τα 50-60 εκ. (*F. chiloensis*). Η κεφαλή συνίσταται από τους αγγειώδεις 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. Από τον κύλινδρο των αγγείων ξεκινούν αγγειώδεις δεσμίδες προς δύο κατευθύνσεις οι οποίες καταλήγουν στις βάσεις των φύλλων. Με αυτό τον τρόπο κάθε φύλλο συνδέεται με τρία απομακρυσμένα μεταξύ τους σημεία της στήλης, από τα οποία τροφοδοτείται με νερό και ανόργανα θρεπτικά στοιχεία. Έτσι, ακόμη και αν αποκοπούν οι καταστραφούν όλες οι ρίζες μίας πλευράς του φυτού, τα φύλλα έχουν τη δυνατότητα να τροφοδοτηθούν από τις 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 σε στόλωνες και περιστασιακά μερικοί μετατρέπονται σε μία 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.

1.5.4 Στόλωνες

Είναι ετήσιοι βλαστοί που εκτύσσονται 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, φωτοπερίόδου και θρέψης είναι κατάλληλες. Οι στόλωνες που παράγονται από το μητρικό φυτό καλούνται πρωτοταγείς (πρώτης τάξης). Απ' αυτούς παράγονται οι δευτεροταγείς (δεύτερης τάξης), έπονται οι τριτοταγείς (τρίτης τάξης) κ.ο.κ., έτσι που τελικά σχηματίζεται 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 θυσανώδες ριζικό σύστημα. Όταν τα φυτά των στολώνων αποκτήσουν πλούσιο ριζικό σύστημα αποκόπτονται από το μητρικό φυτό, οπότε καθίστανται αυτόνομα και μπορούν να μεταφερθούν 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 καταστρέφεται 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 τον τρόπο αυτό 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.

1.5.5 Φύλλα

Όπως προαναφέρθηκε η διάταξη των φύλλων επί της κεφαλής είναι σπειροειδής σε φυλλοταξία 2/5, που σημαίνει ότι ακριβώς στην ίδια κάθετη γραμμή βρίσκονται το 1^ο και το 6^ο 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 των φύλλων 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. nilgerrensis*, η οποία ως αυτοφυής απαντάται σε χορτολιβαδικές πεδινές ή λοφώδης περιοχές με άφθονο ήλιο, έχει το πλέον παχύ έλασμα φύλλων. Ενδιάμεσα των ανωτέρω βρίσκονται οι *F. virginiana* και *F. nilgerrensis*. Στις καλλιεργούμενες ποικιλίες και υβρίδια της *Fragaria x ananassa* 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 καλυπτόμενη φυτεία. Εκείνο όμως που λαμβάνεται σοβαρά υπόψη, επειδή καθορίζει τη μελλοντική παραγωγή, είναι ο αριθμός των φύλλων που υπάρχει στο φυτό το φθινόπωρο. Την εποχή αυτή γίνεται η διαφοροποίηση των φυλλοφόρων 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 Νοεμβρίου. Υπάρχουν και ποικιλίες (*Auchincruive*, *Climax*), στις οποίες η έναρξη διαφοροποίησης των οφθαλμών λαμβάνει χώρα στις αρχές Αυγούστου (*Robertson* 1954). 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 μικροκλίμα της περιοχής όπου καλλιεργούνται είναι ήπιο.

1.5.6 Ταξιανθία

Νωρίς την άνοιξη από τους διαφοροποιημένους το προηγούμενο φθινόπωρο οφθαλμούς αναπτύσσεται το ανθοφόρο στέλεχος, το οποίο σχηματίζει μια κορυμβόμορφη ταξιανθία. Το ανθοφόρο στέλεχος προέρχεται από το μασχαλιαίο οφθαλμό ενός βράκτιου φύλλου, το οποίο σε μια αναπτυγμένη ταξιανθία παραμένει στη βάση του κύριου 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 δεύτερης τάξης άνθος. Το ανωτέρω αναφερόμενο ανθοφόρο στέλεχος δεν έχει τη γέννησή του απευθείας στον οφθαλμό αλλά αποτελεί συνέχεια του ποδίσκου, ο οποίος στα περισσότερα είδη και ποικιλίες φράουλας είναι πολύ βραχύς (μερικά μόνο 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.

Το κάθε κύριο ανθικό στέλεχος συνίσταται 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 άνθος. Τρία μεσογονάτια διαστήματα φέρει κάθε ανθοφόρος βραχίονας, ανεξάρτητα από την τάξη γέννησης του (δευτέρης, τρίτης, κτλ.). Στις περισσότερες ποικιλίες υπάρχουν μέχρι τέταρτης τάξης ανθικοί βραχίονες· δε λείπουν όμως και οι εξαιρέσεις. Έτσι, σε μια 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 στον οποίο ανήκει. Έτσι, το μεν βράκτιο του πρώτου βραχίονα το οποίο βρίσκεται επί της κεφαλής (ρόδακα) είναι αρκετά μεγάλο, μοιάζει με τα πραγματικά

φυλλάρια, ενώ το βράκτιο του τέταρτης τάξης βραχίονα είναι τόσο μικρό που μόλις διακρίνεται για να υποδηλώσει ότι από εκεί (το μασχαλιαίο του οφθαλμού) αναδύθηκε ο βραχίονας.

1.5.7 Άνθος

Κανονικά το άνθος της φράουλας είναι τέλειο, δηλαδή ερμαφρόδιτο. Έχει σταφάνη 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 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 αποξηρανθεί ελαφρώς διατηρείται στο ψυγείο για αρκετές εβδομάδες.

Οι ύπεροι είναι πολυάριθμοι και τακτοποιημένοι σε σπειροειδή διάταξη επι 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 αχαίνιο, 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.

1.5.8 Καρπός

Μετά τη γονιμοποίηση του ωαρίου, αναπτύσσεται γρήγορα η ωοθήκη και ταυτόχρονα αρχίζει η διόγκωση των γύρω ιστών και μάλιστα εκείνων της ανθοδόχης. Με τη γονιμοποίηση όλων των ωοθηκών η διόγκωση των ιστών της ανθοδόχης γίνεται σ' όλη την επιφάνειά της, γεγονός που οδηγεί ως το σχηματισμού του μούρου ή μιμαίκυλου, στην επιφάνεια του οποίου είναι σφηνωμένα τα αχαίνια. 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, σφαιρικό, επίμηκες κωνικό με λαιμό προς τη βάση του, κωνικό με διευρυμένη κορυφή, σφαιρικό 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 ποικίλει από λευκορόδινο, ρόδινο, ανοικτό, κόκκινο μέχρι έντονο άλικο ή σκούρο κόκκινο, ανάλογα με το γονότυπο. Οι εμπορεύσιμοι καρποί της φράουλας χαρακτηρίζονται από το άρωμά τους και τις οργανοληπτικές ιδιότητές τους, οι οποίες εξαρτώνται κυρίως από τη σύνθεση της σάρκας τους σε διαλυτά σάκχαρα και οργανικά οξέα. Θεωρούνται πλούσιοι σε βιταμίνη C.

1.5.9 Σπέρματα (αχαίνια)

Τα αχαίνια ολοκληρώνουν την ανάπτυξή 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 το ενδοκάρπιο, το οποίο αποτελείται από το μίας στρώσης κυττάρων ενδοσπέρμιο που περικλείει το έμβρυο. Αποθηκευτικό μέρος τροφών συνιστούν αποκλειστικά οι κοτυληδόνες στις οποίες υπάρχουν πρωτεΐνες και λίπη και καθόλου άμυλο. Δεν είναι αναγκαία η μεθωρίμανση του αχαίνιου και έτσι μπορεί να σπαρεί και να φυτρώσει αμέσως μετά την ωρίμανση του μούρου.

1.6 Μορφολογικά χαρακτηριστικά του σπουδαιότερου είδους φράουλας

Στο είδος *Fragaria x ananassa* Duch ανήκουν οι περισσότερες καλλιεργούμενες σήμερα ποικιλίες και υβρίδια. Τα φυτά είναι μεγάλης ανάπτυξης με φύλλα πλατύτερα και λεπτότερα της *F. chiloensis*, χρώματος ανοιχτοπράσινου και στις δυο επιφάνειες. Τα φυλλάρια είναι οδοντωτά με περισσότερο αμβλυμμένα δόντια. Οι καρποί είναι πολύ μεγάλοι, διαφόρων σχημάτων και χρωμάτων. Η σάρκα τους είναι λιγότερο γευστική και αρωματώδης σε σύγκριση με εκείνη των άλλων ειδών φράουλας. Τα αχαίνια είναι ελαφρώς βυθισμένα σε υποτυπώδη βοθρία της σάρκας.

1.7 Εδαφοκλιματικές συνθήκες

1.7.1 Κλίμα

1.7.1.1 Γενικά

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 της επισυμβαίνει στο $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ έως $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$. Όταν όμως το φυτό εισέλθει σε λήθαργο, το ριζικό σύστημα μπορεί να αντέξει παγετούς της τάξης των $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ έως $-51\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Darrow 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 $6\text{ }^{\circ}\text{C}$, η άριστη ημέρας $22-23\text{ }^{\circ}\text{C}$, η άριστη νύχτας $10-13\text{ }^{\circ}\text{C}$, η άριστη θερμοκρασία εδάφους $12-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ και η μέγιστη βιολογική $30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Σε ότι αφορά το φωτοπεριοδισμό η φράουλα ανήκει στα φυτά μικρής ημέρας.

Οι βροχοπτώσεις επιδρούν ευνοϊκά στην ανάπτυξη των βλαστών και την παραγωγή των στολώνων, όμως όταν αυτές είναι μεγάλης έντασης ή και διάρκειας προκαλούν προβλήματα στην ανθοφορία (ανθόρροια) και στην καρποφορία (μειωμένη καρπόδεση), επειδή συμβάλουν στο μαλάκωμα και το σάπισμα των καρπών.

Γενικά μπορεί να λεχθεί ότι η φράουλα προτιμά τις δροσερές περιοχές στις οποίες οι βροχοπτώσεις την άνοιξη και μέχρι τα μέσα του καλοκαιριού είναι μέτριας έντασης και κανονικής κατανομής. Περιοχές με μειωμένες βροχοπτώσεις την άνοιξη μπορεί να επιλεγούν για πρώιμη καλλιέργεια φράουλας μόνο με την προϋπόθεση ότι είναι εξασφαλισμένο το νερό άρδευσης.

Όλα τα παραπάνω έχουν μεγάλη σημασία για την υπαίθρια καλλιέργεια της φράουλας. Για τις θερμοκηπιακές καλλιέργειες (υψηλά και χαμηλά σκέπαστρα), όπου οι συνθήκες, τουλάχιστον μέχρι την εποχή της ολοκλήρωσης της συγκομιδής, είναι εν πολλοίς τεχνητές, η σημασία του κλίματος είναι μικρότερη.

1.7.1.2 Διάρκεια ηλιακής ακτινοβολίας

Στη βοτανική η διάρκεια της ημέρας, δηλαδή ο χρόνος ύπαρξης ηλιακού φωτός ανεξάρτητα από την έντασή του, καλείται φωτοπερίοδος. Η διάρκεια της ημέρας εξαρτάται από την εποχή του έτους και το γεωγραφικό πλάτος, ενώ είναι ανεξάρτητη από τις καιρικές συνθήκες (συννεφιά, βροχή κ.λπ.). Γι' αυτό τον λόγο, τα φυτά έχουν αναπτύξει μηχανισμούς που αναγνωρίζουν τη φωτοπερίοδο, με συνέπεια η διάρκεια της ημέρας να λειτουργεί γι' αυτά ως μήνυμα που τα πληροφορεί σχετικά με την εποχή του έτους. Οι μηχανισμοί αναγνώρισης της φωτοπεριόδου αποτελούν προσαρμογές των φυτών στο φυσικό περιβάλλον, με στόχο οι διάφορες φάσεις της ανάπτυξής τους (άνθηση, βολβοποίηση, φύτρωμα σπόρων κ.λπ.) να συμπίπτουν με την εποχή του έτους που τις ευνοεί από άποψη κλιματικών συνθηκών. Συνεπώς, η φωτοπερίοδος μπορεί να επηρεάζει σημαντικές βιολογικές λειτουργίες ενός είδους, όπως είναι η άνθηση, ο σχηματισμός βολβών και κονδύλων, ο λήθαργος των οφθαλμών, το φύτρωμα των σπόρων κ.λπ. Ιδιαίτερα η άνθηση σε πολλά φυτά εξαρτάται από τη φωτοπερίοδο. Ανάλογα με τις ανάγκες των φυτών σε φωτοπερίοδο για να ανθίσουν, τα λαχανοκομικά φυτά κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες:

- a) Φυτά μεγάλης ημέρας ή μακράς φωτοπεριόδου. Η άνθηση στα φυτά αυτής της κατηγορίας ευνοείται ή καθίσταται δυνατή όταν η διάρκεια της ημέρας είναι μεγαλύτερη από έναν κρίσιμο αριθμό ωρών. Για παράδειγμα, ορισμένες ποικιλίες σπανακιού ανθίζουν όταν η διάρκεια της ημέρας είναι πάνω από 13 ώρες (Krug, 1986).
- b) Φυτά μικρής ημέρας ή βραχείας φωτοπεριόδου. Η άνθηση στα φυτά αυτής της κατηγορίας ευνοείται ή καθίσταται δυνατή όταν η διάρκεια της ημέρας είναι μικρότερη από έναν κρίσιμο αριθμό ωρών. Για παράδειγμα, η γλυκοπατάτα ανθίζει όταν η διάρκεια της ημέρας είναι κάτω από 11 ώρες (Rubatzky & Yamaguchi, 1997).
- c) Φυτά ουδέτερα στη φωτοπερίοδο. Τα φυτά της κατηγορίας αυτής ανθίζουν ανεξάρτητα από τη διάρκεια της ημέρας. Τα περισσότερα καρποδοτικά λαχανοκομικά φυτά που καλλιεργούνται στο θερμοκήπιο είναι ουδέτερα στη φωτοπερίοδο.

Σημειώνεται ότι για κάποια είδη υπάρχουν ποικιλίες που συμπεριφέρονται με διαφορετικό τρόπο όσον αφορά τη φωτοπερίοδο. Η επιλογή αλλά και η δημιουργία ποικιλιών με διαφορετικές απαιτήσεις σε φωτοπερίοδο μέσα σε ένα συγκεκριμένο είδος έχει στόχο να καταστήσει εφικτή την καλλιέργεια του συγκεκριμένου είδους σε διαφορετικές εποχές του έτους αλλά και σε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές της Γης.

Αξίζει να σημειωθεί ότι για την άνθηση σε μερικά φυτά μεγάλης ημέρας δεν επαρκεί απλώς η επικράτηση μεγάλων ημερών αλλά απαιτείται και η διαδοχική έκθεση αρχικά σε βραχεία και στη συνέχεια σε μακρά φωτοπερίοδο. Τέτοια φυτά είναι το σέλινο, το ραπανάκι και η αγκινάρα (Krug, 2002).

Στην πραγματικότητα, αυτό που αναγνωρίζουν τα φυτά ως ερέθισμα για να αντιδράσουν στη φωτοπερίοδο είναι η διάρκεια της σκοτεινής περιόδου (νύχτα) και όχι η διάρκεια της ημέρας. Η διάρκεια της νύχτας λειτουργεί για τα φυτά ως ένα μήνυμα το οποίο τα πληροφορεί σχετικά με την εποχή του έτους. Ο μηχανισμός αναγνώρισης της φωτοπερίόδου αποτελεί μια προσαρμογή των φυτών στο φυσικό περιβάλλον. Τα φυτά αναγνωρίζουν και αντιδρούν στο φωτοπεριοδικό ερέθισμα μέσω μίας χρωστικής που ονομάζεται φυτόχρωμα (P). Το φυτόχρωμα βρίσκεται σε δύο διαφορετικές μορφές στα φυτά και ειδικότερα στη μορφή P_r (phytochrome red), που απορροφά ακτινοβολία στην περιοχή του ερυθρού (660 nm), και στην P_{fr} (phytochrome far-red), που απορροφά στην περιοχή του μακρινού ερυθρού (735 nm). Η μορφή P_{fr} είναι η δραστική μορφή του φυτοχρώματος. Όταν το επίπεδο της P_{fr} μορφής πέφτει κάτω από μια κρίσιμη τιμή για κάποιο χρονικό διάστημα στη διάρκεια του εικοσιτετραώρου (δηλαδή σε συνθήκες βραχείας ημέρας), δίνεται το ερέθισμα για την άνθηση στα μικρής φωτοπερίόδου φυτά ή για την παρεμπόδιση της άνθησης στα μεγάλης φωτοπερίόδου φυτά. Όταν το φυτόχρωμα εκτίθεται σε φυσικό φως στο οποίο επικρατεί η ερυθρή ακτινοβολία, μετατρέπεται ταχύτατα στην P_{fr} μορφή. Σε συνθήκες σκότους όμως δεν υπάρχει ερυθρή ακτινοβολία, ενώ το έδαφος, καθώς ψύχεται, εκπέμπει ασθενούς έντασης υπέρυθη ακτινοβολία η οποία μετατρέπει πολύ αργά την P_{fr} μορφή του φυτοχρώματος σε μορφή P_r . Η διαδικασία της μετατροπής του φυτοχρώματος από μορφή P_{fr} σε μορφή P_r συνεχίζεται όλη τη νύχτα. Αυτό σημαίνει ότι η διάρκεια της νύχτας καθορίζει τελικά αν η P_{fr} μορφή του φυτοχρώματος θα πέσει κάτω από το κρίσιμο επίπεδο και συνεπώς αν θα δοθεί το ερέθισμα για την παρεμπόδιση της άνθησης στα μεγάλης φωτοπερίόδου

φυτά ή για την επαγωγή της άνθησης στα βραχείας (μικρής) φωτοπερίοδου φυτά (Σάββας, 2003).

Η επίδραση της φωτοπερίοδου στην άνθηση των φυτών μπορεί να είναι είτε ποιοτική είτε ποσοτική. Τα φυτά που παρουσιάζουν ποιοτική αντίδραση στη φωτοπερίοδο ανθίζουν μόνο αν η διάρκεια της ημέρας είναι μικρή, αν είναι βραχείας φωτοπερίοδου, ή μεγάλη, αν είναι μακράς φωτοπερίοδου. Για παράδειγμα, το σπανάκι, το αντίδι και το ραδίκι είναι φυτά μακράς φωτοπερίοδου με ποιοτική αντίδραση στη φωτοπερίοδο, που σημαίνει ότι θα ανθίσουν μόνο όταν η διάρκεια της ημέρας υπερβεί έναν κρίσιμο αριθμό ωρών (Swiader et al., 1992). Αντίστοιχα, η γλυκοπατάτα, η οποία είναι φυτό βραχείας φωτοπερίοδου με ποιοτική αντίδραση, ανθίζει μόνο όταν η διάρκεια της ημέρας μειωθεί κάτω από ένα κρίσιμο αριθμό ωρών (Rubatzky & Yamaguchi, 1997). Τα κηπευτικά που παρουσιάζουν ποσοτική αντίδραση στη φωτοπερίοδο ως προς την άνθηση μπορούν να ανθίσουν ανεξάρτητα από τη διάρκεια της φωτεινής περιόδου, αλλά η άνθησή τους επιταχύνεται και πιθανόν το μέγεθος ή/και ο αριθμός των σχηματιζόμενων ανθέων αυξάνεται σε συνθήκες μίας συγκεκριμένης φωτοπερίοδου. Για παράδειγμα, το γλυκοκαλάμποκο είναι φυτό βραχείας φωτοπερίοδου με ποσοτική αντίδραση στη φωτοπερίοδο, που σημαίνει ότι ανθίζει ανεξάρτητα από το μήκος της ημέρας, αλλά η άνθησή του ξεκινάει νωρίτερα, όταν η διάρκεια της ημέρας είναι μικρή (Swiader et al., 1992).

Η άνθηση στα περισσότερα είδη φυτών ψυχρής εποχής επηρεάζεται και από την έκθεση των φυτών σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες για ορισμένο χρονικό διάστημα (εαρινοποίηση). Μερικά είδη φυτών ψυχρής εποχής παρουσιάζουν ασθενή ποσοτική αντίδραση στη φωτοπερίοδο μόνο όταν τα φυτά δεν έχουν εαρινοποιηθεί. Εφόσον τα φυτά αυτά εκτεθούν σε χαμηλές θερμοκρασίες και εαρινοποιηθούν, η φωτοπερίοδος δεν έχει πλέον καμία επίδραση στην άνθησή τους.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η φωτοπερίοδος δεν επηρεάζει μόνο τον σχηματισμό εγγενών αναπαραγωγικών οργάνων, δηλαδή την άνθηση, αλλά και τον σχηματισμό υπόγειων βλαστικών αναπαραγωγικών οργάνων (βολβοί, κόνδυλοι, ριζοκόνδυλοι, ριζώματα). Ο μηχανισμός αναγνώρισης της φωτοπερίοδου είναι ίδιος (δηλαδή η μορφή του φυτοχρώματος). Το μήνυμα όμως μεταφέρεται μέσω φυτορμονών σε άλλο μεταβολικό κύκλο, ο οποίος ευνοεί ή δεν ευνοεί την ανάπτυξη υπόγειων βλαστικών οργάνων αναπαραγωγής και την έναρξη συσσώρευσης σακχάρων, άμυλου

και άλλων αποθησαυριστικών ουσιών σε αυτά, ώστε να διογκωθούν (Ewing, 1978). Τα φυτά που έχουν μια συγκεκριμένη αντίδραση στη φωτοπερίοδο ως προς το σχηματισμό υπόγειων βλαστικών οργάνων αναπαραγωγής συνήθως αντιδρούν διαφορετικά στη φωτοπερίοδο ως προς την άνθηση.

Η φωτοπεριοδική αντίδραση είναι πολύ σημαντική στις σποροπαραγωγικές καλλιέργειες. Σε αυτές τις καλλιέργειες ο χρόνος σποράς επιλέγεται κατάλληλα λαμβάνοντας υπόψη τον βιολογικό κύκλο των φυτών, με στόχο, σε κρίσιμα στάδια της ανάπτυξής τους, η διάρκεια της ημέρας να συμπίπτει με τις ανάγκες τους σε φωτοπερίοδο για να ανθίσουν.

Σε ορισμένα είδη φυτών, διαφορετικές ποικιλίες του ίδιου είδους μπορεί να αντιδρούν με διαφορετικό τρόπο στη φωτοπερίοδο (Swiader et al., 1992), με συνέπεια η καλλιέργειά τους να ταιριάζει σε διαφορετικές εποχές του έτους.

1.7.1.3 Εαρινοποίηση

Τα περισσότερα φυτά ψυχρής εποχής έχουν ανάγκη από έκθεση σε χαμηλές θερμοκρασίες για ένα ορισμένο χρονικό διάστημα, προκειμένου να διαφοροποιηθούν ανθοφόροι οφθαλμοί και να περάσουν στο αναπαραγωγικό στάδιο της ανάπτυξής τους. Η διαφοροποίηση ανθοφόρων οφθαλμών έπειτα από έκθεση ενός φυτού σε χαμηλές θερμοκρασίες ονομάζεται εαρινοποίηση (vernalization). Η εαρινοποίηση είναι ένας φυσιολογικός μηχανισμός που έχουν αναπτύξει τα φυτά στην πορεία της εξέλιξής τους για να μην ανθίζουν πριν την παρέλευση του χειμερινού ψύχους, γιατί ακόμη και τα φυτά ψυχρής εποχής είναι πολύ πιο ευαίσθητα στις χαμηλές θερμοκρασίες του χειμώνα στο στάδιο της άνθησης (Amasino, 2005). Η θερμοκρασία που απαιτείται για να εαρινοποιηθούν τα φυτά διαφέρει σημαντικά ανάλογα με το είδος του φυτού. Θερμοκρασίες μεταξύ 5 και 8 °C είναι αποτελεσματικές για σχεδόν όλα τα κηπευτικά, αλλά το γενικό εύρος για όλα τα είδη είναι πολύ μεγαλύτερο και κυμαίνεται από 0 μέχρι 14 °C, αν και υπάρχουν ορισμένα είδη και ποικιλίες με ανώτατο όριο πάνω από 20 °C (Wiebe, 1990). Ο χρόνος έκθεσης σε χαμηλές θερμοκρασίες διαφέρει επίσης ανάλογα με το είδος του φυτού αλλά και τη θερμοκρασία έκθεσης. Θερμοκρασίες στα ανώτατα ή τα κατώτατα όρια του εύρους που συνιστάται για κάθε φυτό απαιτούν μεγαλύτερη διάρκεια έκθεσης, ενώ θερμοκρασίες στον μέσο όρο του συνιστώμενου εύρους απαιτούν μικρότερη έκθεση (Wiebe, 1990). Οι ανάγκες έκθεσης των φυτών σε

ψύχος για την επαγωγή εαρινοποίησης εκφράζονται σε ημέρες ή εβδομάδες έκθεσης στα απαιτούμενα επίπεδα θερμοκρασιών.

Όταν η έκθεση σε χαμηλές θερμοκρασίες είναι προϋπόθεση για την άνθηση, τότε η επίδραση της εαρινοποίησης καλείται ποιοτική, ενώ αν απλώς επιταχύνει την έκπτυξη των ανθικών στελεχών και την καθιστά πλουσιότερη, τότε πρόκειται για ποσοτική επίδραση.

Η εαρινοποίηση μπορεί να καθυστερήσει σημαντικά αν τα φυτά πριν την έναρξη της έκθεσης τους σε χαμηλές θερμοκρασίες έχουν εκτεθεί σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες (Wiebe, 1990). Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται αντι-εαρινοποίηση (anti-vernalization). Η εαρινοποίηση μπορεί επίσης να αναστραφεί τελείως αν, μετά την επαγωγή της, τα φυτά εκτεθούν σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες της τάξεως των 30 °C (Rubatzky & Yamaguchi, 1997). Το φαινόμενο αυτό καλείται από-εαρινοποίηση (de-vernalization).

Πολλά φυτά αντιδρούν στην έκθεση σε χαμηλές θερμοκρασίες αφού πρώτα περάσουν μια αρχική νεανική περίοδο ανάπτυξης (Chouard, 1960). Το φαινόμενο αυτό καλείται νεανικότητα. Κατά τη διάρκεια της νεανικότητας τα φυτά αυτά δεν εαρινοποιούνται.

Πολλά φυτά που έχουν ανάγκη από ψύχος για να ανθίσουν, στο φυσικό περιβάλλον τους αναπτύσσονται μόνο βλαστικά για μία βλαστική περίοδο και ανθίζουν την επόμενη βλαστική περίοδο, αφού πρώτα μεσολαβήσει ο χειμώνας και υποστούν εαρινοποίηση. Από βοτανική άποψη, αυτά τα είδη φυτών θεωρούνται διετή.

1.7.1.4 Κλιματικοί παράγοντες και φυσιολογία φυτού

Από τους περιβαλλοντικούς παράγοντες η θερμοκρασία και το φως είναι εκείνοι που επηρεάζουν περισσότερο το φυτό της φράουλας, χωρίς βεβαίως αυτό να σημαίνει ότι οι άλλοι παράγοντες (ξηρασία, σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας και υδατικά κατακρημνίσματα) μπορούν να παραγνωριστούν. Αμέσως παρακάτω θα γίνει λεπτομερέστερη αναφορά στο πώς οι ίδιοι παράγοντες επηρεάζουν συγκεκριμένα βλαστικά στάδια ή λειτουργίες του φυτού όχι όμως και στην ανάπτυξη του καρπού για την οποία θα αναφερθούμε παρακάτω.

1.7.1.4.1 Ανάπτυξη φυτού- σκληραγώγηση- είσοδος σε λήθαργο

Κάθε ποικιλία έχει ιδιαίτερες απαιτήσεις σε θερμοκρασία και φως προκειμένου να εκδηλωθεί η μέγιστη ανάπτυξη των φυτών. Αυτό σχετίζεται με την επίδραση αυτών των παραγόντων στη φωτοσύνθεση, την αναπνοή και τη διαπνοή, εφόσον βεβαίως και οι λοιποί παράγοντες (υγρασία εδάφους, σχετική υγρασία, περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε CO₂, συνθήκες θρέψης, άνεμος κτλ.) βρίσκονται σε ικανοποιητικά επίπεδα. Πάντως οι περισσότερες ποικιλίες αναπτύσσονται με ταχύ ρυθμό στο εύρος των θερμοκρασιών ημέρας από 20 °C μέχρι 26 °C, εφόσον συνδυάζονται με φωτοπερίοδο μεγαλύτερη των 12 ωρών. Στις συνθήκες της χώρας μας τη μέγιστη ανάπτυξη αποκτούν τα φυτά περί τα μέσα Ιουνία. Αν και τα φυτά διατηρούν το υπέργειο τμήμα τους μέχρι αργά το φθινόπωρο (πριν την έλευση των χαμηλών θερμοκρασιών του χειμώνα) δεν αναπτύσσονται περισσότερο κατά τους θερινούς μήνες επειδή την περίοδο αυτή η ικμάδα τους αναλώνεται στην παραγωγή στολώνων. Το πώς 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 ανάπτυξή τους στο καθεστώς της μεγαλύτερης ημέρας, αλλά δείχνουν επίσης αρκετά ζωηρή ανάπτυξη και στο καθεστώς της μικρότερης ημέρας (μέσα του χειμώνα). Οι ποικιλίες της *F. moschata* δείχνουν γενικώς μεγάλη ανάπτυξη κατά τη διάρκεια των μεγάλων ημερών και μάλιστα είναι ποιο ζωηρές από τις ποικιλίες της *F. vesca*. Μερικές ποικιλίες της *F. virginiana* αναπτύσσονται πολύ καλά σε καθεστώς μεγάλων ημερών και πολύ καλύτερα αν το καθεστώς αυτό συμβαίνει το χειμώνα (τεχνητός φωτισμός). Τη μεγαλύτερη διαφορετικότητα δείχνουν ποικιλίες της *F. chiloensis* εκ των οποίων άλλες αναπτύσσονται καλύτερα σε καθεστώς μικρής ημέρας και άλλες σε καθεστώς μεγάλης ημέρας (Darrow 1966).

Αν και η φωτοπερίοδος παίζει το σημαντικότερο ρόλο στην ανάπτυξη των φυτών, δεν πρέπει να παραγνωρίζεται και ο ρόλος της έντασης του φωτός, η οποία επηρεάζει άμεσα τη φωτοσύνθεση. Γεγονός είναι ότι η ένταση του φωτός επηρεάζει περισσότερο τις αειφορούσες ή πολύφορες ποικιλίες φράουλας, οι οποίες καρποφορούν συνήθως σε καθεστώς μεγάλης φωτοπεριόδου (το καλοκαίρι ή το φθινόπωρο με συμπληρωματικό φωτισμό).

Μολονότι η φυτεία της φράουλας είναι πολυετής, το υπέργειο τμήμα των φυτών και ειδικότερα η κεφαλή τους μπορεί να υποστεί σοβαρές ζημιές από έναν απροσδόκητο παγετό αργά το φθινόπωρο. Τέτοιες ζημιές αποφεύγονται εάν υπάρξει σταδιακή μείωση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος οπότε επέρχεται βαθμιαία η σκληραγώγηση των φυτών. Όταν τα φυτά υποστούν τη διαδικασία της σκληραγώγησης μπορεί να αντέξουν, ανάλογα με το είδος και την ποικιλία, και σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες του χειμώνα, μέχρι δηλαδή τους (-50) °C (Αλάσκα, Σιβηρία). Για να αποκτήσουν τα φυτά την ικανότητα αντοχής σε τόσο χαμηλές θερμοκρασίες δεν είναι απαραίτητη η σταδιακή εισαγωγή τους σε όλο το εύρος των αρνητικών θερμοκρασιών. Αρκεί η σταδιακή μετάβαση από τις θετικές θερμοκρασίες σε καθεστώς 0 °C. Η ομαλή είσοδος και η παραμονή τους στους 0 °C για μερικές ημέρες είναι αρκετή να επιφέρει το λήθαργο, γεγονός που προσδίδει στα φυτά την ικανότητα αντοχής τους σε πάρα πολύ χαμηλές θερμοκρασίες.

Στις εύκρατες ζώνες, όπως είναι η χώρα μας, τα φυτά δεν κινδυνεύουν από πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, γιατί σπάνια συμβαίνουν τέτοιες. Ειδικότερα στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες εκείνο που έχει σημασία είναι η υποβολή των φυτών σε χαμηλές θερμοκρασίες μεταξύ 7- 10 °C ώστε τα φυτά να εισέλθουν σε λήθαργο. Μετά την είσοδο των φυτών σε λήθαργο, μεγαλύτερη σημασία από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος έχει η θερμοκρασία που αναπτύσσεται μέσα στους ιστούς της κεφαλής του φυτού. Υποστηρίζεται ότι το φυτό εκδηλώνει τις ζημιές από τον παγετό όταν η εσωτερική θερμοκρασία φθάσει στους (-9) °C και καταστρέφεται όταν η εσωτερική θερμοκρασία αγγίζει τους (-12) °C. Εάν η εσωτερική θερμοκρασία δε φθάσει αυτά τα κατώτατα όρια, το φυτό μπορεί να επιζήσει ανεξάρτητα του πόσο χαμηλή είναι η θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Στις παραπάνω διαπιστώσεις στηρίζεται και η άποψη ότι τα φυτά που είναι καλυμμένα με διάφορα υλικά, και ειδικότερα με αχυροστρωμνή, είναι αυτά που μπορούν να επιζήσουν καλύτερα των χαμηλών θερμοκρασιών του χειμώνα. Η ανάπτυξη αντοχής στους παγετούς είναι ιδιότητα που κληρονομείται. Πάνω σ' αυτό στηρίχθηκε η δημιουργία καλλιεργούμενων ποικιλιών (π.χ. Cheynne, Wyoming, Station) οι οποίες μπορούν να με την κατάλληλη σκληραγώγηση να αντέξουν θερμοκρασίες χειμώνα μέχρι τους (-40) °C. Τα περί ληθάργου και αντοχής στους παγετούς έχουν πολύ μεγάλη σημασία όταν αναφερόμαστε στις υπαίθριες καλλιέργειες. Έχουν μικρότερη σημασία για τις θερμοκηπιακές καλλιέργειες, οι οποίες προστατεύονται κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Στις καλλιέργειες αυτές ο παραγωγός

πρέπει να ανησυχεί περισσότερο για τους όψιμους παγετούς της άνοιξης, όταν τα φυτά είναι σε πλήρη παραγωγή και τις περισσότερες φορές εκτεθειμένα στο περιβάλλον.

Σε κάθε περιοχή της γης μπορεί με τη βελτίωση να παραχθούν ποικιλίες που να μπορούν να προσαρμοστούν άριστα στις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν εκεί. Έτσι, σε γενικές γραμμές μπορούμε να διακρίνουμε ποικιλίες νότιων ή βόρειων κλιμάτων, ανάλογα με τις ιδιότητές τους να αντιδρούν σε διαφορετικά καθεστώτα φωτοπεριόδου και θερμοκρασίας.

Οι ποικιλίες των νότιων περιοχών (προσαρμόζονται στις συνθήκες της χώρας μας) μπορούν να καλλιεργηθούν σε καθεστώς μικρής φωτοπεριόδου και σχετικά χαμηλών θερμοκρασιών χωρίς να χρειαστεί να περάσουν από την κατάσταση του ληθάργου ή αν έχουν την ανάγκη του λήθαργου η διάρκειά του είναι μικρή. Η ιδιότητά τους αυτή επιτρέπει στους παραγωγούς της χώρας μας να καλλιεργούν τη φράουλα στα θερμοκήπια ή στα χαμηλά σκέπαστρα στη διάρκεια του χειμώνα. Οι ποικιλίες των βόρειων περιοχών (κοντά στον αρκτικό κύκλο) σε καθεστώς μικρής φωτοπεριόδου αναπτύσσονται ελάχιστα και όταν επιλέγονται να καλλιεργηθούν σε συνθήκες μικρής περιόδου ηλιακού φωτός πρέπει να υποστούν την επίδραση χαμηλών θερμοκρασιών (περί τους 0°C) για μια περίοδο κατάλληλης διάρκειας ώστε να είναι επαρκής να σπάσει το λήθαργο τον οποίο διέρχονται.

Η αντίδραση των φυτών υπαίθρου σε συνθήκες φωτισμού της περιόδου Οκτώβριος- Νοέμβριος συνιστά και ένδειξη της προσαρμογής μια ποικιλίας στη συγκεκριμένη περιοχή. Συνήθως την περίοδο αυτή τα φυτά των ποικιλιών που προσαρμόζονται στις εύκρατες περιοχές παράγουν φύλλα με μεγάλο έλασμα και μακρύ μίσχο, ενώ τα φυτά των ποικιλιών που προσαρμόζονται στα ψυχρά κλίματα αναπτύσσονται ελάχιστα ή δεν αναπτύσσονται καθόλου. Η ικανότητα ξενικών ποικιλιών ή επιλογών φράουλας να ανταποκριθούν στις συνθήκες μιας περιοχής θα μπορούσε να ελεγχθεί από τη συμπεριφορά των φυτών την περίοδο που ακολουθεί μετά την 1^η Σεπτεμβρίου. Προς τούτο τα φυτά αυτών των ποικιλιών εισάγονται στο θερμοκήπιο στο οποίο δίδεται συμπληρωματικός φωτισμός ώστε καθημερινά η φωτοπερίοδος να είναι 14 ωρών. Ακολούθως ο τρόπος και η ανάπτυξη των φυτών συγκρίνεται με εκείνα γνωστών και κατάλληλων για την περιοχή ποικιλιών. Ανάλογα με τα αποτελέσματα της σύγκρισης οι νέες ποικιλίες επιλέγονται ή απορρίπτονται.

1.7.1.4.2 Παραγωγή στολώνων

Η παραγωγή στολώνων εκδηλώνεται μόνο όταν το μήκος ημέρας είναι τουλάχιστον 12 ώρες και η θερμοκρασία του περιβάλλοντος πάνω από 10°C. Κατά τους Downs και Piringer (1955) η παραγωγή στολώνων βαίνει αυξανόμενη καθώς αυξάνει ταυτόχρονα και το μήκος της ημέρας, μέχρι τις 15 ώρες. Φαίνεται ότι ένα καθεστώς φωτοπερίοδου 15 ωρών σε συνδυασμό με θερμοκρασία 22- 23°C είναι το καλύτερο για την ταχύτερη ανάπτυξη των παραγόμενων στολώνων. Όταν το μήκος ημέρας είναι πολύ μικρό και δεν ευνοεί την παραγωγή στολώνων ή πολύ μεγάλο και δεν ευνοεί την παραγωγή ανθοφόρων οφθαλμών, τα φυτά των συνηθισμένων ποικιλιών τείνουν να παράγουν διακλαδιζόμενες κεφαλές. Ο χρόνος έναρξης της παραγωγής στολώνων την άνοιξη σχετίζεται άμεσα με τον αριθμό των ανθέων στο φυτό. Έτσι φυτά που δε φέρουν άνθη παράγουν στόλωνες νωρίτερα εκείνων που ανθοφορούν και από τα ανθοφορούντα φυτά εκείνα που φέρουν τα περισσότερα άνθη.

Έτσι σε φυτείες που προορίζονται για την παραγωγή αγενούς πολλαπλασιαστικού υλικού μέσω στολώνων επιβάλλεται η απομάκρυνση των ανθέων ευθύς μόλις παρουσιαστούν στο φυτό.

1.7.1.4.3 Διαφοροποίηση ανθοφόρων οφθαλμών και παραγωγή ανθέων

Στις περισσότερες από τις καλλιεργούμενες ποικιλίες φράουλας η διαφοροποίηση των οφθαλμών σε ανθοφόρους λαμβάνει χώρα το φθινόπωρο και μάλιστα όταν η φωτοπερίοδος μειωθεί σε επίπεδα μεταξύ 11 και 13 ωρών. Πρέπει να τονιστεί ότι στα επίπεδα αυτά αρχίζει η διαφοροποίηση των οφθαλμών, η οποία όμως μπορεί να λάβει χώρα ακόμη και σε χαμηλότερα επίπεδα. Ελάχιστες ποικιλίες διαφοροποιούν τους ανθοφόρους οφθαλμούς τους και σε πολύ χαμηλότερη φωτοπερίοδο, π.χ. των 6 ωρών. Η έναρξη της διαφοροποίησης των οφθαλμών σε ανθοφόρους, ανάλογα με την ποικιλία, προϋποθέτει την ύπαρξη καθεστώτος μικρής φωτοπερίοδου (6- 12 ώρες) για τουλάχιστον 6- 14 ημέρες. Σε μερικές καλλιεργούμενες ποικιλίες φράουλας η έναρξη της διαφοροποίησης των ανθοφόρων οφθαλμών λαμβάνει χώρα στα τέλη Αυγούστου και συνεχίζεται μέχρι αργότερα το φθινόπωρο. Στις περισσότερες ποικιλίες η διαφοροποίηση των ανθοφόρων οφθαλμών πραγματοποιείται, σε μεγαλύτερο βαθμό και πληρέστερα, όταν η μικρή φωτοπερίοδος συνοδεύεται και με χαμηλότερες θερμοκρασίες. Υπάρχουν και ποικιλίες στις οποίες η διαφοροποίηση γίνεται μόνο με την έκθεση των φυτών σε χαμηλές θερμοκρασίες έστω και αν η φωτοπερίοδος είναι

μεγαλύτερη των 12 ωρών. Με τον όρο «χαμηλές θερμοκρασίες», όταν αναφερόμαστε στη διαφοροποίηση των ανθοφόρων οφθαλμών, εννοούμε αυτές που κυμαίνονται μεταξύ 10°C και 18°C, οι οποίες για άλλες διεργασίες είναι αρκετά υψηλές. Η διαφοροποίηση των ανθοφόρων οφθαλμών σε ποικιλίες των εύκρατων κλιμάτων μπορεί να λάβει χώρα και σε υψηλότερες θερμοκρασίες, δηλαδή μέχρι και τους 21- 23°C. Γενικώς μπορεί να λεχθεί ότι στο φυσικό περιβάλλον το πλείστον των ποικιλιών φράουλας διαφοροποιεί τους ανθοφόρους οφθαλμούς κατά τη διάρκεια των μικρών ημερών από το φθινόπωρο μέχρι την άνοιξη, αρκεί η θερμοκρασία να κυμαίνεται στα παραπάνω επίπεδα. Οι οφθαλμοί που έχουν εισέλθει στη φάση της διαφοροποίησης τους για να ανθοφορήσουν χρειάζονται τη μεσολάβηση ενός χρονικού διαστήματος 6 έως 8 εβδομάδων. Έτσι οφθαλμοί που διαφοροποιούνται αργά το Μάρτιο με αρχές Απριλίου είτε παράγουν στείρα άνθη είτε δεν προλαβαίνουν να ωριμάσουν τους καρπούς τους. Σε συνθήκες θερμοκηπίου ή καλυμμένων φυτειών σε χαμηλά σκέπαστρα κατά τη διάρκεια του χειμώνα, όπου η θερμοκρασία ανεβαίνει σε επίπεδα που ευνοούν την ανάπτυξη του υπέργειου τμήματος, ευνοείται παράλληλα και η εξέλιξη των ήδη διαφοροποιημένων οφθαλμών σε άνθη, τα οποία έχουν όλο το χρόνο μπροστά τους να παράγουν καλούς και μεγάλου μεγέθους καρπούς. Όλα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω αφορούν ποικιλίες «μιας σοδειάς» ή μονόφορες. Οι δίφορες, πολύφορες ή αείφορες ποικιλίες συμπεριφέρονται διαφορετικά, δηλαδή διαφοροποιούν τους ανθοφόρους οφθαλμούς τους ακόμη και το καλοκαίρι, όταν η φωτοπερίοδος φθάνει και τις 17 ώρες και οι θερμοκρασίες είναι υψηλότερες των 30°C. Γι' αυτό και οι ποικιλίες αυτές χαρακτηρίζονται και ως «ποικιλίες μεγάλης ημέρας».

Στις φυτείες φράουλας στα θερμοκήπια ή στα χαμηλά σκέπαστρα η παραγωγή ανθέων αρχίζει από τα τέλη του χειμώνα και η συγκομιδή των καρπών από τα τέλη Μαρτίου ή αρχές Απριλίου. Την περίοδο αυτή δεν υπάρχουν στολώνες και έτσι αυτό το καλλιεργητικό σύστημα οδηγεί στη μεγιστοποίηση της παραγωγής καρπών. Φυτά που παράγουν στολώνες κατά τη διάρκεια της καρποφορίας παράγουν συνήθως μικρότερο αριθμό καρπών απ' ό,τι εκείνα που αρχίζουν την παραγωγή στολώνων μετά τη συγκομιδή των καρπών. Αναφέρεται στη βιβλιογραφία (Morrow and Beaumont 1931 και Sproat et al. 1935) ότι η παρουσία στολώνων σε υπαίθρια φυτεία μπορεί να μειώσει μέχρι και 65% τον αριθμό των παραγόμενων καρπών. Έτσι για την επίτευξη του μέγιστου οικονομικού αποτελέσματος επιβάλλεται η ταχύτερη αφαίρεση τυχόν παραγόμενων στολώνων από τις φρουτοπαραγωγικές φυτείες φράουλας.

Σημειώνεται ότι εκτός από τους ανθοφόρους οφθαλμούς τόσο οι οφθαλμοί που παράγουν τους στόλωνες όσο και εκείνοι που παράγουν τους βραχίονες της κεφαλής έχουν κοινή καταγωγή. Δηλαδή όλοι τους προέρχονται από τους μασχालιαίους οφθαλμούς των φύλλων. Έτσι είναι πολύ πιθανό να παρουσιαστεί κάθε ενδιάμεση μορφογενετική έκφραση. Για παράδειγμα μια ταξιανθία, κάτω από συνθήκες υψηλής υγρασίας και εφόσον το πρώτο γόνατό της έρχεται σε επαφή με το έδαφος, μπορεί να ριζοβολήσει και να παράγει ένα τέλειο φυτό ή μπορεί σε άλλες συνθήκες να παράγει από κάποιο γόνατό της ένα στόλωνα.

2 Πολλαπλασιασμός φυτών με υδροπονία – σύστημα άμπωτης και παλίρροιας

2.1 Γενικές έννοιες και ορισμοί για τα υδροπονικά συστήματα

Καλλιέργεια εκτός εδάφους καλείται κάθε μέθοδος καλλιέργειας φυτών των οποίων το ριζικό σύστημα αναπτύσσεται εκτός του φυσικού εδάφους. Στις σύγχρονες καλλιέργειες εκτός εδάφους, η τροφοδότηση των φυτών με νερό και θρεπτικά στοιχεία βασίζεται στην χορήγηση ενός τεχνητά παρασκευασμένου θρεπτικού διαλύματος. Οι ρίζες αναπτύσσονται είτε απευθείας στο θρεπτικό διάλυμα είτε σε πορώδη στερεά υλικά τα οποία καλούνται υποστρώματα και διαβρέχονται τακτικά με θρεπτικό διάλυμα το οποίο καλύπτει παράλληλα και τις αρδευτικές ανάγκες των φυτών.

Το θρεπτικό διάλυμα είναι ένα αραιό υδατικό διάλυμα όλων των θρεπτικών στοιχείων που είναι απαραίτητα για τα φυτά. Τα θρεπτικά στοιχεία βρίσκονται διαλυμένα στο νερό κατά κανόνα ως ιόντα ανόργανων αλάτων. Εξαιρέση αποτελούν το βόριο, το οποίο περιέχεται ως ευδιάλυτη ανόργανη χημική ένωση (βορικό οξύ) και ο σίδηρος ο οποίος περιέχεται σε μορφή ευδιάλυτων οργανικών χημικών ενώσεων (διάφοροι τύποι χηλικού σιδήρου).

Ως υπόστρωμα υδροπονικών καλλιεργειών μπορεί να θεωρηθεί κάθε φυσικό ή προερχόμενο από βιομηχανική επεξεργασία πορώδες υλικό, εκτός από το φυσικό χώμα, το οποίο χάρις στην ύπαρξη των πόρων είναι σε θέση να συγκρατεί νερό (θρεπτικό διάλυμα) και αέρα σε κατάλληλες για την ανάπτυξη των φυτών αναλογίες, με συνέπεια να μπορεί να υποκαθιστά το έδαφος ως μέσο ανάπτυξης του ριζικού συστήματος. Εφόσον το θρεπτικό διάλυμα με το οποίο τροφοδοτούνται τα υποστρώματα περιέχει όλα τα θρεπτικά στοιχεία που χρειάζονται που χρειάζονται τα φυτά για να αναπτυχθούν και να συμπληρώσουν τον βιολογικό τους κύκλο, τα υποστρώματα μπορούν να υποκαθιστούν πλήρως το έδαφος ως μέσο ανάπτυξης των καλλιεργειών. Αυτό σημαίνει ότι πρακτικά δεν αποδίδουν θρεπτικά στοιχεία στο θρεπτικό διάλυμα ούτε δεσμεύουν ιόντα που υπάρχουν ήδη σε αυτό.

Τόσο στην Ελληνική όσο και στην διεθνή βιβλιογραφία η τεχνική της καλλιέργειας φυτών εκτός εδάφους (soiless culture) συχνά αναφέρεται και με τον όρο υδροπονία (hydroponics), ενώ οι καλλιέργειες αυτού του τύπου καλούνται

«υδροπονικές καλλιέργειες» (Steiner, 1976, Jensen and Collins, 1985, Raviv and Lieth, 2008, κ.λπ.). Ο Steiner (1976), σε ένα άρθρο του στο οποίο ασχολείται ακτενώς με την ονοματολογία των υδροπονικών καλλιεργειών, τεκμηριώνει αυτή τη θέση με το επιχείρημα ότι η λέξη υδροπονία έχει πλέον καθιερωθεί εδώ και μισό αιώνα σε όλον τον κόσμο και στις περισσότερες γλώσσες ως όρος που υπονοεί το σύνολο των μεθόδων και συστημάτων καλλιέργειας φυτών χωρίς την χρήση εδάφους. Στην διεθνή βιβλιογραφία όμως υπάρχουν ισχυρές αντιρρήσεις σχετικά με την χρήση του όρου «υδροπονικές καλλιέργειες» ως συνώνυμου με τον όρο «καλλιέργειες εκτός εδάφους». Μερικοί ερευνητές, μάλιστα, όπως ο Cooper (1979), υποστηρίζουν ότι ο όρος «υδροπονία» πρέπει να χρησιμοποιείται μόνο για καλλιέργειες φυτών στις οποίες δεν χρησιμοποιείται κανένα στέρεο υπόστρωμα και οι ρίζες αναπτύσσονται απευθείας μέσα σε καθαρό θρεπτικό διάλυμα, όπως π.χ. το σύστημα NFT. Άλλοι ειδικοί επιστήμονες (π.χ. Adams, 2002), προσεγγίζουν το θέμα της ονοματολογίας των καλλιεργειών εκτός εδάφους με μεγαλύτερη μετριοπάθεια θεωρώντας ότι η λέξη υδροπονία χαρακτηρίζει καλλιέργειες στις οποίες η θρέψη των φυτών συντελείται αποκλειστικά και μόνο μέσω ενός υδατικού διαλύματος. Αυτό σημαίνει ότι οι ρίζες των φυτών μπορούν να αναπτύσσονται είτε μέσα σε καθαρό θρεπτικό διάλυμα χωρίς να υπάρχει στερεά φάση, είτε μέσα σε ένα χημικά αδρανές υπόστρωμα, το οποίο δεν ασκεί καμία επίδραση στην θρέψη του φυτού. Η τελευταία αυτή προσέγγιση φαίνεται επιστημονικά ως η πλέον ορθή και επομένως θα υιοθετηθεί και στο παρόν εκπόνημα.

Ένας άλλος όρος που χρησιμοποιείται στην ειδική βιβλιογραφία είναι η λέξη υδροκαλλιέργεια (στα αγγλικά water culture και hydroculture). Στην ελληνική γλώσσα ο όρος υδροκαλλιέργεια συνήθως χρησιμοποιείται ως ταυτόσημος με τους όρους “υδροπονία” και “καλλιέργειες εκτός εδάφους”. Στην αγγλόφωνη διεθνή βιβλιογραφία όμως, οι δύο προαναφερθείσες λέξεις που στα ελληνικά αποδίδονται με τον όρο “υδροκαλλιέργεια” δεν ταυτίζονται ούτε με τους όρους “υδροπονία” και “καλλιέργειες εκτός εδάφους” ούτε μεταξύ τους. Ο όρος “water culture” περιλαμβάνει αποκλειστικά και μόνο εκείνες τις υδροπονικές καλλιέργειες, στις οποίες δεν γίνεται χρήση υποστρώματος, οπότε οι ρίζες των φυτών αναπτύσσονται μέσα σε καθαρό θρεπτικό διάλυμα. Χρησιμοποιείται κυρίως όταν πρόκειται για πειραματικές καλλιέργειες φυτών σε θρεπτικά διαλύματα, οι οποίες διεξάγονται σε επιστημονικά εργαστήρια. Ο όρος hydroculture αναφέρεται στην υδροπονική καλλιέργεια καλλωπιστικών φυτών εσωτερικών και εξωτερικών χώρων, τα οποία αναπτύσσονται μέσα σε φυτοδοχεία

(γλάστρες, παρτέρια, κ.λπ.) γεμισμένα με κάποιο αδρανές υπόστρωμα όπως η διογκωμένη άργιλος, ο περλίτης, ο βερμικουλίτης, κ.λπ.. Δεδομένης της διάκρισης που γίνεται στην διεθνή βιβλιογραφία μεταξύ των όρων υδροπονία και υδροκαλλιέργεια, θα ήταν καλύτερα η λέξη υδροκαλλιέργεια να χρησιμοποιείται και στην ελληνική γλώσσα μόνο για τις καλλιέργειες φυτών που λαμβάνουν χώρα σε καθαρό θρεπτικό διάλυμα χωρίς την χρήση υποστρώματος.

Άλλοι δύο όροι που χρησιμοποιούνται περιστασιακά όταν γίνεται αναφορά σε υδροπονικές καλλιέργειες είναι οι ονομασίες “καλλιέργεια σε υπόστρωμα” και “καλλιέργεια σε θρεπτικό διάλυμα”. Οι δύο αυτοί όροι μπορεί να θεωρηθεί ότι περιγράφουν δύο ξένα μεταξύ τους υποσύνολα, τα οποία απαρτίζουν το σύνολο των καλλιεργειών εκτός εδάφους. Συγκεκριμένα, οι καλλιέργειες εκτός εδάφους στις οποίες γίνεται χρήση υποστρώματος ονομάζονται και “καλλιέργειες σε υπόστρωμα”, ενώ αυτές στις οποίες δεν γίνεται χρήση υποστρώματος και οι ρίζες των φυτών αναπτύσσονται και “καλλιέργειες σε θρεπτικό διάλυμα”.

Όλες οι υπόλοιπες γνωστές ονομασίες, όπως αεροπονία (aeroponics), NFT, καλλιέργεια σε άμμο (sand culture), καλλιέργεια σε χαλίκι (gravel culture), καλλιέργεια σε πετροβάμβακα (rockwool culture), καλλιέργεια σε τύρφη (peat culture), κ.λπ. αναφέρονται σε συγκεκριμένα ειδικά συστήματα και μεθόδους καλλιεργειών εκτός εδάφους.

Τέλος, μία άλλη διάκριση που γίνεται στη σχετική ορολογία είναι αυτή που διαχωρίζει τα συστήματα καλλιέργειας φυτών εκτός εδάφους σε δύο κατηγορίες, τα ανοιχτά και κλειστά συστήματα. Τα ανοιχτά συστήματα καλλιέργειας εκτός εδάφους είναι συστήματα καλλιέργειας σε υποστρώματα. Λόγω της πορώδους φύσης τους, τα υποστρώματα συγκρατούν σημαντικές ποσότητες θρεπτικού διαλύματος. Όταν μία καλλιέργεια σε υπόστρωμα ποτίζεται, η ποσότητα θρεπτικού διαλύματος που της παρέχεται μπορεί να υπερβαίνει την ικανότητα του υποστρώματος να το συγκρατήσει. Από τον συνολικό όγκο του διαλύματος που παρέχεται στην καλλιέργεια, το ποσοστό που δεν συγκρατείται στο υπόστρωμα αλλά απορρέει καλείται θρεπτικό διάλυμα απορροής ή διάλυμα απορροής ή κλάσμα απορροής. Επειδή το κλάσμα απορροής συμβάλει στην έκπλυση των αλάτων από το υπόστρωμα συχνά καλείται κλάσμα έκπλυσης. Όταν το διάλυμα απορροής δεν συλλέγεται αλλά απορρίπτεται στο περιβάλλον (συνήθως απορροφάται από το έδαφος του περιβάλλοντος χώρου του

θερμοκηπίου), το σύστημα καλλιέργειας καλείται ανοιχτό υδροπονικό σύστημα. Αντίστοιχα, κλειστό σύστημα καλλιέργειας εκτός εδάφους καλείται εκείνο στο οποίο το κλάσμα απορροής που απομακρύνεται από το χώρο των ριζών συλλέγεται, συμπληρώνεται κατάλληλα με νέο διάλυμα και με τη βοήθεια μίας αντλίας οδηγείται ξανά στα φυτά προς επαναχρησιμοποίηση. Στα κλειστά συστήματα δηλαδή, οι απορροές νερού και θρεπτικών στοιχείων που προέρχονται από την υδρολίπανση ανακυκλώνονται.

Απαραίτητη προϋπόθεση για την επιτυχία μιας υδροπονικής καλλιέργειας είναι η τροφοδότηση των φυτών με θρεπτικό διάλυμα κατάλληλης σύστασης. Εκτός από την περιεκτικότητα στα επιμέρους θρεπτικά στοιχεία, η ποιότητα ενός θρεπτικού διαλύματος εξαρτάται και από το pH και την ηλεκτρική αγωγιμότητα (E.C.) αυτού. Το pH είναι μέτρο της συγκέντρωσης ιόντων υδρογόνου (H^+) στο διάλυμα και η τιμή του επηρεάζει καθοριστικά την διαλυτότητα και συνεπώς την διαθεσιμότητα των περισσότερων θρεπτικών στοιχείων στην καλλιέργεια. Αντίστοιχα, η ηλεκτρική αγωγιμότητα αποτελεί το μέτρο της συνολικής συγκέντρωσης αλάτων στο διάλυμα και χρησιμοποιείται για την εκτίμηση του βαθμού επάρκειας θρεπτικών στοιχείων σε αυτό καθώς και του κινδύνου έκθεσης της καλλιέργειας σε αλατούχο καταπόνηση. Τα δύο αυτά μεγέθη χρησιμοποιούνται ευρύτατα για τον καθημερινό έλεγχο της ποιότητας του θρεπτικού διαλύματος, χάρις στην δυνατότητα που υπάρχει να μετρώνται εύκολα και γρήγορα στο θερμοκήπιο με απλά φορητά όργανα.

2.2 Ιστορική ανασκόπηση της καλλιέργειας εκτός εδάφους

Καλλιέργεια φυτών εκτός του φυσικού εδάφους έχει λάβει χώρα ήδη από τα αρχαία χρόνια. Η πιο γνωστή περίπτωση από την αρχαιότητα, αν και όχι η μοναδική, είναι οι Κρεμαστοί Κήποι της Βαβυλώνας, όπου τα φυτά αναπτύσσονταν πάνω σε αναβαθμίδες γεμισμένες με μείγμα άμμου και χώματος. Στα νεότερα χρόνια, η πρώτη αναφορά σε καλλιέργεια φυτών εκτός εδάφους γίνεται από τον Ιρλανδό Robert Boyle κατά το 1666, ο οποίος κατάφερε να καλλιεργήσει ορισμένα είδη φυτών (*Raphanus aquaticus*, μέντα, κ.λπ.) σε φυτοδοχεία γεμισμένα μόνο με φυσικό νερό, χωρίς να υπάρχει κάποιο στερεό μέσο στον χώρο ανάπτυξης των ριζών (Cooper, 1979).

Σε όλες αυτές τις περιπτώσεις όμως, τα φυτά προσλαμβάνουν τα απαραίτητα για την ανάπτυξή τους θρεπτικά στοιχεία από το φυσικό νερό, το οποίο όπως είναι γνωστό

περιέχει μέσα του διαλυμένα διάφορα ανόργανα άλατα σε μικρότερες ή μεγαλύτερες ποσότητες, ανάλογα με την προέλευσή του. Ειδικά δε στις περιπτώσεις που γινόταν και χρήση κάποιου φυσικού υποστρώματος, όπως στους Κρεμαστούς Κήπους της Βαβυλώνας, ένα μέρος των ανόργανων στοιχείων που είναι απαραίτητα για τη θρέψη των φυτών προερχόταν από το ίδιο το υπόστρωμα. Στην πραγματικότητα, το μόνο αληθινά κοινό γνώρισμα αυτών των πρωτόγονων καλλιεργειών εκτός εδάφους με την σημερινή υδροπονία είναι ο περιορισμός του όγκου ανάπτυξης των ριζών και ο στεγανός διαχωρισμός του ριζοστρώματος από τα βαθύτερα στρώματα του εδάφους και συνεπώς και από τον υδροφόρο ορίζοντα. Αντίθετα, η θρέψη σε αυτές τις πρωτόγονες καλλιέργειες εκτός εδάφους ήταν ελλιπής και μη ισορροπημένη, ενώ επιπλέον ήταν απόλυτα εξαρτημένη από τυχαίους παράγοντες (σύσταση νερού άρδευσης και των διαφόρων υλικών του υποστρώματος σε ανόργανα άλατα και θρεπτικά στοιχεία, κ.λπ.).

Η υδροπονία με την πλήρη έννοια του όρου μπορεί να θεωρηθεί ότι γεννήθηκε όταν για πρώτη φορά καλλιεργήθηκαν φυτά μέσα σε τεχνητό θρεπτικό διάλυμα του οποίου η σύσταση σε ανόργανα θρεπτικά στοιχεία καθορίστηκε σχεδιασμένα από τους παρασκευαστές. Οι πρώτοι που παρασκεύασαν θρεπτικά διαλύματα και καλλιεργήσαν φυτά μέσα σε αυτά ήταν οι γερμανοί φυσιολόγοι Sachs (1859, 1861) και Knop (1859), οι οποίοι με τον τρόπο αυτό προσπάθησαν να προσδιορίσουν ποια ανόργανα στοιχεία και σε τι ποσότητες είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη και την ολοκλήρωση του βιολογικού κύκλου των φυτών. Σήμερα θεωρείται ότι οι Sachs και Knop είναι εκείνοι που με τις προαναφερθείσες έρευνες τους έθεσαν τις επιστημονικές βάσεις της υδροπονίας.

Οι έρευνες αυτές των Sachs και Knop δεν ήταν μόνο η απαρχή της ανάπτυξης της υδροπονίας αλλά απετέλεσαν μία γενικότερη επανάσταση στην επιστήμη της διατροφής των φυτών και γι' αυτό το λόγο γρήγορα συνεχίστηκαν και από άλλους επιστήμονες. Ο McCall (1916), έχοντας σαν στόχο να πειραματισθεί εργαστηριακά στην ανόργανη θρέψη των φυτών, ανέπτυξε μία μέθοδο καλλιέργειας σε φυτοδοχεία γεμισμένα με πυριτική άμμο η οποία ήταν χημικά αδρανής. Σύμφωνα με την μέθοδο του McCall, τα φυτοδοχεία έπρεπε να τροφοδοτούνται τακτικά με νέο θρεπτικό διάλυμα σε αντικατάσταση αυτού που κατανάλωσαν τα φυτά. Η μέθοδος αυτή καθιερώθηκε διεθνώς με τον όρο sand culture (καλλιέργεια σε άμμο) και

χρησιμοποιείται ευρύτατα και σήμερα με διάφορες βελτιώσεις και παραλλαγές τόσο σε πειράματα διατροφής φυτών όσο και σε εμπορικής κλίμακας καλλιέργειες.

Ο πρώτος που επιχείρησε να αξιοποιήσει την δυνατότητα θρέψης των φυτών αποκλειστικά και μόνο μέσω θρεπτικών διαλυμάτων για την καλλιέργεια λαχανοκομικών και ανθοκομικών φυτών εκτός εδάφους σε εμπορική κλίμακα ήταν ο αμερικανός καθηγητής Gericke (1929) στο πανεπιστήμιο της Καλιφόρνιας. Ο Gericke (1937) ήταν επίσης εκείνος, ο οποίος πρώτος πρότεινε δημόσια τον όρο 'υδροπονία' (hydroponics) για να περιγράψει την καλλιέργεια φυτών σε τεχνητά θρεπτικά διαλύματα με στόχο την παραγωγή σε εμπορική κλίμακα.

Η υδροπονική μέθοδος που ανέπτυξε τότε ο Gericke όμως, δεν βρήκε εφαρμογή σε αξιόλογη κλίμακα στην καλλιεργητική πράξη γιατί είχε υψηλό κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας, χωρίς να δίνει καλύτερες παραγωγές από τις αντίστοιχες που λαμβάνονταν σε καλές καλλιέργειες στο έδαφος. Σύμφωνα με την μέθοδο που πρότεινε ο Gericke, οι ρίζες των φυτών αναπτυσσόταν μέσα σε μεγάλα φυτοδοχεία διαστάσεων 0,15*0,61*10,7, στον πυθμένα των οποίων υπήρχε μια λεπτή στρώση άμμου μισής ίντσας (περίπου 1,2cm). Τα δοχεία περιείχαν θρεπτικό διάλυμα και ήταν καλυμμένα με δικτυωτό σύρμα στην επάνω επιφάνεια για την στήριξη των φυτών. Ένα από τα σοβαρότερα προβλήματα που παρουσίαζε η μέθοδος του Gericke ήταν η δυσκολία αερισμού του θρεπτικού διαλύματος και εμπλουτισμού του με οξυγόνο.

Στη δεκαετία του 1930 πολλοί άλλοι επιστήμονες, κυρίως αμερικανοί, ασχολήθηκαν ερευνητικά με την υδροπονία και ανέπτυξαν συστήματα καλλιέργειας εκτός εδάφους παραπλήσια με αυτά του Gericke, όπως ο Laurie (1931), ο Eaton (1936), οι Shive and Robbins (1937), οι Mullard and Stoughton (1939), οι Arnon and Hoagland (1940), κ.λπ. Όλα αυτά τα ερευνητικά δεδομένα χρησιμοποιήθηκαν από τους Hoagland and Arnon (1950) για την κατάστρωση της σύνθεσης ενός τυπικού θρεπτικού διαλύματος για καλλιέργειες εκτός εδάφους, το οποίο θεωρείται κλασικό και χρησιμοποιείται ακόμη και σήμερα σε πειραματικές υδροκαλλιέργειες.

Πρακτική εφαρμογή σε μεγάλη κλίμακα γνώρισε η υδροπονία για πρώτη φορά κατά την διάρκεια του 2^{ου} Παγκοσμίου Πολέμου από τον αμερικάνικο στρατό. Την εποχή εκείνη, η υδροπονία χρειάστηκε να εφαρμοστεί σε εκτεταμένη κλίμακα σε ορισμένα άγονα νησιά του Ειρηνικού με σκοπό την παραγωγή νωπών λαχανικών για

την κάλυψη των διατροφικών αναγκών των μαχόμενων αμερικανών στρατιωτών στην περιοχή. Αμέσως μετά τον πόλεμο, η επιστημονική έρευνα πάνω στην υδροπονία συνεχίστηκε, αν και η εφαρμογή της σε εμπορική κλίμακα ήταν ακόμη περιορισμένη. Νέες, πολύ πιο ευαίσθητες μέθοδοι και συσκευές χημικών αναλύσεων που επινοήθηκαν στο μεταξύ, διευκόλυναν τον ακριβέστερο ποσοτικό προσδιορισμό των ιχνοστοιχείων τόσο στα θρεπτικά διαλύματα όσο και στους φυτικούς ιστούς. Οι νέες αυτές πρόοδοι της Χημείας βοήθησαν πάρα πολύ στην εξέλιξη της υδροπονίας, γιατί επέτρεψαν την συμπλήρωση και τελειοποίηση της σύνθεσης των θρεπτικών διαλυμάτων. Παράλληλα όμως κατέστησαν εφικτή και την τακτική διενέργεια χημικών αναλύσεων στο θρεπτικό διάλυμα κατά τη διάρκεια της χρησιμοποίησής τους, με αποτέλεσμα την επίτευξη καλύτερου ελέγχου στη θρέψη της καλλιέργειας.

Παρ' όλα αυτά μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 60 η υδροπονία έβρισκε πρακτική εφαρμογή μόνο σποραδικά και σε περιορισμένη κλίμακα, κυρίως στην Αμερική και στην Αγγλία. Από τις αρχές της δεκαετίας του 70 το ενδιαφέρον για τη χρήση υδροπονικών συστημάτων σε εμπορική κλίμακα αναζωπυρώθηκε διεθνώς, ξεκινώντας από την Αγγλία, τις Σκανδιναβικές χώρες και την Ολλανδία. Οι λόγοι που οδήγησαν στην αναζωπύρωση του ενδιαφέροντος για την υδροπονία στις χώρες αυτές ήταν η κούραση των εδαφών των θερμοκηπίων μετά από συνεχή καλλιέργεια επί σειρά ετών και η συνεπαγόμενη έξαρση των εδαφογενών ασθενειών, καθώς και τα προβλήματα που δημιουργούσαν οι συνεχείς απολυμάνσεις του εδάφους με βρωμιούχο μεθύλιο.

Στην Αγγλία αναπτύχθηκε από τον Cooper (1975) ένα σύστημα καλλιέργειας των φυτών σε ανακυκλούμενο θρεπτικό διάλυμα χωρίς την χρήση στέρεου υποστρώματος. Το σύστημα αυτό έγινε γνωστό ως NFT από τα αρχικά των λέξεων Nutrient Film Technique που στα Ελληνικά, σε ελεύθερη μετάφραση, θα μπορούσε να αποδοθεί με τον όρο Τεχνική Ρηχού Ρεύματος Θρεπτικού Διαλύματος.

Στις Σκανδιναβικές χώρες και την Ολλανδία αντίθετα, κυριάρχησε η καλλιέργεια σε αδρανή υποστρώματα και κυρίως σε πετροβάμβακα. Ειδικά στην Ολλανδία, η εξέλιξη της υδροπονίας ήταν ιδιαίτερα ορμητική, αφού τα 50 στρέμματα που πρωτοκαλλιεργήθηκαν υδροπονικά το 1976 (van Os, 1982) ανήλθαν στα 15.000 το 1984 (Sonneveld, 2000). Σήμερα στην Ολλανδία το σύνολο σχεδόν της παραγωγής καρποδοτικών λαχανικών στο θερμοκήπιο, όπως τομάτα, αγγούρι, πιπεριά, κ.λπ.,

προέρχεται από υδροπονικές καλλιέργειες (van Os et al., 2008). Αντίθετα, τα μικρά φυλλώδη λαχανικά συνεχίζουν ακόμη να καλλιεργούνται σε σημαντικό ποσοστό στο έδαφος των θερμοκηπίων.

Είναι σαφές ότι σε χώρες, στις οποίες σημαντικό μέρος των εδαφών παρουσιάζει προβλήματα, είτε λόγω υπερεντατικής εκμετάλλευσης (περίπτωση Ολλανδίας) είτε λόγω άρδευσης με νερό υψηλής περιεκτικότητας σε άλατα (περίπτωση Ισραήλ), η αναγκαιότητα εισαγωγής της υδροπονίας στην καλλιεργητική πράξη είναι μεγαλύτερη. Το ίδιο ισχύει και για τις χώρες στις οποίες εφαρμόζονται αυστηροί περιορισμοί στη χρήση αγροχημικών στη γεωργία, καθώς και στα όρια ανίχνευσης αυτών στο περιβάλλον (περίπτωση των περισσότερων χωρών της βόρειας Ευρώπης).

Στις ανεπτυγμένες τεχνολογικά χώρες που χαρακτηρίζονται από αντίξοες για την παραγωγή κηπευτικών εκτός εποχής καιρικές συνθήκες (περίπτωση βορειοευρωπαϊκών χωρών, Καναδά και Ιαπωνίας) η μεταπήδηση στην υδροπονία ήταν και ευκολότερη και πλέον επιβεβλημένη. Η χρήση τεχνολογικού εξοπλισμού υψηλού επιπέδου στα θερμοκήπια των χωρών αυτών συνεπάγεται σημαντικά αυξημένο κόστος, το οποίο μπορεί να καλυφθεί μόνο με την επίτευξη υψηλών αποδόσεων. Η μεταπήδηση στην υδροπονία στις χώρες αυτές ήταν επομένως το απαραίτητο συμπλήρωμα στην προϋπάρχουσα χρήση εξοπλισμών υψηλής τεχνολογίας στα θερμοκήπια, ώστε το έδαφος και η καλή θρέψη των φυτών να μην αποτελούν τους περιοριστικούς παράγοντες στην πλήρη εκμετάλλευση των δυνατοτήτων του υπόλοιπου εξοπλισμού και κατά συνέπεια στην επίτευξη υψηλών παραγωγών. Αντίθετα, η μεσογειακή Ευρώπη είναι συνηθισμένη να παράγει λαχανικά και άνθη εκτός εποχής σε χαμηλού κόστους κατασκευές κυρίως, εκμεταλλευόμενη τις ευνοϊκές κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στις χώρες αυτές, μολονότι έτσι δεν διασφαλίζονται ούτε υψηλές αποδόσεις ούτε ικανοποιητική ποιότητα προϊόντων. Γι' αυτό το λόγο στις χώρες της Μεσογείου, οι παραγωγοί συνήθως δεν είναι ιδιαίτερα πρόθυμοι να επενδύσουν στα θερμοκήπια τους εγκαθιστώντας σύγχρονο εξοπλισμό και συνεπώς διστάζουν να αναλάβουν το κόστος της εγκατάστασης του εξοπλισμού που απαιτεί η καλλιέργεια εκτός εδάφους. Εξάιρεση αποτελούν οι περιπτώσεις εκείνες, στις οποίες το έδαφος είναι ή τείνει να γίνει περιοριστικός παράγοντας ακόμη και στην επίτευξη των ήδη χαμηλών αποδόσεων που λαμβάνονται στις θερμοκηπιακές κατασκευές αυτού του είδους. Γι' αυτό το λόγο η εξάπλωση της υδροπονίας στις μεσογειακές χώρες της Ευρώπης συμπεριλαμβανομένης

και της Ελλάδας άρχισε με χρονική καθυστέρηση και βαίνει μέχρι σήμερα με σημαντικά πιο αργούς ρυθμούς.

2.3 Αξιολόγηση καλλιεργειών εκτός εδάφους

Το πρώτο ερώτημα που τίθεται από κάθε αγρότη ή επιστήμονα που ενδιαφέρεται για την καλλιέργεια εκτός εδάφους αφορά στην χρησιμότητα και την αξία της ως μίας εναλλακτικής μεθόδου καλλιέργειας φυτών στο θερμοκήπιο. Στο καθοριστικής σημασίας αυτό ερώτημα γίνεται προσπάθεια να δοθεί σαφής και τεκμηριωμένη απάντηση στη συνέχεια, παραθέτοντας τόσο τα πλεονεκτήματα που παρέχει η καλλιέργεια εκτός εδάφους όσο και τα μειονεκτήματα που την συνοδεύουν, εκτιμώντας παράλληλα σε ποιο βαθμό αυτά τα τελευταία αντισταθμίζονται από τα οφέλη που προκύπτουν από την υιοθέτηση της εναλλακτικής αυτής μεθόδου καλλιέργειας. Με τον τρόπο αυτό πιστεύεται ότι καθίσταται ευκολότερο να κατανοήσει κανείς για ποιο λόγο και σε ποιες περιπτώσεις ένας καλλιεργητής θερμοκηπίου μπορεί να ωφεληθεί μεταπηδώντας στην υδροπονία.

Κατ' αρχήν θα πρέπει να υπομνησθεί αυτό που αναφέρθηκε ήδη προηγουμένως, ότι δηλαδή το αρχικό κίνητρο που οδήγησε τους καλλιεργητές θερμοκηπίου της Ολλανδίας και των Σκανδιναβικών χωρών στην υδροπονία ήταν η επείγουσα ανάγκη αντιμετώπισης των συνεχώς αυξανόμενων προβλημάτων που σχετίζονται με το έδαφος (Benoit and Ceustermans, 1995). Πρακτικά, η καθιέρωση της υδροπονίας στις χώρες αυτές επέδειξε ότι η πλέον αποτελεσματική αντιμετώπιση των προβλημάτων που σχετίζονται με το έδαφος στις εντατικής μορφής καλλιέργειες θερμοκηπίου επιτυγχάνεται μέσω της καλλιέργειας των φυτών εκτός εδάφους. Η υδροπονική καλλιέργεια εφαρμόζεται με μεγάλη επιτυχία σε πολλές χώρες, ενώ σε ορισμένες χώρες, όπως η Ολλανδία, ήδη από την τελευταία δεκαετία του προηγούμενου αιώνα η εκτός εδάφους καλλιέργεια αποτελεί σχεδόν αποτελεσματική μέθοδο παραγωγής καρποδοτικών λαχανικών στο θερμοκήπιο (de Kreij 1995). Οι υδροπονικές καλλιέργειες παρέχουν ένα καθαρό ξεκίνημα από παθογόνα εδάφους όταν τα υποστρώματα χρησιμοποιούνται για πρώτη φορά. Αν το υπόστρωμα ξαναχρησιμοποιηθεί, μπορεί να απολυμανθεί ευκολότερα σε σύγκριση με το έδαφος (χαμηλότερο κόστος, μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα).

Η οριοθέτηση όμως της αξίας της υδροπονίας μόνο ως τρόπου παράκαμψης των προβλημάτων που σχετίζονται με το έδαφος στις περιπτώσεις εκείνες που αυτά είναι αρκετά έντονα ώστε να μειώνουν σημαντικά την παραγωγή, δεν αντιστοιχεί στην σημερινή πραγματικότητα. Η εξέλιξη και η τελειοποίηση της υδροπονίας ως εναλλακτικής μεθόδου καλλιέργειας φυτών στο θερμοκήπιο είναι θεαματική τις τελευταίες δεκαετίες. Έτσι, σήμερα η υδροπονία συχνά αποτελεί επιλογή και για εκείνους τους καλλιεργητές που δεν αντιμετωπίζουν σοβαρά προβλήματα με το έδαφος τους, δεδομένου ότι τα πλεονεκτήματά της σε σύγκριση με τον παραδοσιακό τρόπο καλλιέργειας στο χώμα δεν περιορίζονται πλέον μόνο στην υποκατάσταση ενός προβληματικού εδάφους αλλά αφορούν και αρκετές άλλες πλευρές της καλλιεργητικής τεχνικής. Τα ειδικότερα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της καλλιέργειας εκτός εδάφους εκτίθενται αναλυτικά στη συνέχεια.

2.3.1 Πλεονεκτήματα καλλιεργειών εκτός εδάφους

Το πρώτο και προφανέστερο πλεονέκτημα της υδροπονίας είναι η ριζική αντιμετώπιση των προβλημάτων που προκαλούν στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες οι μεταδιδόμενες μέσω του εδάφους ασθένειες (φουζάριο, βερτισίλλιο, πύθιο, πυρηνοχαίτη, έντομα εδάφους, νηματώδεις, ορισμένα βακτήρια και φυτοϊοί, κ.λπ.). Γενικά η καλλιέργεια εκτός εδάφους θεωρείται σήμερα ως μία αξιόπιστη εναλλακτική λύση αντιμετώπισης των εδαφογενών ασθενειών στα θερμοκήπια, έναντι της απολύμανσης του εδάφους με χρήση τοξικών χημικών ουσιών, όπως το βρωμιούχο μεθύλιο. Σύμφωνα με το πρωτόκολλο του Μόντρεαλ, η χρήση βρωμιούχου μεθυλίου για απολύμανση του εδάφους των θερμοκηπίων έχει απαγορευτεί στις ανεπτυγμένες χώρες μετά το 2005 με προοπτική να απαγορευτεί πλήρως σε όλες τις χώρες μέχρι το 2015 (Batchelor, 2004). Οι περιορισμοί αυτοί ήδη έχουν δημιουργήσει σοβαρά προβλήματα στους καλλιεργητές θερμοκηπίων της χώρας μας (Γενειατάκης, 2007), δεδομένου ότι εναλλακτικές απολυμαντικές ουσίες με αποτελεσματικότητα παρόμοια με αυτή του βρωμιούχου μεθυλίου δεν φαίνεται ότι μπορούν να βρεθούν στο εγγύς μέλλον. Υπό το βάρος αυτής της κατάστασης, αναζητούνται άλλες, εναλλακτικές λύσεις για την αντιμετώπιση των εδαφογενών ασθενειών, πέρα από την χημική απολύμανση του εδάφους (Batchelor, 2004). Μία από αυτές τις εναλλακτικές λύσεις, με ισοδύναμο αποτέλεσμα με αυτό της χημικής απολύμανσης (δηλαδή ξεκίνημα καλλιέργειας με απουσία παθογόνων μικροοργανισμών στο ριζικό περιβάλλον) είναι η καλλιέργεια εκτός εδάφους. Πρέπει

βέβαια να διευκρινισθεί ότι η ανάπτυξη των φυτών σε υπόστρωμα δεν αποτελεί εγγύηση μη εμφάνισης εδαφογενών ασθeneιών σε όλη την διάρκεια της καλλιέργειας, αλλά αυτό ισχύει και για τις καλλιέργειες στο έδαφος στις οποίες εφαρμοζόταν απολύμανση με βρωμιούχο μεθύλιο. Γενικά όμως, λόγω της σταθερής και συνεχούς απομόνωσης του ριζικού συστήματος των φυτών από το έδαφος, η πιθανότητα εμφάνισης εδαφογενών ασθeneιών στις καλλιέργειες εκτός εδάφους είναι πολύ μικρότερη σε σύγκριση με αυτές που αναπτύσσονται έδαφος. Κατά συνέπεια, μειώνεται δραστικά και η εφαρμογή φυτοφαρμάκων με στόχο την αντιμετώπιση των εδαφογενών ασθeneιών. Όταν τα φυτά αναπτύσσονται εκτός εδάφους, προβλήματα εδαφογενών ασθeneιών μπορούν να εμφανισθούν στην πορεία της καλλιέργειας κυρίως όταν: α) δεν λαμβάνονται κατάλληλα μέτρα αποτροπής της εισόδου παθογόνων στο θερμοκήπιο, β) η απομόνωση του υποστρώματος ή του θρεπτικού διαλύματος από το έδαφος του θερμοκηπίου δεν είναι πλήρης (όχι καλή κάλυψη του εδάφους με πλαστικό φύλλο πολυαιθυλενίου), ή γ) το νερό άρδευσης είναι έντονα μολυσμένο με κάποιο παθογόνο. Η εφαρμογή προληπτικών μέτρων φυτοπροστασίας στο θερμοκήπιο σύμφωνα με τις αρχές της ολοκληρωμένης διαχείρισης της παραγωγής (Σάββας, 2009) μειώνει δραστικά την πιθανότητα εμφάνισης εδαφογενών ασθeneιών στις καλλιέργειες εκτός εδάφους.

Μέσω της μεταπήδησης στην υδροπονία λύνεται ριζικά το πρόβλημα της χαμηλής γονιμότητας που εμφανίζουν πολλά εδάφη θερμοκηπίου, είτε λόγω της υπερεντατικής τους εκμετάλλευσης και της μονοκαλλιέργειας (κόπωση εδαφών) είτε λόγω δυσμενών φυσικών ιδιοτήτων (π.χ. πολύ βαριά ή πολύ ελαφρά εδάφη, εδάφη με πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία, εναλατωμένα εδάφη, κ.λπ.) Σε τέτοιες περιπτώσεις η υδροπονία αποτελεί πιο ριζική και αποτελεσματική λύση από την βελτίωση και την εξυγίανση του προβληματικού εδάφους.

Ιδιαίτερα χρήσιμη είναι η υδροπονία στις περιπτώσεις εκείνες που το χρησιμοποιούμενο για άρδευση νερό έχει χαμηλή περιεκτικότητα σε άλατα (ηλεκτρική αγωγιμότητα πάνω από 1-1,5 dS/m). Στις περιπτώσεις αυτές η υδροπονία είναι ίσως ο μόνος τρόπος επιτυχούς αντιμετώπισης του προβλήματος. Πρέπει όμως να διευκρινισθεί ότι, όταν στο νερό άρδευσης υφίστανται προβλήματα υπερβολικά υψηλής περιεκτικότητας σε ανόργανα άλατα, λύση αποτελεί μόνο η καλλιέργεια σε ανοιχτά υδροπονικά συστήματα. Αντίθετα, τα κλειστά υδροπονικά συστήματα στα οποία

εφαρμόζεται ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος παρουσιάζουν σοβαρά προβλήματα όταν η περιεκτικότητα του νερού άρδευσης σε ανόργανα άλατα είναι υψηλή και συνεπώς η υιοθέτηση τους σε τέτοιες περιπτώσεις θα πρέπει να αποφεύγεται.'

Στις υδροπονικές καλλιέργειες το κόστος θέρμανσης είναι μειωμένο. Όπως είναι γνωστό, η εξάτμιση νερού συνοδεύεται πάντοτε από κατανάλωση ενέργειας υπό μορφή λανθάνουσας θερμότητας. Σε ένα θερμοκήπιο που καλλιεργείται υδροπονικά όμως, η εξάτμιση νερού από την επιφάνεια του εδάφους είναι πρακτικά αμελητέα, δεδομένου ότι αυτό είναι πλήρως καλυμμένο με φύλλο πλαστικού πολυαιθυλενίου. Συνεπώς, οι ανάγκες σε ενέργεια για την θέρμανση του αέρα μειώνονται. Εκτός όμως από την εξοικονόμηση ενέργειας λόγω ελαχιστοποίησης της εξάτμισης νερού από το έδαφος, μειωμένες δαπάνες για θέρμανση προκύπτουν και από το γεγονός ότι η καλλιέργεια παύει να εξαρτάται από την θερμοκρασία του εδάφους του θερμοκηπίου. Γενικά, η διατήρηση της θερμοκρασίας του εδάφους του θερμοκηπίου σε ικανοποιητικά επίπεδα το χειμώνα είναι δαπανηρή γιατί απαιτεί την διατήρηση υψηλών θερμοκρασιών στον εναέριο χώρο ή (εναλλακτικά) την εγκατάσταση επιδαπέδιου ή υπόγειου συστήματος θέρμανσης του εδάφους. Στην υδροπονία αντίθετα, οι ρίζες των φυτών αναπτύσσονται μέσα στον περιορισμένο όγκο των υποστρωμάτων ή των θρεπτικών διαλυμάτων, τα οποία μάλιστα είναι τοποθετημένα πάνω από την επιφάνεια του εδάφους, χωρίς να έρχονται σε επαφή με το χώμα. Κατά συνέπεια, η διατήρηση του απαιτούμενου επιπέδου θερμοκρασίας στον χώρο του ριζοστρώματος μπορεί να επιτευχθεί και γρηγορότερα κατά την διάρκεια της ημέρας και με χαμηλότερη δαπάνη για καύσιμα. Εκτός αυτού, ακόμη και στην περίπτωση που η θερμοκρασία στην περιοχή του ριζοστρώματος κριθεί σκόπιμο να διατηρηθεί σε υψηλότερα επίπεδα από αυτά που επικρατούν στον εναέριο χώρο του θερμοκηπίου, αυτό στις υδροπονικές καλλιέργειες μπορεί να επιτευχθεί με πολύ χαμηλότερο κόστος, χάρις στον πολύ μικρότερο όγκο του υποστρώματος ή του καθαρού θρεπτικού διαλύματος ανά φυτό σε σύγκριση με τις καλλιέργειες στο φυσικό έδαφος.

Έχει αποδειχθεί επανειλημμένα στην πράξη ότι η καλλιέργεια τόσο σε καλής ποιότητας υποστρώματα, όσο και σε καθαρό θρεπτικό διάλυμα (π.χ. NFT), προωμίζει σημαντικά την πρώτη συγκομιδή (Benoit and Ceustermans, 1995). Αυτό οφείλεται κυρίως στις υψηλότερες θερμοκρασίες που, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως,

διαμορφώνονται στον χώρο του ριζοστρώματος των φυτών όταν αυτά καλλιεργούνται εκτός εδάφους.

Στις υδροπονικές καλλιέργειες, η θρέψη των φυτών είναι πολύ ακριβής, μπορεί να ελέγχεται και να εποπτεύεται καλύτερα και με μεγαλύτερη αξιοπιστία και επίσης μπορεί να διορθώνεται ευκολότερα και ταχύτερα σε περίπτωση που έχει διαπραχθεί κάποιο λάθος. Επιπλέον, όλα τα θρεπτικά στοιχεία παρέχονται σε συγκεκριμένες συγκεντρώσεις και αναλογίες μεταξύ τους, μέσω του θρεπτικού διαλύματος. Κατά συνέπεια, μία σειρά από μεταβλητές του εδάφους που επηρεάζουν την τροφοδοσία των φυτών με θρεπτικά στοιχεία, όπως π.χ. η μηχανική σύσταση, η δομή του, η περιεκτικότητα του σε οργανική ουσία, η ανταλλακτική του ικανότητα, κ.λπ. αλλά και άλλοι παράγοντες, όπως π.χ. αυτοί που επηρεάζουν την ταχύτητα ανοργανοποίησης της οργανικής ουσίας, δεν ασκούν πλέον καμία επίδραση στην καλλιέργεια. Συνεπώς, η σχεδίαση ενός κατάλληλου σχήματος θρέψης των φυτών είναι πολύ πιο εύκολη στις καλλιέργειες εκτός εδάφους.

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. Αυτή η τελευταία δυνατότητα είναι πολύ χρήσιμη όταν το θερμοκήπιο αξιοποιείται όλον τον χρόνο με περισσότερες από μία καλλιέργειες ανά ημερολογιακό έτος (π.χ. διαδοχικές καλλιέργειες μαρουλιού, χρυσανθέμων, κ.λπ.).

Οι καλύτερες φυσικοχημικές ιδιότητες των υποστρωμάτων σε σύγκριση με το έδαφος, η αριστοποίηση της θρέψης και η διατήρηση υψηλότερων θερμοκρασιών στο ριζόστρωμα κατά την διάρκεια της ψυχρής εποχής του έτους έχουν σαν τελικό αποτέλεσμα την αύξηση των αποδόσεων στις υδροπονικές καλλιέργειες. Σύμφωνα με μαρτυρίες αρκετών ερευνητών που έχουν ασχοληθεί με το θέμα αυτό (Verwer, 1978, van OS, 1982, Welleman and Smulders, 1988, Vogel and Gohler, 1991, Benoit and Geustermans, 1995), οι αποδόσεις των υδροπονικών καλλιεργειών είναι υψηλότερες, συγκρινόμενες με αυτές που λαμβάνονται από καλλιέργειες που αναπτύσσονται σε γόνιμα, καλής ποιότητας εδάφη. Σύμφωνα με τον Viewer (1978) η αύξηση της παραγωγής στις υδροπονικές καλλιέργειες κυμαίνεται μεταξύ 10- 15%, ενώ οι Vogel and Gohler (1991) την εκτιμούν μεταξύ 20-30%. Είναι βέβαια προφανές ότι, όταν το

έδαφος του θερμοκηπίου παρουσιάζει προβλήματα, όπως αυτά που έχουν ήδη αναφερθεί προηγουμένως (εδαφογενείς ασθένειες, κόπωση λόγω μονοκαλλιέργειας, χαμηλή γονιμότητα, αλατότητα), τότε η αύξηση της παραγωγής που επιτυγχάνεται στην είναι πολύ υψηλότερη και όχι σπάνια μπορεί να οδηγήσει μέχρι και στον διπλασιασμό των αποδόσεων.

Στις υδροπονικές καλλιέργειες, η αριστοποίηση της θρέψης αλλά και η αποφυγή μίας σειράς προβλημάτων τα οποία έχουν ήδη εκτεθεί πιο πάνω δίνουν την δυνατότητα παραγωγής λαχανικών και καλλωπιστικών φυτών καλύτερης ποιότητας (Benoit and Ceustermans, 1995). Τα κυριότερα ποιοτικά χαρακτηριστικά, στα οποία βρέθηκαν να υπερτερούν τα προερχόμενα από υδροπονικές καλλιέργειες προϊόντα, είναι η περιεκτικότητα σε βιταμίνη C η οποία αυξάνεται (Sonnenveld and Welles, 1984), η περιεκτικότητα σε νιτρικά η οποία μειώνεται (Wendt, 1982, Andersen and Nielsen, 1992) και ο χρόνος διατήρησής τους, ο οποίος αυξάνεται (Sonnenveld and Welles, 1984). Εκτός όμως από τις παραπάνω παραμέτρους ποιότητας, στις υδροπονικές καλλιέργειες είναι εύκολο να επηρεασθούν και ορισμένα άλλα ποιοτικά χαρακτηριστικά των παραγόμενων προϊόντων μέσω κατάλληλης θρέψης των φυτών. Τέτοια χαρακτηριστικά είναι το μέγεθος των καρπών (Ehret and Ho, 1986, Nichols et al., 1994, Savvas and Lenz, 1994), η διάμετρος των ανθέων (Zeroni and Gale, 1989), η περιεκτικότητα των καρπών σε ξηρή ουσία, οξέα, σάκχαρα και διαλυτά στερεά (Ehret and Ho, 1986, Sonnenveld and Welles, 1988, Savvas, 1992, Nichols et al., 1994), κ.λπ. Τέλος, θα πρέπει ακόμη να επισημανθεί ότι από συγκρίσεις που έχουν γίνει στα ποιοτικά χαρακτηριστικά προϊόντων προερχομένων είτε από υδροπονία είτε από καλλιέργεια στο έδαφος σε καμία περίπτωση δεν διαπιστώθηκε υστέρηση των προϊόντων που παράγονται σε εκτός εδάφους καλλιέργειες (Vogel and Gohler, 1991, Schnitzler and Gruda, 2002).

Ένα άλλο πλεονέκτημα της υδροπονίας είναι οι αυξημένες δυνατότητες μηχανοποίησης και αυτοματοποίησης των καλλιεργητικών εργασιών (Benoit and Ceustermans, 1995).

Τέλος, τελευταίο πλεονέκτημα της υδροπονίας στη σειρά αναφοράς αλλά όχι και σε σπουδαιότητα είναι η δυνατότητα αποτελεσματικότερης προστασίας του περιβάλλοντος, όταν η καλλιέργεια λαμβάνει χώρα σε κλειστό υδροπονικό σύστημα. Όταν το θρεπτικό διάλυμα με το οποίο διατρέφεται η καλλιέργεια ανακυκλώνεται

συνεχώς, όλα τα λιπάσματα που χορηγούνται στην καλλιέργεια ανακυκλώνονται συνεχώς, όλα τα λιπάσματα που χορηγούνται στην καλλιέργεια αξιοποιούνται πλήρως από τα φυτά με συνέπεια να μην διαφεύγουν υπολείμματα αυτών προς το περιβάλλον και το επιβαρύνουν (Savvas, 2002). Το πλεονέκτημα αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε περιοχές στις οποίες το πόσιμο νερό είναι επιφανειακό ή προέρχεται από μικρό βάθος με συνέπεια να ρυπαίνεται εύκολα όταν μέρος των λιπασμάτων ξεπλένεται και απομακρύνεται από το ανώτερο στρώμα του εδάφους. Σε τέτοιες περιπτώσεις δημιουργείται σοβαρό πρόβλημα κυρίως με τα αζωτούχα λιπάσματα τα οποία είτε είναι, είτε μετατρέπονται στο έδαφος σε νιτρικά άλατα. Ένα μέρος των νιτρικών αλάτων, τα οποία είναι στο σύνολό τους διαλυμένα στο εδαφικό διάλυμα, δεν αξιοποιείται από τα φυτά αλλά εκπλύνεται μέσω του νερού των ποτισμάτων και των βροχών και κινείται προς τα βαθύτερα στρώματα του εδάφους. Η έκπλυση των νιτρικών αυξάνει την περιεκτικότητα του πόσιμου νερού σε νιτρικά σε επίπεδα που υπερβαίνουν τα ανώτερα επιτρεπτά όρια με συνέπεια να δημιουργούνται κίνδυνοι για την δημόσια υγεία (Blom-Zandstra, 1989). Στις περιπτώσεις αυτές, η καλλιέργεια σε κλειστά υδροπονικά συστήματα συνιστά το μόνο αποτελεσματικής προστασίας του πόσιμου νερού χωρίς να καθίσταται αναγκαία η εφαρμογή περιορισμών στην καλλιέργεια φυτών που απαιτούν εντατική λίπανση, όπως είναι οι θερμοκηπιακές καλλιέργειες.

2.3.2 Μειονεκτήματα καλλιεργειών εκτός εδάφους

Όπως όλες σχεδόν οι τεχνικές που έχουν αναπτυχθεί και εφαρμοστεί από τον άνθρωπο, η υδροπονία έχει και αυτή ορισμένα μειονεκτήματα. Στα πλαίσια μίας αντικειμενικής αξιολόγησης της υδροπονίας είναι αυτονόητο ότι παράλληλα με τα πλεονεκτήματα είναι αναγκαία και μία εκτενής αναφορά στα μειονεκτήματα των εκτός εδάφους καλλιεργειών. Τα άξια λόγου μειονεκτήματα της υδροπονίας αναλύονται στη συνέχεια.

Το κόστος της αρχικής εγκατάστασης μίας υδροπονικής μονάδας είναι υψηλότερο σε σύγκριση με το αντίστοιχο κόστος για μία καλλιέργεια που λαμβάνει χώρα στο έδαφος. Το κόστος αυτό συνίσταται κυρίως στην δαπάνη αγοράς των πάγιων εγκαταστάσεων παρασκευής και τροφοδοσίας του θρεπτικού διαλύματος καθώς και στα έξοδα προμήθειας του υποστρώματος καλλιέργειας (εφόσον χρησιμοποιείται υπόστρωμα). Το καθαρό κόστος που απαιτείται για την εγκατάσταση μιας υδροπονικής μονάδας είναι βέβαια χαμηλότερο από το άθροισμα των παραπάνω δαπανών, δεδομένου ότι όταν η καλλιέργεια γίνεται εκτός εδάφους εξοικονομούνται τα έξοδα

προετοιμασίας, κατεργασίας και απολύμανσης του εδάφους ενώ από την άλλη ένα σύστημα παρασκευής και διανομής θρεπτικού διαλύματος είναι ούτως ή άλλως απαραίτητο και στις καλλιέργειες εδάφους για την εφαρμογή υδρολίπανσης.

Η εμφάνιση των δυσμενών επιδράσεων ενός λανθασμένου χειρισμού είναι πιο γρήγορη και συχνά πιο έντονη στις υδροπονικές καλλιέργειες. Στην προκείμενη περίπτωση πρόκειται για μία ιδιότητα της υδροπονίας (την ταχύτερη αντίδραση σε ορισμένους καλλιεργητικούς χειρισμούς σε σύγκριση με τις καλλιέργειες στο έδαφος) η οποία αποτελεί και πλεονέκτημα (όταν πρόκειται για επιθυμητούς χειρισμούς που αποσκοπούν σε συγκεκριμένο αποτέλεσμα) αλλά συγχρόνως και μειονέκτημα (όταν πρόκειται για λανθασμένους ή άστοχους χειρισμούς).

Η εφαρμογή υδροπονίας σε μία θερμοκηπιακή μονάδα προϋποθέτει ότι ο επικεφαλής της επιχείρησης διαθέτει ένα ελάχιστο μορφωτικό επίπεδο. Η ισχύς αυτής της προϋπόθεσης είναι σχετική, δεδομένου ότι όταν υπάρχει η κατάλληλη τεχνική υποστήριξη από ειδικευμένο σύμβουλο-γεωπόνο η εφαρμογή υδροπονίας είναι δυνατή ακόμη και από έναν επιμελή αγρότη με στοιχειώδες επίπεδο γραμματικών γνώσεων.

Στα κλειστά υδροπονικά συστήματα υφίσταται κίνδυνος εύκολης εξάπλωσης μιας μόλυνσης μέσω του ανακυκλούμενου θρεπτικού διαλύματος εφόσον προσβληθεί ένα φυτό. Στην πράξη βέβαια ο κίνδυνος αυτός είναι σχετικά μικρός. Σύμφωνα με τον van Os (1982), εκτεταμένες καταστροφές από αυτή την αιτία είναι σπάνιες. Ακόμη και αν μολυνθούν ένα-δύο φυτά η υπόλοιπη καλλιέργεια συνήθως δεν μολύνεται εφόσον αυτά απομακρυνθούν αμέσως από την υδροπονική εγκατάσταση. Η ύπαρξη μικρής ποσότητας μολύσματος (σπόρια, κ.λπ.) μέσα στο θρεπτικό διάλυμα δεν οδηγεί αυτόματα στην προσβολή των υπολοίπων φυτών εφόσον δεν συντρέχουν και ορισμένες άλλες προϋποθέσεις, όπως η ύπαρξη πληγών στις ρίζες, κ.λπ. Άλλωστε η έγκαιρη εφαρμογή υποχλωριώδους νατρίου ή κάποιου κατάλληλου φυτοφαρμάκου μέσω του θρεπτικού διαλύματος (Karras et al., 2005) αμέσως μόλις διαγνωσθεί ασθένεια έστω και σε ένα μόνο φυτό συνήθως μειώνει ακόμη περισσότερο τις πιθανότητες μίας εκτεταμένης προσβολής μέσω του ανακυκλούμενου θρεπτικού διαλύματος. Εντούτοις ο κίνδυνος αυτός δεν θα πρέπει να αγνοείται και γι' αυτό στις περισσότερες περιπτώσεις που λειτουργεί κλειστό υδροπονικό σύστημα το διάλυμα που συλλέγεται από την απορροή απολυμαίνεται πριν ανακυκλωθεί. Οι συνηθέστεροι τρόποι απολύμανσης του θρεπτικού διαλύματος στα κλειστά υδροπονικά συστήματα είναι η παστερίωση με

θέρμανση, η χρησιμοποίηση φίλτρων με υπεριώδη ακτινοβολία (UVR) και η αργή διήθηση μέσω άμμου ή άλλου πορώδους υλικού (Wohanka, 2002).

Ορισμένοι παραγωγοί παραπονούνται ότι στα ανοιχτά υδροπονικά συστήματα η κατανάλωση λιπασμάτων είναι αυξημένη σε σύγκριση με το έδαφος. Είναι γεγονός ότι στην υδροπονία, ο καλλιεργητής θα πρέπει να χορηγεί όλα τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία στα φυτά ενώ αντίθετα, στις καλλιέργειες εδάφους, ορισμένα θρεπτικά στοιχεία όπως το ασβέστιο και τα περισσότερα ιχνοστοιχεία χορηγούνται σπάνια μέσω της υδρολίπανσης, δεδομένου ότι περιέχονται σε επαρκείς ποσότητες στο χώμα. Η χορήγηση μαγνησίου όμως είναι συχνή στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες ακόμη και όταν αυτές αναπτύσσονται στο έδαφος. Όσον αφορά τα ιχνοστοιχεία, οι ποσότητες που χορηγούνται στα φυτά στις υδροπονικές καλλιέργειες είναι πολύ μικρές ενώ το κόστος των λιπασμάτων ιχνοστοιχείων είναι χαμηλό, με εξαίρεση τον χηλικό σίδηρο. Επίσης οι χορηγούμενες στην υδροπονία ποσότητες αζώτου, φωσφόρου και καλίου σε γενικές γραμμές δεν ξεπερνούν τις αντίστοιχες ποσότητες που απαιτούνται για μία καλλιέργεια εδάφους, δεδομένου ότι και στις δύο περιπτώσεις ισχύει η γενική αρχή ότι οι χορηγούμενες ποσότητες θα πρέπει να ισούνται με το ύψος της κατανάλωσης από τα φυτά συν τις απώλειες έκπλυσης, ακινητοποίησης, κ.λπ. Επομένως, στην πραγματικότητα οι μόνες ποσότητες λιπασμάτων που είναι αναγκαίες αποκλειστικά και μόνο στις υδροπονικές καλλιέργειες, ενώ στο έδαφος εξοικονομούνται, είναι αυτές που αφορούν τα λιπάσματα ασβεστίου (κατά κανόνα υδατοδιαλυτό νιτρικό ασβέστιο) καθώς και τα σχετικά υψηλού κόστους χηλικά λιπάσματα σιδήρου. Συνήθως όμως οι ποσότητες λιπασμάτων ασβεστίου που απαιτούνται δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλες γιατί το νερό άρδευσης περιέχει Ca σε σημαντικές συγκεντρώσεις οι οποίες όχι σπάνια προσεγγίζουν τις επιθυμητές συγκεντρώσεις Ca στο θρεπτικό διάλυμα.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, διαπιστώνεται ότι πραγματικό πρόβλημα υπερβολικής κατανάλωσης λιπασμάτων υφίσταται μόνο σε ανοιχτά υδροπονικά συστήματα και μόνο όταν το χορηγούμενο θρεπτικό διάλυμα είναι σημαντικά περισσότερο από τις πραγματικές αρδευτικές ανάγκες της καλλιέργειας. Συνεπώς το μειονέκτημα αυτό της υδροπονίας δεν είναι απόλυτο αλλά σχετικό και μπορεί να αντιμετωπισθεί ικανοποιητικά μέσω προσαρμογής του προγράμματος άρδευσης στις ανάγκες της καλλιέργειας. Σημαντική εξοικονόμηση νερού και επομένως και λιπασμάτων μπορεί επίσης να επιτευχθεί και μέσω χρησιμοποίησης σύγχρονης

τεχνολογίας και υλικών υψηλής ποιότητας για την εγκατάσταση και την λειτουργία του υδροπονικού συστήματος. Σε αυτά συγκαταλέγονται η χρήση υποστρωμάτων με υψηλή διαθεσιμότητα νερού, η κατάλληλη ρύθμιση της συχνότητας άρδευσης καθώς και της αρδευτικής δόσης με αυτόματη προσαρμογή στις μεταβαλλόμενες ανάγκες της καλλιέργειας, η κατασκευή εγκαταστάσεων χωρίς ατέλειες και κακοτεχνίες όσον αφορά την κλίση του εδάφους, τον υπολογισμό των παροχών, κ.λπ.

2.4 Ιδιότητες των υποστρωμάτων

2.4.1 Πετροβάμβακας

Ο πετροβάμβακας είναι ένα ανόργανο ινώδες υλικό. Παράγεται με θερμική επεξεργασία στους 1.600 °C ενός μείγματος που αποτελείται κατά 60% από διαβάση, 20% από ασβεστόλιθο και 20% από άνθρακα. Ο πετροβάμβακας έχει ολικό πορώδες 95%- 97%, ειδικό βάρος 0,04- 0,10 g cm⁻³ (Bougoul et al., 2005) και μπορεί να λάβει οποιοδήποτε σχήμα ανάλογα με τον σκοπό χρήσης του. Χημικά, ο πετροβάμβακας συνίσταται από οξείδια διαφόρων ανόργανων στοιχείων και κυρίως του πυριτίου, του ασβεστίου, του σιδήρου, του μαγνησίου και του αργιλίου. Για παραγωγή σποροφύτων στα φυτώρια χρησιμοποιούνται είτε κύβοι είτε νιφάδες πετροβάμβακα. Η χρήση κύβων πετροβάμβακα είναι πολύ συνηθισμένη στα φυτώρια για προβλάστηση και παραγωγή σποροφύτων που προορίζονται για καλλιέργειες εκτός εδάφους. Αντίθετα, η χρήση νιφάδων, δηλαδή μιας μορφής κοκκώδους πετροβάμβακα ο οποίος μπορεί να λάβει τη θέση του περλίτη σε διάφορα μείγματα, δεν είναι συνηθισμένη στην καλλιεργητική πράξη. Για καλλιέργεια παραγωγικών λαχανοκομικών στο θερμοκήπιο μετά τη φύτευση, συνήθως χρησιμοποιούνται ορθογώνιες πλάκες διαστάσεων 7,5*15*100 cm ή 7,5*20*100 cm.

Οι πόροι του πετροβάμβακα διαφέρουν σημαντικά από αυτούς του εδάφους ή άλλων υποστρωμάτων, όπως η τύρφη, ο περλίτης κ.λπ. Η δομή του πετροβάμβακα προκύπτει ως αποτέλεσμα της συγκόλλησης λεπτών άκαμπτων ινών (βελόνων) μεταξύ τους σε ελεγχόμενες διευθύνσεις, οπότε σχηματίζεται μια αραιή τρισδιάστατη πλέξη. Ο πετροβάμβακας καθίσταται υδρόφιλος μέσω προσθήκης ενός ειδικού προσκολλητικού (tenside) στην ψυχόμενη λάβα κατά τη διαδικασία της παραγωγής του υποστρώματος (Sonneveld, 1989). Χάρη στον τρόπο παρασκευής του (τήξη της πρώτης ύλης στους 1.600 °C), ο πετροβάμβακας είναι πλήρως αποστειρωμένος και επομένως πλήρως απαλλαγμένος από οποιοδήποτε είδους ζιζάνια, μικρόβια και ζωικούς εχθρούς.

Ο πετροβάμβακας, όπως προκύπτει από τη Χαρακτηριστική Καμπύλη Υγρασίας του, έχει υψηλή περιεκτικότητα σε εύκολα διαθέσιμο νερό (από 34% έως 66%). Από τη Χ.Κ.Υ του πετροβάμβακα προκύπτει επίσης ότι το νερό που περιέχει είναι σχεδόν στο σύνολό του διαθέσιμο για τα φυτά. Το μη διαθέσιμο για τα φυτά νερό στον πετροβάμβακα κατά κανόνα δεν υπερβαίνει το 2%- 3%.

Ένα βασικό μειονέκτημα του πετροβάμβακα για την Ελλάδα είναι το σχετικά υψηλό κόστος της αγοράς του, το οποίο οφείλεται στα σχετικά υψηλά έξοδα για τη μεταφορά του λόγω του σχετικά μεγάλου όγκου του (Σάββας, 2012). Ένα άλλο μειονέκτημα του πετροβάμβακα είναι η επιβάρυνση την οποία προκαλεί στο περιβάλλον η συσσώρευση χρησιμοποιημένων πλακών και κύβων που έχουν ολοκληρώσει τον κύκλο ζωής τους ως υπόστρωμα καλλιέργειας (Ravin et al., 2002).

2.4.2 Διογκωμένος περλίτης

Ο ορυκτός περλίτης είναι ηφαιστειακό, υαλώδες αργιλοπυριτικό πέτρωμα λευκού χρώματος, το οποίο περιέχει κρυσταλλικό νερό σε ποσότητα 2%- 6% (Gruda et al., 2013). Ο διογκωμένος περλίτης που χρησιμοποιείται στη λαχανοκομία ως υπόστρωμα παρασκευάζεται μέσω κατεργασίας ορυκτού περλίτη σε θερμοκρασία 1.100- 1.600 °C (Olympios, 1992). Στη θερμοκρασία αυτή ο περλίτης ρευστοποιείται και αναμειγνύεται με αέρα, οπότε προκύπτει μια παχύρρευστη αφρώδης μάζα. Κατά την ψύξη και την επανασταθεροποίηση που ακολουθεί, η μάζα της λάβας διαμερίζεται μέσω ειδικών τεχνικών σε μικρούς κόκκους διαφόρων διαστάσεων. Λόγω της παγίδευσης του αέρα στη μάζα της λάβας, οι κόκκοι που προκύπτουν μέσω αυτής της διαδικασίας διαθέτουν πολυάριθμους πόρους. Έτσι, το υλικό που προκύπτει είναι κοκκώδες, ελαφρύ και διαθέτει εκτεταμένο πορώδες. Στην Ελλάδα υπάρχουν σημαντικά κοιτάσματα περλίτη στα νησιά Μήλο, Αντίπαρο, Νίσυρο, Κω κ.λπ. Σήμερα ο ελληνικός διογκωμένος περλίτης προέρχεται κυρίως από τη Μήλο.

Η στερεά μάζα του περλίτη συνίσταται κατά τα $\frac{3}{4}$ περίπου από διοξείδιο του πυριτίου (SiO_2), ενώ το υπόλοιπο $\frac{1}{4}$ είναι οξείδιο του αργιλίου (Al_2O_3) σε ποσοστό 14%, καθώς επίσης οξείδια του νατρίου, του καλίου, του σιδήρου κ.λπ. σε μικρότερη ποσότητα. Ο διογκωμένος περλίτης έχει ασήμαντη ανταλλακτική ικανότητα της τάξεως των 15- 25 meq kg⁻¹ (Morrison et al., 1960· Gizas et al., 2001), επομένως πρακτικά θεωρείται χημικά αδρανής. Ανάλογα με την κοκκομετρική σύστασή του, το φαινόμενο

ειδικό βάρος του περλίτη κυμαίνεται μεταξύ 60 και 150 g L⁻¹, το ολικό πορώδες του μεταξύ 85% και 95%, ενώ η ικανότητα συγκράτησης νερού (περιεκτικότητα σε υγρασία σε μύζηση 1 kPa) από 35% έως 75% περίπου (Marfa et al., 1993). Ένα σημαντικό μέρος του πορώδους του περλίτη, που μπορεί να υπερβαίνει το 20%, συνίσταται από κλειστούς πόρους που δεν συμβάλλουν στη συγκράτηση νερού. Συνεπώς, το ενεργό πορώδες του περλίτη κυμαίνεται μεταξύ 65% και 75%.

Ο περλίτης, ως κοκκώδες αδρανές συστατικό, χρησιμοποιείται σε μεγάλη έκταση στα φυτώρια κηπευτικών για δημιουργία μειγμάτων σποράς. Στις καλλιέργειες εκτός εδάφους συνήθως χρησιμοποιείται περλίτης συσκευασμένος σε σάκους καλλιέργειας διαφόρων μεγεθών (συνήθως 33 και 45 L), οι οποίοι είναι κατασκευασμένοι από ειδικό πλαστικό διπλής όψεως με μαύρο χρώμα εσωτερικά και λευκό γαλακτώδες εξωτερικά (Szmidi et al., 1988). Το μέγεθος των κόκκων περλίτη που συνίσταται για υδροπονία είναι 0,5- 2,5 mm (Σάββας, 2012).

2.4.3 Κόκος ή κοκόχωμα

Μετά την τύρφη, ο κόκος (coir) ή κοκόχωμα (cocosoil) είναι το δεύτερο σε σημασία οργανικό υλικό βιολογικής προέλευσης που χρησιμοποιείται ως υπόστρωμα καλλιέργειας φυτών. Ο κόκος προέρχεται από τον ψιλοτεμαχισμό (άλεσμα) και τη μερική αποσύνθεση (κομποστοποίηση) του ινώδους περιβλήματος (μεσοκάρπιο) της ινδικής καρύδας, η οποία αποτελεί τον καρπό του κοκοφοίνικα (*Cocos nucifera* L.). Ο κοκοφοίνικας καλλιεργείται σε αρκετή έκταση σε τροπικές χώρες. Συνεπώς, ο κόκος που χρησιμοποιείται ως υπόστρωμα καλλιέργειας φυτών προέρχεται από τροπικές χώρες και ιδιαίτερα από τη Σρι Λάνκα. Το 1/3 περίπου του ινώδους μεσοκαρπίου της ινδικής καρύδας αποτελείται από ίνες (coco fibre), οι οποίες διαχωρίζονται από την υπόλοιπη μάζα του και χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία ως πρώτες ύλες για κατασκευή σχοινιών (Prasad, 1997). Το ινώδες κλάσμα του περικαρπίου της ινδικής καρύδας είναι υδρόφοβο και επομένως ακατάλληλο για χρήση ως υπόστρωμα καλλιέργειας φυτών (Raviv et al., 2002). Η υπόλοιπη μάζα του μεσοκαρπίου, η οποία έχει κοκκώδη υφή (coir dust), είναι υδρόφιλη και έχει σχετικά σταθερή δομή, χρησιμοποιείται ως υποκατάστατο της τύρφης για καλλιέργεια φυτών, αφού πρώτα υποστεί κομποστοποίηση.

Μερικές φορές, λόγω έλλειψης νερού καλής ποιότητας, χρησιμοποιείται θαλασσινό νερό κατά τη διαδικασία επεξεργασίας του φλοιού της ινδικής καρύδας, με στόχο τον διαχωρισμό του ινώδους από το κοκκώδες τμήμα της (Noguera et al., 2000). Αυτό όμως έχει ως συνέπεια την ύπαρξη υψηλών συγκεντρώσεων NaCl στον κομποστοποιημένο κόκο, με συνέπεια να δημιουργούνται σοβαροί κίνδυνοι πρόκλησης προβλημάτων αλατότητας στα φυτά που θα καλλιεργηθούν πάνω του. Γι' αυτό, δεν είναι καλής ποιότητας όλοι οι τύποι κόκου που κυκλοφορούν στην αγορά. Το πρόβλημα αυτό μπορεί να αντιμετωπιστεί σε μεγάλο βαθμό με έκλυση του κόκου πριν χρησιμοποιηθεί ως υπόστρωμα (Gruda et al., 2013). Μετά την ολοκλήρωση της κομποστοποίησης, ο κόκος συμπιέζεται στο 1/4 έως 1/8 του αρχικού όγκου του και ξηραίνεται, ώστε να μειωθεί ο όγκος του και να περιοριστεί αντίστοιχα το κόστος μεταφοράς του. Όταν διαβραχεί, ο συμπιεσμένος κόκος διογκώνεται και αποκτά τον αρχικό του όγκο. Ο συμπιεσμένος κόκος λαμβάνει τη μορφή τούβλων ή πλακών. Συνήθως οι πλάκες συσκευάζονται σε σάκους κατάλληλων διαστάσεων, ώστε να υπάρχει επαρκής χώρος για το διογκωμένο υπόστρωμα μετά τη διαβροχή του.

Ο κόκος είναι ένα ελαφρύ πορώδες υλικό, όπως υποδηλώνει το πολύ χαμηλό φαινόμενο ειδικό βάρος του, το οποίο κυμαίνεται μεταξύ 40 και 80 g L⁻¹ (Evans et al., 1996). Το ολικό πορώδες του κόκου που χρησιμοποιείται ως υπόστρωμα στη λαχανοκομία κυμαίνεται μεταξύ 86%- 94% (Raviv et al., 2002), η υδατοχωρητικότητα φυτοδοχείου γύρω στο 64%, η αεροπερατότητά του γύρω στο 27% και το εύκολα διαθέσιμο νερό (ΕΔΝ) γύρω στο 26% (Gizas et al., 2012). Επειδή ο κόκος είναι φυσικό υλικό, οι φυσικές του ιδιότητες δεν είναι σταθερές αλλά μεταβάλλονται σημαντικά, ανάλογα με τον τόπο προέλευσής του και τον τρόπο κατεργασίας του. Για παράδειγμα, ο Prasad (1997) σε κόκο άλλης προέλευσης βρήκε ότι το ΕΔΝ ανερχόταν σε 35%. Μια επιθυμητή φυσική ιδιότητα του κόκου είναι ότι έχει σχετικά υψηλή ακόρεστη υδραυλική αγωγιμότητα (Gizas et al., 2012), με συνέπεια να διατηρεί τη διαθεσιμότητα νερού σε ικανοποιητικά επίπεδα στα μεσοδιαστήματα μεταξύ των ποτισμάτων. Σημειώνεται επίσης ότι τα τεμάχια του κόκου χαρακτηρίζονται από υψηλή ελαστικότητα, με συνέπεια να προβάλλουν αντίσταση στη συμπίεση και τη συρρίκνωση του όγκου του υποστρώματος κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας φυτών σε αυτό (Wever & Van Leeuwen, 1995).

Επειδή το κομποστοποιημένο άλεσμα του κόκκου περιέχει σε μεγάλο ποσοστό ινώδεις ουσίες αποτελούμενες από λιγνίνη, κυτταρίνες και ημικυτταρίνες, διαθέτει σχετικά υψηλή ανταλλακτική ικανότητα. Σύμφωνα με τους Noguera και συν. (2000) και Evans και συν. (1996), η ΙΑΚ του κόκκου κυμαίνεται μεταξύ 320 και 950 mmol kg⁻¹. Τα κατιόντα που είναι προσροφημένα στα σταθερά αρνητικά φορτία του κόκκου είναι κυρίως το K⁺ και το Na⁺ (Verhagen, 1999). Αντίθετα, η προσρόφηση Ca²⁺ και Mg²⁺ στον κόκο είναι συγκριτικά περιορισμένη, με συνέπεια να παρατηρούνται συχνά ανισορροπίες θρέψης στα φυτά που αναπτύσσονται πάνω του λόγω ανεπαρκούς τροφοδότησής τους με αυτά τα δύο μακροστοιχεία (De Kreij & Van Leeuwen, 2001). Για τον λόγο αυτό, ο κόκος συχνά υφίσταται ειδική κατεργασία μερικής αντικατάστασης του K⁺ και του Na⁺ με Ca⁺ και Mg²⁺ πριν τη διάθεσή του στο εμπόριο.

Από τα παραπάνω δεδομένα προκύπτει ότι ο κόκος είναι ένα υπόστρωμα καλλιέργειας με πολύ καλές φυσικές ιδιότητες και με ικανοποιητική χημική συμπεριφορά. Επιπλέον, ο κόκος προέρχεται από ανανεώσιμες φυσικές πρώτες ύλες, ενώ μετά τη χρήση του στα θερμοκήπια απορρίπτεται χωρίς περιβαλλοντικούς περιορισμούς και βλαπτικά υπολείμματα (Σάββας, 2012). Τα απορρίμματα του χρησιμοποιημένου κόκκου από τα θερμοκήπια δεν επιβαρύνουν το περιβάλλον και μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο για βελτίωση υπαίθριων αγρών όσο και για αποκατάσταση υποβαθμισμένων τοπίων (παλιά λατομεία κ.λπ.). Συνεπώς, ο καλής ποιότητας κόκος που δεν έχει υποστεί κατεργασία με αλατούχο νερό μπορεί να θεωρηθεί ένα πολύ καλό υπόστρωμα για υδροπονικές καλλιέργειες κηπευτικών.

2.5 Ταξινόμηση με βάση τον τρόπο διαχείρισης των απορροών

Με κριτήριο τον τρόπο διαχείρισης των απορροών τα υδροπονικά συστήματα διακρίνονται σε κλειστά και ανοιχτά. Η διάκριση αυτή βασίζεται στην μεταχείριση που υφίσταται το θρεπτικό διάλυμα που απορρέει από τον χώρο του ριζοστρώματος των φυτών, το οποίο μπορεί ή να αφήνεται να διαφύγει στο περιβάλλον (ανοιχτά συστήματα) ή να συλλέγεται και να επαναχρησιμοποιείται (κλειστά συστήματα).

2.5.1 Ανοιχτά συστήματα καλλιέργειας εκτός εδάφους

Όλα τα ανοιχτά συστήματα καλλιέργειας εκτός εδάφους είναι συστήματα καλλιέργειας σε υποστρώματα. Τα υποστρώματα έχουν την μοναδική ικανότητα να συγκρατούν νερό

και αέρα στο πορώδες τους σε κατάλληλη αναλογία για την ανάπτυξη των φυτών. Επομένως, η παροχή θρεπτικού διαλύματος στα φυτά δεν χρειάζεται να είναι συνεχής αλλά μπορεί να πραγματοποιείται μέσω τακτικών ποτισμάτων μικρής διάρκειας. Στον ενδιάμεσο χρόνο μεταξύ δύο ποτισμάτων τα φυτά τροφοδοτούνται από τα αποθέματα θρεπτικού διαλύματος που έχουν συγκρατηθεί στο υπόστρωμα. Κατά κανόνα η ποσότητα θρεπτικού διαλύματος που παρέχεται στις καλλιέργειες σε υποστρώματα είναι μεγαλύτερη από αυτή που μπορεί να συγκρατηθεί στο πορώδες τους μέσω δυνάμεων συνάφειας. Η παροχή μεγαλύτερης ποσότητας διαλύματος από αυτή που μπορεί να συγκρατηθεί στο πορώδες του υποστρώματος εξυπηρετεί δύο σκοπούς. Ο πρώτος σκοπός είναι η έκπλυση των αλάτων (NaCl) αλλά και κάποιων θρεπτικών ιόντων που δεν απορροφώνται εύκολα από τα φυτά και τείνουν να συσσωρεύονται με το χρόνο στο περιβάλλον των ριζών (Raviv et al., 1998, van Os, 1999). Ο δεύτερος σκοπός είναι η διασφάλιση επάρκειας θρεπτικού διαλύματος ακόμη και σε εκείνα τα φυτά που λαμβάνουν μικρότερη ποσότητα από αυτή που αντιστοιχεί στην θεωρητική παροχή (Lieth and Oki, 2008). Λόγω της ανομοιόμορφης παροχής, η χορηγούμενη ποσότητα θρεπτικού διαλύματος πρέπει να υπερβαίνει κατά 20% τουλάχιστον τις ανάγκες της καλλιέργειας, ώστε να καλύπτονται οι αρδευτικές ανάγκες και των φυτών που τροφοδοτούνται μέσω των σταλακτών με την χαμηλότερη παροχή (Sonneveld, 1995). Προφανώς βέβαια, αυτό οδηγεί σε απορροή αντίστοιχων κλασμάτων θρεπτικού διαλύματος. Η περίσσεια θρεπτικού διαλύματος που δεν συγκρατείται από το υπόστρωμα απορρέει και απομακρύνεται από τον χώρο των ριζών λόγω της επίδρασης της βαρύτητας. Εφόσον το θρεπτικό διάλυμα που απορρέει και απομακρύνεται από τον χώρο των ριζών δεν συλλέγεται και δεν επιστρέφει πίσω στην κεφαλή υδρολίπανσης για να χορηγηθεί ξανά στα φυτά, το σύστημα καλλιέργειας θεωρείται ανοιχτό.

2.5.2 Κλειστά συστήματα καλλιέργειας εκτός εδάφους

Στις υδροπονικές καλλιέργειες ο όρος «ανακύκλωση θρεπτικού διαλύματος» υποδηλώνει την επαναχρησιμοποίηση του διαλύματος που απορρέει ως πλεονάζον από τον χώρο των ριζών μετά την χορήγησή του στα φυτά. Για να είναι δυνατή η ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος που απορρέει από τον χώρο των ριζών, θα πρέπει να υπάρχει δίκτυο συλλογής αυτού αποτελούμενο από ανοιχτούς και κλειστούς αγωγούς. Μέσω αυτού του δικτύου, το συλλεγόμενο διάλυμα επιστρέφει ξανά στην κεφαλή του συστήματος παροχής θρεπτικού διαλύματος ώστε να ξαναχρησιμοποιηθεί.

Επειδή η ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος προϋποθέτει την ύπαρξη ενός δικτύου αγωγών που κλείνουν σε έναν κύκλο, τα υδροπονικά συστήματα στα οποία εφαρμόζεται ανακύκλωση συχνά αποκαλούνται «κλειστά υδροπονικά συστήματα». Όταν το θρεπτικό διάλυμα ανακυκλώνεται, αποτρέπεται η διαφυγή λιπασμάτων στο περιβάλλον, οπότε αποφεύγεται η μόλυνση των επιφανειακών και υπόγειων νερώ με νιτρικά και φωσφορικά ιόντα. Παράλληλα, το κόστος λίπανσης της καλλιέργειας ελαττώνεται σημαντικά. Τα παραπάνω οφέλη προκύπτουν χωρίς η ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος να έχει δυσμενή επίπτωση στις αποδόσεις, όταν πριν την επαναχρησιμοποίησή του συμπληρώνεται με τις κατάλληλες ποσότητες θρεπτικών στοιχείων (Raviv et al., 1998, Savvas and Gizas, 2002).

2.6 Σύστημα υδροπονίας άμπωτης και πλημμύρας

Άρδευση με κατάκλιση από κάτω και αποστράγγιση εφαρμόζεται κυρίως στις καλλιέργειες παραγωγής γλαστρικών καλλωπιστικών φυτών (Treder et al., 1999). Τα τελευταία χρόνια όμως, υπάρχει ένα συνεχώς αυξανόμενο ενδιαφέρον για την εφαρμογή της και σε παραγωγικές καλλιέργειες λαχανικών και δρεπτών ανθέων σε υποστρώματα (Una et al., 2001, Incrocci et al., 2006). Για να εφαρμοστεί άρδευση με κατάκλιση από κάτω σε καλλιέργειες σε υποστρώματα, οι υποδοχείς τους (σάκοι, γλάστρες ή άλλου είδους φυτοδοχεία) πρέπει να είναι τοποθετημένοι σε επιμήκη κανάλια (υδρορροές) ή τραπέζια με περιμετρικά υπερυψωμένο πλαίσιο (λεκάνες καλλιέργειας). Το θρεπτικό διάλυμα διοχετεύεται στα κανάλια ή τις λεκάνες καλλιέργειας και μέσω των οπών ή σχισμών αποστράγγισης εισέρχεται μέσα στους υποδοχείς των υποστρωμάτων. Καθώς το θρεπτικό διάλυμα εισέρχεται από τον πυθμένα του υποδοχέα και κινείται προς τα πάνω, κατακλύζει όλους τους πόρους μέχρι το ύψος στο οποίο φτάνει η εξωτερική στάθμη του. Ένα μέρος του θρεπτικού διαλύματος όμως ανυψώνεται πιο πάνω από την εξωτερική στάθμη μέσω του τριχοειδούς δικτύου που σχηματίζουν οι πόροι του υποστρώματος. Όταν το δίκτυο των τριχοειδών πόρων είναι ικανοποιητικό, η τριχοειδής ανύψωση του θρεπτικού διαλύματος μπορεί να φτάσει μέχρι και την ανώτερη επιφάνεια του υποστρώματος με συνέπεια να διαβρέχεται όλος ο όγκος του (Hanan, 1998).

Η συνεχής κατάκλιση των καναλιών ή λεκανών καλλιέργειας δεν ενδείκνυται γιατί θα εξέθετε το κατώτερο μέρος του ριζικού συστήματος του φυτού σε συνθήκες υδατοκορεσμού με συνέπεια να μην αερίζεται επαρκώς. Γι' αυτό, η τροφοδότηση των

φυτών με νερό μέσω αυτού του συστήματος βασίζεται στην εφαρμογή διαδοχικών κύκλων κατάκλισης και αποστράγγισης των καναλιών ή των λεκανών καλλιέργειας (ebb and flow system). Ο χρόνος της κατάκλισης είναι σχετικά μικρός, ενώ η αποστράγγιση διαρκεί για πολύ μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, όπως συμβαίνει και με την άρδευση από πάνω με σταγόνα.

Γενικά τα συστήματα άρδευσης με κατάκλιση από κάτω και αποστράγγιση είναι απλά, με σχετικά χαμηλό κόστος, συμβάλλουν στην εξοικονόμηση νερού και παρέχουν πολύ μεγάλη ομοιομορφία στην τροφοδότηση του υποστρώματος με θρεπτικό διάλυμα (Molitor, 1990, Uva et al., 1998). Το πλέον συνηθισμένο σύστημα άρδευσης καλλιεργειών σε υποστρώματα μέσω κατάκλισης και διαβροχής απαρτίζεται από υδρορροές ή άλλου είδους λεκάνες καλλιέργειας τοποθετημένες με κλίση κατά μήκος, μέσα στις οποίες υπάρχουν γλάστρες με φυτά (Incrocchi et al., 2006, Montesano et al., 2010). Το θρεπτικό διάλυμα παρέχεται περιοδικά στην κορυφή των υδρορροών, ρέει κατά μήκος τους, αποστραγγίζει στο κατώτερο άκρο τους, συλλέγεται και ανακυκλώνεται. Καθώς το θρεπτικό διάλυμα κυλάει κατά μήκος της υδρορροής, μέρος αυτού εισέρχεται μέσα στις γλάστρες από τις τρύπες αποστράγγισης που υπάρχουν στον πυθμένα τους και μέσω τριχοειδούς ανύψωσης διαβρέχει όλον τον όγκο του υποστρώματος. Το θρεπτικό διάλυμα που εισέρχεται μέσα στις γλάστρες απορροφάται και συγκρατείται από το πορώδες του υποστρώματος και επομένως δεν επιστρέφει ξανά στο εξωτερικό διάλυμα που ρέει μέσα στην υδρορροή. Συνεπώς, δεν μεταφέρει άλατα ή παθογόνα από το ριζόστρωμα στο διάλυμα που ρέει μέσα στην υδρορροή και επομένως δεν οδηγεί σε συσσώρευση αλάτων στο ανακυκλούμενο θρεπτικό διάλυμα ούτε σε διασπορά παθογόνων (Wohanka, 2000, Reed, 1996, Santamaria et al., 2003). Η συχνότητα κατάκλισης των καναλιών είναι παρόμοια με αυτή που εφαρμόζεται και σε συστήματα άρδευσης με σταγόνα. Η διάρκεια κάθε κύκλου κατάκλισης ορίζεται με κριτήριο τον χρόνο που απαιτείται για την ανύψωση της στάθμης του θρεπτικού διαλύματος στο 60 – 80% του ύψους των γλαστρών που φέρουν το υπόστρωμα και τα φυτά. Συνήθως η διάρκεια της κατάκλισης κυμαίνεται μεταξύ 4 – 8 min, ανάλογα με τον ρυθμό παροχής θρεπτικού διαλύματος στην υδρορροή ή την λεκάνη καλλιέργειας.

Μολονότι τα προαναφερθέντα πλεονεκτήματα της άρδευσης με κατάκλιση από κάτω φαίνονται ελκυστικά, στην πράξη αυτή η μέθοδος ποτίσματος προκαλεί μείωση της παραγωγής σε σύγκριση με τα συστήματα άρδευσης με σταγόνα (Rouphael and

Colla, 2005, Roupheal et al., 2006, Montesano et al., 2010). Αιτία γι' αυτό είναι η συσσώρευση αλάτων που παρατηρείται μέσα στο υπόστρωμα και συνεπώς στο ενεργό ριζόστρωμα (Molitor, 1990, Roupheal and Colla, 2005). Ειδικότερα, η τριχοειδής ανύψωση του νερού μεταφέρει άλατα προς τα πάνω, χωρίς στην συνέχεια να λαμβάνει χώρα αντίστοιχη κίνηση νερού προς τα κάτω, με συνέπεια τα άλατα αυτά να μην ξεπλένονται από το ριζόστρωμα (Reed, 1996, Incrocci et al., 2006). Τα άλατα που συσσωρεύονται (NaCl ή ιόντα θρεπτικών στοιχείων) προέρχονται από το θρεπτικό διάλυμα που συγκρατείται στο πορώδες του υποστρώματος και είναι αυτά που δεν απορροφώνται όταν το φυτό προσλαμβάνει το νερό που τα περιέχει. Συνεπώς, η εφαρμογή άρδευσης από κάτω με κατάκλιση συνιστάται μόνο όταν το διαθέσιμο αρδευτικό έχει πολύ μικρή περιεκτικότητα σε άλατα και ιδιαίτερα σε NaCl και εφαρμόζονται σχετικά χαμηλές συγκεντρώσεις θρεπτικών στοιχείων στο περιεχόμενο θρεπτικό διάλυμα (Roupheal et al., 2006, Montesano et al., 2010).

Όταν εφαρμόζεται κατάκλιση από κάτω και αποστράγγιση, για να διαβρέχεται ομοιόμορφα το υπόστρωμα, οι υποδοχείς του πρέπει να είναι τοποθετημένοι τελείως ως επίπεδα, ενώ για να απομακρύνεται το νερό κατά την φάση της αποστράγγισης θα πρέπει να υπάρχει κάποια λύση (Lieth, 1996, Schroder and Lieth, 2002). Για να ικανοποιούνται και οι δύο αυτές αντικρουόμενες απαιτήσεις, οι υποδοχείς των υποστρωμάτων πρέπει να τοποθετούνται πάνω σε τελείως επίπεδες βάσεις, ενώ οι υδροροές ή οι λεκάνες καλλιέργειας θα πρέπει να είναι τοποθετημένες με κλίση (0,5% - 1%). Για να μπορούν να συνδυαστούν τεχνικά αυτές οι δύο απαιτήσεις, το μήκος των καναλιών ή λεκανών καλλιέργειας πρέπει να είναι σχετικά μικρό ($\leq 20\text{m}$) ενώ τα πλάγια τοιχώματα τους αρκούντως υψηλά.

2.7 Υδροπονικές μέθοδοι πολλαπλασιασμού φυτών

2.7.1 Γενικά

Τα διάφορα μοσχεύματα μετά την αποκοπή τους από το μητρικό φυτό χάνουν την πηγή που τους τροφοδοτεί με νερό. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα στα αρχικά στάδια της ριζοβολίας τους να μην μπορούν να αναπληρώσουν το νερό που χάνουν. Στην περίπτωση όπου το χρονικό διάστημα της ριζοβολίας είναι μεγάλο ή οι συνθήκες του περιβάλλοντος προκαλούν έντονη διαπνοή τα φυλλοφόρα μοσχεύματα χάνουν την σπαργή τους με αποτέλεσμα την οριστική μάρανση. Για το λόγο αυτό είναι αναγκαίο να αυξάνεται η σχετική υγρασία του αέρα, ώστε να περιορίζετε η απώλεια του νερού από

το φύλλο προς τον αέρα, αυτό μπορεί να επιτευχθεί με ψεκασμό των φύλλων με νερό, με μείωση της ακτινοβολίας με σκίαση και με τη χρήση αντιδιαπνευστικών ουσιών (Χατζηλαζάρου Σ. 1998). Έτσι αναπτύχθηκαν συστήματα ριζοβολίας όπως η υδρονέφωση (intermittentmistsystem) και το σύστημα ομίχλης (fogsystem) (Χατζηλαζάρου Σ. 1998).

Υπάρχουν πολλά διαφορετικά συστήματα για τη ριζοβολία μοσχευμάτων. Τα πιο συνηθισμένα όμως είναι:

- 1) τα συστήματα ομίχλης (foggingsystems)
- 2) η διαλείπουσα ομίχλη (intermittentmist) που ελέγχεται από μια σειρά διαφορετικών αισθητήρων και
- 3) το αεροστεγές, υδατοστεγές, υψηλής υγρασίας, σύστημα πολλαπλασιασμού χωρίς ομίχλη (air-tight, water-tight, highhumidity, non-mistpropagators) (LeakeyRRB, 2004).

Όλοι οι παραπάνω τρόποι είναι σχετικά αποτελεσματικοί και εφαρμόζονται μέχρι σήμερα στην πράξη, παρουσιάζουν όμως σημαντικά προβλήματα φυτοπροστασίας. Τα συστήματα ομίχλης διακρίνονται σε fog και σε mist. Η διαφορά μεταξύ τους είναι στο μέγεθος του σταγονιδίου που παράγεται.

2.7.2 Σύστημα υδρονέφωσης (mistpropagation) - Συνεχής και διακοπτόμενη

Η υδρονέφωση σε μορφή misting είναι μια τεχνική με την οποία ελαχιστοποιείται η απώλεια υγρασίας από τα μοσχεύματα κατά τη ριζοβολία, με ελεγχόμενη διαβροχή του φυλλώματος περιοδικά. Η συνεχής λειτουργία της υδρονέφωσης (misting) χρησιμοποιήθηκε με επιτυχία σε ορισμένα φυτά, όμως τα αποτελέσματα είναι γενικά καλύτερα όταν χρησιμοποιείται η διαλείπουσα (διακοπτόμενη- intermittent) υδρονέφωση (Warker J. N. and Duncan G.A.). Η υδρονέφωση είναι ένα σύστημα ριζοβολίας στο οποίο εφαρμόζεται ψεκασμός σταγονιδίων νερού μεγέθους 22-80μ., με αποτέλεσμα να δημιουργείται μια λεπτή στοιβάδα νερού στην επάνω επιφάνεια των φύλλων και να περιορίζεται δραστικά έτσι η διαπνοή (Χατζηλαζάρου Σ. 1998). Σαν μέθοδος είναι διαδεδομένη και χρησιμοποιείται και από τους επαγγελματίες για την ριζοβολία μοσχευμάτων. Όμως έχει κάποια μειονεκτήματα.

Δύο από τα σοβαρότερα προβλήματα είναι ότι τα φύλλα είναι εκτεθειμένα σε μυκητολογικές ασθένειες λόγω της συνεχούς υγρασίας που υπάρχει τα φυτάρια και το δεύτερο ότι υπάρχει περίσσεια νερού στο υπόστρωμα ριζοβολίας, γεγονός που μπορεί να προκαλέσει σήψεις τόσο στο λαιμό του μοσχεύματος όσο και στο τμήμα που βρίσκεται εντός του υποστρώματος (Χατζηλαζάρου Σ. 1998).

Μια μέθοδος που έχει γίνει πρότυπο πλέον για την ριζοβολία μοσχευμάτων ενώ μπορεί να διατηρήσει την ατμοσφαιρική υγρασία σε άριστο επίπεδο για την ριζοβολία είναι η διακοπτόμενη υδρονέφωση. Με την μέθοδο αυτή εξασφαλίζετε στα φύλλα μια λεπτή επικάλυψη νερού με την οποία επιτυγχάνεται η μείωση της θερμοκρασίας τους, η αύξηση της υγρασίας καθώς και η μείωση της διαπνοής και αναπνοής. Με την διακοπτόμενη υδρονέφωση μπορεί να μειωθεί η ποσότητα νερού που εφαρμόζετε στα μοσχεύματα ενώ παράλληλα μειώνεται η υπερβολική συσσώρευση υγρασίας στο υπόστρωμα ριζοβολίας. Τα προβλήματα που αντιμετωπίζονται στην μέθοδο αυτή είναι ότι πρέπει να ελέγχονται καθημερινά ορισμένα από τα μέρη που την αποτελούν. Αυτά είναι τα μπεκ ψεκασμού, οι χρονοδιακόπτες που δίνουν εντολή για την υδρονέφωση και ο ζυγός ισορροπίας. Ο ζυγός είναι μια οθόνη που τοποθετείται στο ύψος των μοσχευμάτων και ουσιαστικά αναπαριστά τα φύλλα (προσομίωση). Αυτή είναι συνδεδεμένη με το διακόπτη και όταν η επιφάνεια της είναι στεγνή συνεπώς και η επιφάνεια των μοσχευμάτων ενεργοποιεί σύστημα ψεκασμού. Όταν το νερό καλύψει την επιφάνεια ζυγίσσεως τότε το σύστημα κλείνει. Στο περιβάλλον του ριζοτηρίου με υδρονέφωση οι συνθήκες θερμοκρασίας θα πρέπει να διατηρούνται στους 18°C στην περιοχή του φύλλου και λίγο υψηλότερα, στους 21°C στην περιοχή της βάσης του μοσχεύματος (Ζαμπέκας Π., 2001).

Ένα σύστημα ομίχλης αποτελείται από σωληνώσεις, ακροφύσια, φίλτρο, ρυθμιστή πίεσης, σωληνοειδή βαλβίδα και χρονοδιακόπτη ή ελεγκτή.

Η απόσταση των ακροφυσίων που χρησιμοποιούνται θα πρέπει να απέχουν τόσο μεταξύ τους έτσι ώστε να μην υπάρχουν ακάλυπτες περιοχές στο ριζωτήριο καθώς και να μην αλληλοκαλύπτονται μεταξύ τους. Εάν προκύψει υπερβολική αλληλοκάλυψη τότε μπορεί να προκύψει και υπερβολική διαβροχή με επακόλουθη την περιττή έκλυση θρεπτικών ουσιών, σπατάλη νερού, και μείωση της θερμοκρασίας του εδάφους

2.7.3 Σύστημα ομίχλης (fogsystem)

Στο σύστημα ομίχλης τα παραγόμενα σταγονίδια είναι μικρότερα σε σχέση με εκείνα στο προηγούμενο σύστημα, της τάξεως των 4-20 μ. και αυτά τα σταγονίδια μπορούν να αιωρηθούν για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα στην ατμόσφαιρα. Στο σύστημα fog (ομίχλης) υπάρχει απευθείας επίδραση στον χώρο της ατμόσφαιρας όπου βρίσκεται το μόσχευμα σε αντίθεση με την υδρονέφωση (mist) (Χατζηλαζάρου Σ. 1998). Το σύστημα fog έχει αρκετά πλεονεκτήματα έναντι του συστήματος mist, λόγω του μικρότερου μεγέθους των σταγονιδίων που χρησιμοποιούνται, παρατηρείτε μικρότερος κορεσμός του εδάφους και περισσότερο διαθέσιμο οξυγόνο στο μέσο. Αυτό μπορεί επίσης να οδηγήσει σε μείωση των προβλημάτων όπως μύκητες, βρύα, γκριζα μούχλα και μαύρα στίγματα μυκήτων (fungusgnats). Η ομίχλη μειώνει επίσης τη χρήση νερού κατά 75% ή περισσότερο. Έρευνες έχουν δείξει ότι τα μοσχεύματα αρκετών φυτών ριζοβολούν σε γρηγορότερα στο σύστημα fog.

Το σύστημα fog παράγει λιγότερη συνολική υγρασία από το απλό σύστημα της υδρονέφωσης (mist) με μικρότερου όγκου σταγονίδια της τάξεως 4-20μ και διευκολύνει ακόμα και την ριζοβολία μοσχευμάτων τα οποία είχαν μικρή επιτυχία όταν δοκιμάστηκαν στην κοινή υδρονέφωση. Το σύστημα fog παράγει σωματίδια νερού πολύ μικρού όγκου τα οποία έχουν την ιδιότητα να παραμένουν στον αέρα για περισσότερη ώρα παράγοντας έτσι περισσότερη ώρα υγρασία (Χατζηλαζάρου Σ. 1998). Συγκριτικά με την απλή υδρονέφωση πλεονεκτεί διότι διατηρεί συνεχώς υγρασία γύρω από τα φύλλα των μοσχευμάτων ενώ ταυτόχρονα επιτρέπει τον αερισμό και κρατά την θερμοκρασία του χώρου χαμηλά. Ένα άλλο πλεονέκτημα είναι ότι τα μοσχεύματα κινδυνεύουν λιγότερο να προσβληθούν από ασθένειες, λόγω υπερβολικής υγρασίας, ενώ ταυτόχρονα το υπόστρωμα που χρησιμοποιείται δεν κινδυνεύει να χάσει τα θρεπτικά του στοιχεία (Χατζηλαζάρου Σ. 1998).

Διάφορες μέθοδοι χρησιμοποιούνται για την παραγωγή σταγονιδίων fog. Ένα τυπικό σύστημα χρησιμοποιεί αντλία υψηλής πίεσης, σωληνώσεις διανομής και ακροφύσια που διασπών το νερό σε πολύ λεπτά σταγονίδια. Οι αντλίες χρειάζονται για να αναπτύξουν την πίεση από 800 έως 1200 psi ώστε τα σταγονίδια να φτάσουν το επιθυμητό μέγεθος 10 έως 20 μ.

2.7.4 Πολλαπλασιασμός χωρίς ομίχλη (non-mistpropagators)

Τα συστήματα ριζοβολίας χωρίς ομίχλη (non-mistpropagators) έχουν το πλεονέκτημα ότι του πολύ χαμηλού κόστους καθώς και της απλής τεχνολογίας που τα καθιστά κατάλληλα για χρήση σε αναπτυσσόμενες χώρες ή σε αγροτικές περιοχές χωρίς ηλεκτροδότηση και δίκτυο άρδευσης. Σε κοινότητες όπως του Καμερούν σύμφωνα με τους MBILE P., etal (2004) ο πολλαπλασιασμός με την μέθοδο χωρίς ομίχλη είναι το πιο αποτελεσματικό εργαλείο για την ριζοβολία μοσχευμάτων καθώς παρέχει το σωστό περιβάλλον για τη διατήρηση των φυλλωδών μοσχευμάτων μέχρι να ριζοβολήσουν και να αναπτυχθούν με χαμηλό κόστος.

2.8 Πολλαπλασιασμός της φράουλας

Σε αυτό το υποκεφάλαιο θα εξετάσουμε τους δύο τρόπους πολλαπλασιασμού της φράουλας τον εγγενή και τον αγενή, τις κατηγορίες του πολλαπλασιαστικού υλικού καθώς και τις μεθόδους πολλαπλασιασμού.

2.8.1 Εγγενής πολλαπλασιασμός

Είναι ο πολλαπλασιασμός με σπόρο. Εφαρμόζεται από τους βελτιωτές και τους γενετιστές προκειμένου να δημιουργήσουν νέες ποικιλίες και υβρίδια. Αυτός ο πολλαπλασιασμός δεν έχει καμία πρακτική αξία για τη δημιουργία μίας φυτείας παραγωγικής κατεύθυνσης.

2.8.2 Αγενής πολλαπλασιασμός

Είναι η κατεξοχήν μέθοδος πολλαπλασιασμού της φράουλας, η οποία εξασφαλίζει το φυτικό υλικό που θα χρησιμοποιηθεί για την εγκατάσταση μιας νέας παραγωγικής φυτείας. Δηλαδή φυτείας η οποία έχει ως κατεύθυνση την παραγωγή καρπών με προορισμό την επιτραπέζια κατανάλωση ή την τροφοδοσία μίας βιομηχανίας. Τα αγενώς παραγόμενα φυτά μπορεί να προέρχονται είτε φυσικά από παραφυάδες, που αναπτύσσονται από τους στόλωνες (παραδοσιακή μέθοδος), είτε από in vitro καλλιέργειες στο εργαστήριο (σύγχρονη βιοτεχνολογική μέθοδος).

Για την παραγωγή του πολλαπλασιαστικού υλικού εγκαθίστανται ειδικές φυτείες, στις οποίες ο έλεγχος των φυτών φράουλας τόσο για την υγιεινή κατάστασή

τους όσο και για τη γονοτυπική τους ταυτότητα είναι συνεχής, ενδεδειγμένη και αξιόπιστος. Από τις φυτείες αυτές εξάγονται έρριζα φρέσκα φυτάρια τους μήνες από Αύγουστο μέχρι τον επόμενο Μάρτιο (ανάλογα την περιοχή και τη ζήτηση) είτε έρριζα μοσχεύματα ψυγείου τους μήνες Δεκέμβριο- Ιανουάριο και σπανιότερα το Φεβρουάριο (περίοδος ληθάργου), τα οποία αφού απαλλαγούν από το φύλλωμα τους και ξεπλυθούν καλά οι ρίζες τους, ώστε να εκδιωχθούν τα χρώματα, διατηρούνται στο ψυγείο σε θερμοκρασία από -10C έως -1,7 oC μέχρι και τον επόμενο Ιούνιο- Ιούλιο (και σπανίως μέχρι το Σεπτέμβριο), οπότε αποψύχονται σταδιακά κάτω από φυσικές συνθήκες περιβάλλοντος και ακολούθως φυτεύονται στο χωράφι.

2.8.3 Κατηγορίες φυτικού πολλαπλασιαστικού υλικού

Ανάλογα με τον τρόπο εξαγωγής τους, τα φυτά που προέρχονται από τους στόλωνες διακρίνονται σε φρέσκα έρριζα και έριζα μοσχεύματα ψυγείου.

2.8.3.1 Φρέσκα έρριζα μοσχεύματα

Το ξερίζωμα των φυτών από στόλωνες αρχίζει τον Αύγουστο και συνεχίζεται, εφόσον οι συνθήκες το επιτρέπουν, μέχρι τον επόμενο Απρίλιο. Για τη διευκόλυνση του ξερίζωματος γίνεται την παραμονή πότισμα του χωραφιού. Καθοριστικό ρόλο στην επιτυχία εγκατάστασης των φυτών στη νέα θέση παίζουν η ποιοτική τους επιλογή και η ταχεία μεταφορά τους από το φυτώριο στον τόπο προορισμού.

Μετά το ξερίζωμα, τα φυτά ξεπλένονται ώστε να απομακρυνθεί το μέγιστο του εδάφους που περιβάλλει τις ρίζες, εκτός ελάχιστων ποσοτήτων που τα προστατεύουν από την αποξήρανσή τους. Ακολουθεί η διαλογή τους ώστε όλα να είναι υγιή και καλά αναπτυγμένα. Στη συνέχεια δεματοποιούνται συνήθως ανά 25 και τοποθετούνται στα κιβώτια μεταφοράς (χάρτινα κιβώτια, υφαντοί σάκοι ή κιβώτια μεταφοράς φρούτων). Υπερβολική υγρασία σε συνδυασμό με έλλειψη αερισμού στα κιβώτια συσκευασίας είναι πιθανό να συντελέσουν στην ανύψωση της θερμοκρασίας στα δέματα των φυτών, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει στο αδυνάτισμα ή την πλήρη καταστροφή των φυτών. Η διανομή και η άφιξη των φυτών στον προορισμό τους πρέπει να είναι είτε άμεση, είτε ταχύτατη. Εάν τα φυτά φτάσουν στον προορισμό τους έγκαιρα αλλά οι τοπικές συνθήκες δεν επιτρέπουν την άμεση φύτευσή τους επιβάλλεται το άδειασμα των κιβωτίων, το άνοιγμα των δεματιών και το παράχωμα των ριζών σε χώμα, βρεγμένη

τύρφη, βρεγμένα βρύα ή άλλο υπόστρωμα και προσωρινή αποθήκευσή τους σε μέρος που προστατεύεται από τον ήλιο και τα ρεύματα του αέρα, ώστε να μην υποστούν αφυδάτωση και μαρασμό. Τα φρέσκα φυτά, ειδικά του φθινοπώρου, χρησιμοποιούνται σε περιοχές της χώρας μας στις οποίες η θερμοκρασία του χειμώνα είναι μεν χαμηλή ίχι όμως των (-10)°C, Μειονέκτημά τους είναι ότι τα φυτά αυτά, επειδή ο χρόνος που μεσολαβεί από τη φύτευσή τους μέχρι το χειμώνα που έρχεται δεν είναι αρκετά μακρύς, δεν μπορούν να αποθησαυρίσουν στους ιστούς τους αρκετές θρεπτικές ουσίες και έτσι η παραγωγή τους σε καρπούς την επόμενη άνοιξη είναι πολύ μικρή. Κανονική παραγωγή καρπών δίνουν τη δεύτερη χρόνια. Συνεπώς τα φρέσκα φυτά ως πολλαπλασιαστικό υλικό προορίζονται για τουλάχιστον διετεείς φυτείες.

Στα φρέσκα έρριζα φυτά μπορούν να συμπεριληφθούν και εκείνα που προέρχονται από τη ριζοβόληση των κορυφών των στολώνων κάτω από συνθήκες υδρονέφωσης σε ψυχρά θερμοκήπια ή άλλα σκέπαστρα. Για το σκοπό αυτό οι άρριζες κορυφές με δύο φύλλα αποκόπτονται κατά τρόπο τέτοιο ώστε να συνοδεύονται από τμήμα του στόλωνα και τοποθετούνται επί εδαφικών ή οργανικών (compost) υποστρωμάτων σε πάγκους ή σε ατομικά φυτοδοχεία και υφίστανται το καθεστώς της υδρονέφωσης. Οι πρώτες καλά ανεπτυγμένες ρίζες παράγονται μέσα στις 15 μέρες, οπότε διακόπτεται η υδρονέφωση και συνεχίζονται τα ποτίσματα με τις εναλλακτικές και περισσότερο παραδοσιακές μεθόδους άρδευσης. Η μεταφύτευση των φυτών στο χωράφι πραγματοποιείται όταν αυτά αποκτήσουν καλή ανάπτυξη και πλούσιο ριζικό σύστημα. Η παραπάνω μέθοδος απόκτησης του πολλαπλασιαστικού υλικού καλείται πολλαπλασιασμός κορυφών.

2.8.3.2 Έρριζα μοσχεύματα ψυγείου

Τα έρριζα μοσχεύματα (νεαρά φυτά), τα οποία θα διατηρηθούν στο ψυγείο, ξεριζώνονται την εποχή που βρίσκονται σε λήθαργο, δηλαδή τους μήνες Δεκέμβριο και Ιανουάριο. Σε ορισμένες περιοχές η εκρίζωση γίνεται από το Νοέμβριο, αλλά αυτή η πρωιμότητα πολλές φορές ενέχει τον αυξημένο κίνδυνο αποσύνθεσης των φυτών κατά τη μακρά περίοδο διατήρησής 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 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 έρριζα 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 εξετάζεται 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 υγρασίας. Οι πλαστικές σακούλες, που η καθεμία 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) και (-1,7). Χαμηλότερες ή υψηλότερες θερμοκρασίες προκαλούν ζημιές στα φυτά. Τα φυτά ψυγείου φυτεύονται στο χωράφι Ιούνιο- Ιούλιο στις βόρειες ψυχρές περιοχές ή Ιούλιο- Αύγουστο στις νοτιότερες περιοχές της χώρας μας, όταν πρόκειται για φυτείες φρουτοπαραγωγής και τον 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 ξήρανσή τους και να ανακτήσουν τη σπαργή τους. Ο χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ της ολοκλήρωσης της απόψυξης και της φύτευσης πρέπει να είναι ελάχιστος.

2.8.3.3 Φυτά από *in vitro* καλλιέργεια

Στην αγορά κυκλοφορούν ως πολλαπλασιαστικό υλικό φυτά τα οποία εισάγονται από χώρες της Ε.Ε. και προέρχονται από *in vitro* καλλιέργειες, δηλαδή τεχνητές καλλιέργειες εργαστηρίου. Τα φυτά αυτά, μολονότι δεν υστερούν σε ζωνρότητα και ποιότητα από εκείνα των ανωτέρω κατηγοριών, καλά είναι να αποφεύγουν να τα αγοράζουν οι φρουτοκαλλιεργητές φράουλας ή τα να τα προμηθεύονται με κάποια

επιφύλαξη. Τα φυτά αυτά έχουν το μεγάλο πλεονέκτημα να είναι απαλλαγμένα τελείως από ασθένειες, ιώσεις και ζωικούς εχθρούς και στις περισσότερες των περιπτώσεων είναι και τυπικά της ποικιλίας. Όμως αναφέρονται στη βιβλιογραφία και περιπτώσεις γενετικής αστάθειας. Παρ' όλα αυτά, σήμερα στην παγκόσμια αγορά το μεγαλύτερο ποσοστό του πολλαπλασιαστικού υλικού φράουλας προέρχεται από *in vitro* καλλιέργειες. Όμως για την αποφυγή του κινδύνου μεταλλάξεων, οι κυβερνήσεις επέβαλαν την καλλιέργεια των φυτών αυτών σε φυτωριακές μονάδες και από εκεί με τον παραδοσιακό τρόπο των στολώνων παράγεται το πολλαπλασιαστικό υλικό δεύτερης ή ανώτερης γενιάς, το οποίο διοχετεύεται στην αγορά με τη μορφή των φυτών ψυγείου.

2.8.4 Επιλογή των κατάλληλων φυτών

Ακόμα και στις πιο σύγχρονες εκμεταλλεύσεις η διάρκεια της φυτείας στο χωράφι είναι στο μεγαλύτερο ποσοστό διετής, πόσο μάλλον στις παραδοσιακές, όπου η διάρκεια αυτή φτάνει τα 4 χρόνια. Αυτή η παράμετρος καθιστά την επιλογή του πολλαπλασιαστικού υλικού μια από τις σπουδαιότερες φροντίδες του καλλιεργητή. Η επιλογή έχει να κάνει με την προτίμηση της καταλληλότερης για την περιοχή, το μικροκλίμα και το καλλιεργητικό σύστημα ποικιλίας και την κατάσταση των φυτών. Στη χώρα μας οι παραδοσιακές φυτείες παραγωγής πολλαπλασιαστικού υλικού παρουσίασαν στη δεκαετία του 1970 εκφυλιστικά φαινόμενα, που οφείλονταν σε προσβολές από ιώσεις και μύκητες (φυτόφθορα κτλ.). Έκτοτε οι εκμεταλλεύσεις αυτές εγκατέλειψαν τον προορισμό τους και οι ανάγκες των Ελλήνων φραουλοκαλλιεργητών σε αγενές πολλαπλασιαστικό υλικό υψηλής ποιότητας και άριστης υγειονομικής κατάστασης καλύφθηκαν από εισαγωγές από την Ευρώπη και ειδικότερα από τη Γαλλία, την Ιταλία και το Βέλγιο.

Στην Ελλάδα εξακολούθησε να λειτουργεί ως φυτώριο φράουλας το Κρατικό Κτήμα Κατερίνης, όπου το εργαζόμενο εκεί επιστημονικό προσωπικό έκανε αξιέπαινες προσπάθειες, χάρη στις οποίες το παραγόμενο πολλαπλασιαστικό υλικό πληρούσε τις προδιαγραφές και τις προϋποθέσεις των υψηλότερων ποιοτικών κριτηρίων. Η λειτουργία του φυτωρίου της Κατερίνης αποτέλεσε το ανάχωμα πάνω στο οποίο σταματούσε η ασύδοτη αισχροκέρδεια του κυκλώματος εμπορίας του εισαγόμενου πολλαπλασιαστικού υλικού.

Μολονότι τα φυτά που θα χρησιμοποιηθούν για την εγκατάσταση της φυτείας μπορεί να προέλθουν α) από σπόρο, β) από το διαχωρισμό των φυτών των μητρικών φυτών και γ) από φυτά που παράγονται από στόλωνες, τα σύγχρονα φυτώρια είναι προσανατολισμένα να παράγουν φυτά χρησιμοποιώντας την τελευταία μέθοδο.

Σήμερα εκτός από το εισαγόμενο πολλαπλασιαστικό υλικό φράουλας που αναφέραμε (έρριζα μοσχεύματα ψυγείου) πλέον είναι διαθέσιμο και εγχώριο πολλαπλασιαστικό υλικό που παράγεται από το μοναδικό φυτώριο φράουλας στην Ελλάδα το οποίο εδρεύει στο Νομό Ηλείας, το οποίο παράγει φρέσκα έρριζα μοσχεύματα ανωτέρας ποιότητας, χρησιμοποιώντας υδροπονική μητρική φυτεία φράουλας για την παραγωγή στολώνων.

2.8.5 Ριζοβολία με τη μέθοδο της υδρονέφωσης

Μία παραδοσιακά χρησιμοποιούμενη μέθοδος για τον αγνή πολλαπλασιασμό των φυτών είναι η υδρονέφωση η οποία επιτυγχάνει την συνεχή διατήρηση της ατμοσφαιρικής υγρασίας σε υψηλό επίπεδο και κατ' επέκταση και την διατήρηση υψηλής υγρασίας στο υπόστρωμα. Η υδρονέφωση χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με κάποιο σύστημα θέρμανσης, προκειμένου να δημιουργηθεί μία μονάδα υδρονέφωσης (ή πάγκος ριζοβολίας), κατάλληλη για τη ριζοβολία κάθε τύπου μοσχευμάτων ή στολώνων.

Μία μονάδα υδρονέφωσης κατασκευάζεται με μεταλλικό σκελετό και υλικό κάλυψης ώστε να διατηρούνται οι ιδανικές συνθήκες εντός του χώρου των μοσχευμάτων. Επιπλέον μία τέτοια μονάδα εξοπλίζεται με ηλεκτρολογικό πίνακα ο οποίος ελέγχει την σχετική υγρασία του αέρα γύρω από τα μοσχεύματα καθώς επίσης και την θερμοκρασία μέσα και πάνω από το υπόστρωμα ριζοβολίας.

Η υδρονέφωση συνήθως είναι ένα τμήμα θερμοκηπίου, όπου μπορούμε να ελέγξουμε τις συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας και στον οποίο έχουμε εγκαταστήσει πάγκους σε ύψος περίπου 1 μέτρο, ενώ οι πάγκοι αυτοί έχουν πλάτος 1 - 1,2 μέτρα. Οι πάγκοι αυτοί μπορεί να είναι από διάφορα υλικά, όπως ξύλο, τσιμέντο, τούβλα κτλ. Οι πλευρές των πάγκων έχουν ένα ύψος περί τα 20-30 εκατοστά και συνήθως μονώνονται με φελιζόλ ενώ το μήκος των πάγκων κυμαίνεται από λίγα μέτρα

έως μερικές δεκάδες, ανάλογα με τη δυνατότητα της μονάδας υδρονέφωσης. Στον πυθμένα των πάγκων ανοίγονται τρύπες αποστράγγισης, από επάνω στρώνεται μία λεπτή στρώση χονδρό χαλίκι προς διευκόλυνση αποστράγγισης, και επάνω στο χαλίκι μία στρώση άμμου, που θα δρα ως θερμομονωτικό υλικό. Επάνω στην άμμο τοποθετείται ένα πλέγμα (πλαστικό) στην κάτω πλευρά του οποίου τοποθετούνται είτε ηλεκτρικές αντιστάσεις θέρμανσης είτε σωλήνες όπου περνάει ζεστό νερό. Το πλέγμα βρίσκεται από επάνω ώστε να αποφύγουμε ζημιές στις αντιστάσεις ή στους σωλήνες καθώς θα τοποθετούμε ή θα αντικαθιστούμε το υπόστρωμα. Η θερμοκρασία τόσο των αντιστάσεων όσο και των σωλήνων ρυθμίζεται με θερμοστάτη. Συνήθως η θερμοκρασία του υποστρώματος κυμαίνεται μεταξύ 18-24°C, ανάλογα με το πολλαπλασιαζόμενο είδος.

Το υπόστρωμα τοποθετείται πάνω από το πλέγμα, αφού συνήθως έχουμε βάλει ένα προστατευτικό υλικό (πχ. δίχτυ σκίασης κτλ) πάνω στο πλέγμα ώστε να αποφύγουμε την εναπόθεση υποστρώματος πάνω στις αντιστάσεις ή στους σωλήνες. Ως υπόστρωμα στην υδρονέφωση μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε περλίτη (παρέχει καλό αερισμό και αποστράγγιση, αλλά το ριζικό σύστημα γίνεται μακρύ, εύθραυστο και με λίγες διακλαδώσεις), τύρφη (ευνοεί το σχηματισμό πλούσιου θυσσανώδους ριζικού συστήματος αλλά και τη σήψη της βάσης των μοσχευμάτων αν δεν ελέγχεται η υγρασία του υποστρώματος), μίγμα τύρφης περλίτη ή πετροβάμβακα. Το υπόστρωμα μπορεί να τοποθετηθεί σε όλη την επιφάνεια του πάγκου ή σε ατομικές θήκες σε πλαστικούς δίσκους φύτευσης. Ο τελευταίος τρόπος αποτελεί πλέον τον ιδανικότερο τρόπο πολλαπλασιασμού, μιας και χρησιμοποιείται λιγότερο υπόστρωμα (οικονομία και μειωμένο βάρος), τα φυτά αναπτύσσονται σε ατομικές θέσεις χωρίς να έρχεται η ρίζα του ενός σε επαφή με τη ρίζα του άλλου, είναι μετακινούμενοι οι δίσκοι αυτοί και τα έρριζα μοσχεύματα μεταφυτεύονται πλέον χωρίς διατάραξη του ριζικού τους συστήματος, με την μπάλα χώματος που το περιβάλλει. Κατά μήκος του κέντρου των πάγκων ή πάνω από αυτούς τοποθετούνται σωλήνες νερού που φέρουν εκτοξευτές νερού, οι οποίοι εκτοξεύουν το νερό ανά τακτά χρονικά διαστήματα ώστε να επιτυγχάνεται διαβροχή των φύλλων και να διατηρούμε την υγρασία στην ατμόσφαιρα.

Ο έλεγχος της συχνότητας διαβροχής γίνεται είτε με ωρολογιακούς μηχανισμούς είτε με ηλεκτρονικό φύλλο, είτε με αισθητήρες βάρους νερού, είτε μέσω προγράμματος ηλεκτρονικού υπολογιστή συνδεδεμένο με αισθητήρες, εντός του χώρου

της υδρονέφωσης (σύγχρονος τρόπος). Οι ωρολογιακοί μηχανισμοί είναι οι πιο συνηθισμένοι, ενώ το ηλεκτρονικό φύλλο, ενώ προσομοιάζει τα φύλλα των μοσχευμάτων, παρουσιάζει προβλήματα ιδιαίτερα όταν το νερό που χρησιμοποιείται έχει υψηλή συγκέντρωση αλάτων. Το ηλεκτρονικό φύλλο είναι μία συσκευή η οποία έχει δύο ηλεκτρόδια σε απόσταση. Όταν σταγόνα νερού βρεθεί ανάμεσα στα ηλεκτρόδια, λόγω του ότι το νερό είναι καλός αγωγός του ηλεκτρισμού, περνάει ρεύμα μεταξύ των ηλεκτροδίων και κλείνει η ηλεκτροβάννα παροχής νερού στους εκτοξευτές, με αποτέλεσμα τη διακοπή ψεκασμού. Όταν όμως η επιφάνεια του ηλεκτρονικού φύλλου στεγνώσει, τότε η ηλεκτροβάννα ανοίγει, πετυχαίνοντας έτσι τη διαβροχή των φύλλων προτού αυτά μαραθούν. Αυτός ο κύκλος ανοίγματος – κλεισίματος ηλεκτροβάννας και διαβροχής των φύλλων συνεχίζεται κυκλικά καθ' όλη τη διάρκεια του 24ώρου. Οι ωρολογιακοί μηχανισμοί παρότι πιο αξιόπιστοι, απαιτούν την προσοχή μας, ώστε να ρυθμίζεται η συχνότητα και η διάρκεια διαβροχής τακτικά, ανάλογα με τις εκάστοτε περιβαλλοντικές συνθήκες.

3 Σκοπός και στόχοι της παρούσας διπλωματικής ερευνητικής εργασίας

Όπως αναφέραμε και πρωτύτερα η μέθοδος της υδρονέφωσης (fog system) αποτελεί την παραδοσιακά χρησιμοποιούμενη μέθοδο για τη ριζοβολία μοσχευμάτων διάφορων ειδών φυτών.

Σήμερα, εφαρμόζονται και ποιο σύγχρονες μέθοδοι ριζοβολίας μοσχευμάτων όπως είναι η υδροπονία επίπλευσης (float system), η υδροπονία άμπωτης και παλίρροιας (ebb & flow) και η αεροπονία (aeroponics).

Το πολλαπλασιαστικό υλικό της φράουλας παράγεται με δύο μεθόδους:

- 1) Παραγωγή στολώνων και ριζοβολία των νεαρών φυταρίων στο έδαφος απ' ευθείας από καλλιεργούμενα μητρικά φυτά σε αυτό.
- 2) Παραγωγή στολώνων από μητρικά φυτά σε υδροπονικές καλλιέργειες και στη συνέχεια ριζοβολία των νεαρών φυταρίων σε γλαστράκια (pots) με το κλασικό σύστημα υδρονέφωσης.

Τα τελευταία χρόνια στην Ευρώπη έχουν αναπτυχθεί καινοτόμες επιχειρηματικές μονάδες παραγωγής πολλαπλασιαστικού υλικού – μοσχευμάτων, με μία νέα τεχνολογία που είναι η υδροπονική μέθοδος της άμπωτης και παλίρροιας (ebb & flow).

Ο σκοπός της παρούσας διπλωματικής ερευνητικής εργασίας είναι η διερεύνηση της δυνατότητας εφαρμογής της νέας αυτής υδροπονικής μεθόδου άμπωτης και παλίρροιας για πρώτη φορά στη ριζοβολία και παραγωγή νεαρών φυταρίων φράουλας, εξασφαλίζοντας καλύτερο αερισμό του ριζικού συστήματος και ταχύτερη ανάπτυξη υγιούς πολλαπλασιαστικού υλικού με μεγαλύτερη ευρωστία.

Ειδικότερα οι στόχοι της εργασίας αυτής επικεντρώνονται στη διερεύνηση της δυνατότητας ριζοβολίας φυταρίων φράουλας αποφεύγοντας την χρήση της κλασικής υδρονέφωσης, ελαχιστοποιώντας έτσι τα σοβαρότερα προβλήματα ανάπτυξης ασθενειών στα νεαρά φυτάρια. Επιπλέον, γίνεται και συγκριτική μελέτη της χρήσης οργανικών υποστρωμάτων όπως ο κοκοφοίνικας και ανόργανων όπως ο

πετροβάμβακας και ο περλίτης. Τέλος, διερευνάτε και η χρήση διαφορετικών ορμονών ριζοβολίας.

4 Υλικά και μέθοδοι

4.1 Πειραματικός Σχεδιασμός

Τα πειράματα πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Φυσιολογίας και Θρέψης Φυτών του Τμήματος Γεωπονίας, της σχολής Γεωπονικών Επιστημών, του Πανεπιστημίου Πατρών στην Αμαλιάδα.

Ο σκοπός της πειραματικής αυτής διπλωματικής εργασίας ήταν η παραγωγή υγιούς πολλαπλασιαστικού υλικού φυτών Φράουλας (*Fragaria x ananassa* Duch.), για πρώτη φορά με την υδροπονική μέθοδο άμπωτης και πλημμύρας και ταυτόχρονη συγκριτική δοκιμή τριών διαφορετικών υποστρωμάτων ριζοβολίας.

Σε προκαταρκτικό πείραμα που πραγματοποιήθηκε, διαπιστώθηκε ότι η παρουσία αντιδιαπνευστικού σκεύασματος ήταν απαραίτητη για να εμποδίσει συμπτώματα μάρανσης των φύλλων των φυταρίων. Επειδή δεν χρησιμοποιήθηκε το σύστημα της υδρονέφωσης και η ριζοβολία στο σύστημα άμπωτης και παλίρροιας πραγματοποιήθηκε σε συνθήκες περιβάλλοντος με την σχετική υγρασία να κυμαίνεται από 75 % έως 91% περίπου.

Δοκιμάσαμε δύο μορφές ορμόνης ριζοβολίας, σε σκόνη και σε υγρή μορφή, σε συνδυασμό με εμβάπτιση των μοσχευμάτων (στόλωνες) σε αντιδιαπνευστικό σκεύασμα.

Έτσι οι παράγοντες που εξετάστηκαν ήταν:

- a) Η ριζοβολία σε τρία υποστρώματα υδροπονίας (πετροβάμβακας, περλίτης, κοκοφοίνικας), με την μέθοδο άμπωτης και πλημμύρας.
- b) Η χρήση ορμόνης ριζοβολίας σε δύο μορφές (σκόνη και υγρή).
- c) Το αντιδιαπνευστικό σκεύασμα.

Αφού προηγήθηκε εκτενής βιβλιογραφική έρευνα προκειμένου να αξιοποιηθούν και τα τελευταία επιτεύγματα πέρα από την ήδη γνωστή τεχνογνωσία στην παραγωγή πολλαπλασιαστικού υλικού, έγινε η επιλογή συγκεκριμένης ποικιλίας φράουλας που καλλιεργείτε κυρίως στην περιοχή της Ηλείας σε συνδυασμό με τις κλιματικές συνθήκες.

Το πειραματικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε αποκλειστικά στα πειράματά μας προερχόταν από μητρικά φυτά της ποικιλίας Florida Fortuna που καλλιεργείτε υδροπονικά στην περιοχή της Ηλείας.

Ο αριθμός των τυχαιοποιημένων μεταχειρίσεων ριζοβολίας ήταν 9 με τρεις επαναλήψεις η κάθε μια (3*3). Για την κάθε μεταχείριση χρησιμοποιήθηκαν 50 νεαρά φυτικά μοσχεύματα που προέρχονταν από στόλωνες.

Τα χαρακτηριστικά τα οποία μετρήθηκαν ήταν το ύψος των φυτών, το πάχος των μίσχων, το νωπό βάρος των φυτών, ο αριθμός των φύλλων, ο αριθμός των ριζών και το μέσο μήκος των ριζών.

4.2 Προετοιμασία συστήματος υδροπονίας άμπωτης και πλημμύρας

Παράλληλα με τη διαδικασία επιλογής φυτών ξεκίνησε, η προετοιμασία, η μελέτη και η κατασκευή του υδροπονικού συστήματος άμπωτης και πλημμύρας που χρησιμοποιήθηκε στα πειράματά μας και συγκεκριμένα:

Αφού τοποθετήθηκε μαύρο πλαστικό φύλλο εδαφοκάλυψης στην επιφάνεια του εδάφους για την αποφυγή ανάπτυξης ζιζανίων και εξασφάλιση της σταθερής θερμοκρασίας του εδάφους, συνέχεια τοποθετήθηκαν τρεις ειδικές πλαστικές λεκάνες υδροπονικής καλλιέργειας άμπωτης και πλημμύρας διαστάσεων 220*220*10 cm η κάθε μία (εικόνα 4.1).

Στην κάθε μία από τις τρεις υδροπονικές λεκάνες καλλιέργειας τοποθετήθηκαν 450 πλαστικά γλαστράκια (pots) διαστάσεων 7*7*6cm τα οποία ευρίσκονταν σε ειδικούς δίσκους ομαδοποίησης ανά 20 τεμάχια (εικόνα 4.2).

Τα γλαστράκια της κάθε λεκάνης υδροπονικής καλλιέργειας πληρώθηκαν με τρία διαφορετικά υποστρώματα υδροπονικής καλλιέργειας, ένα για κάθε λεκάνη υδροπονίας. Έτσι η πρώτη λεκάνη είχε ως υπόστρωμα ριζοβολίας κύβους πετροβάμβακα Grodan διαστάσεων 4*4*4cm με λευκό πλαστικό περιμετρικά (εικόνα 4.3), η δεύτερη λεκάνη υδροπονίας είχε ως υπόστρωμα ριζοβολίας περλίτη Geoflor (συνολικός όγκος 50lt) με κοκκομετρία 0,5-5,0mm (εικόνα 4.4) και η τρίτη και τελευταία λεκάνη υδροπονίας είχε ως υπόστρωμα ριζοβολίας κοκοφοίνικα U-GRO

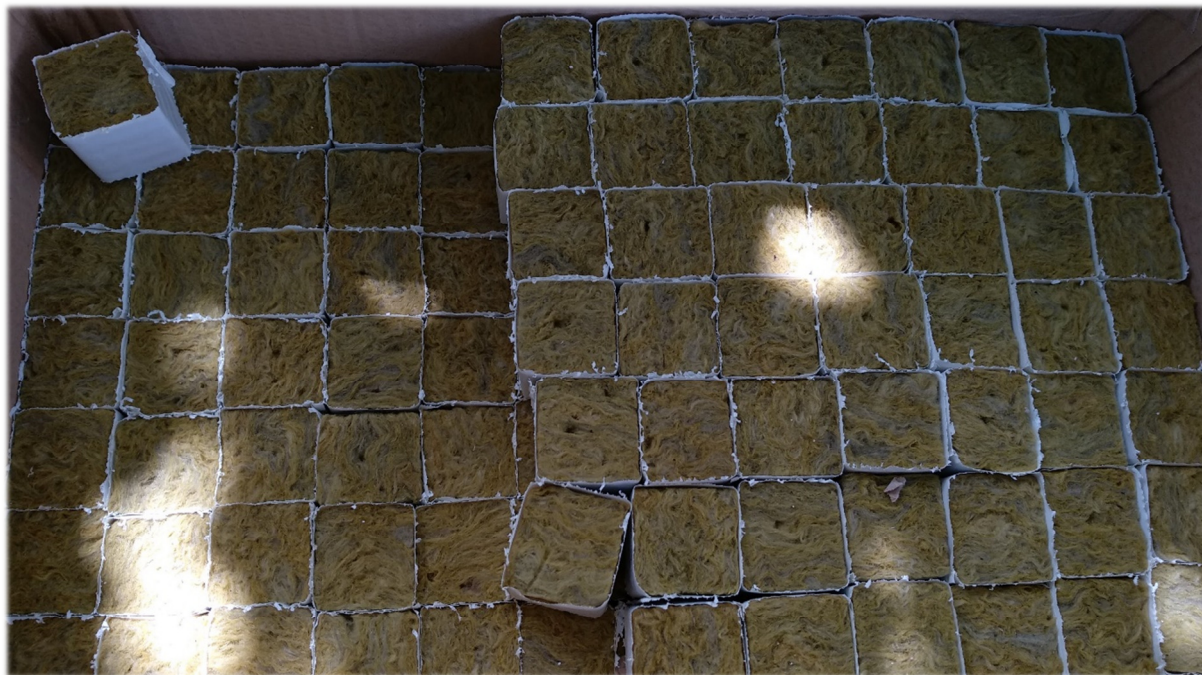
COCO XL (συνολικός όγκος 50lt) εμπλουτισμένο με μύκητες *Trichoderma* (εικόνα 4.5 & πίνακας 4.1).



Εικόνα 4.1: Λεκάνες υδροπονίας άμπωτης και πλημμύρας πάνω σε μαύρο πλαστικό εδαφοκάλυψης.



Εικόνα 4.2: Πλαστικά γλαστράκια με ειδικούς δίσκους ομαδοποίησης.



Εικόνα 4.3: Κύβιοι πετροβάμβακα Grodan με λευκό πλαστικό περιμετρικά.



Εικόνα 4.4: Περλίτης Geoflor με κοκκομετρία 0,5-5,0mm.



Εικόνα 4.5: Συμπιεσμένος κοκοφοίνικας U-GRO COCO XL Natural Trichoderma.

Ξηρά ουσία	Οργανική ουσία % της ξηράς ουσίας		
82-85%	95-98%		
pH	EC (ms/cm) 1:1,5	Ικανότητα συγκράτησης νερού	
5,5-6,5	<0,6	910%	
Χλώριο (Cl) (mg/L)	Συμπιεσμένος όγκος	Ενυδατωμένος όγκος	Καθαρό βάρος ± 5%
70-80	10,26-11,34L	70L	5kg

Πίνακας 4.1: Σύνθεση & ιδιότητες υποστρώματος U-GRO COCO XL Natural Trichoderma.

Η εγκατάσταση ριζοβολίας καλύφθηκε με ειδικό διπλό δίχτυ σκίασης (90% σκίαση) για να μειώνεται η ένταση του ηλίου καθώς και η θερμοκρασία (εικόνα 4.6). Επιπλέον εγκαταστάθηκε υπόγεια δεξαμενή χωρητικότητας 130 λίτρων, προκειμένου να καλύπτονται οι ανάγκες άρδευσης και λίπανσης των φυτών (εικόνα 4.7). Στη συνέχεια έγινε εφοδιασμός της εγκατάστασης καλλιέργειας με βυθιζόμενη αντλία Neptune Hydroponics 3.000 lt/hr κατάλληλη για χρήση με λιπάσματα (εικόνα 4.8) και η οποία εφοδιάστηκε με αναλογικό χρονοδιακόπτη Timer Cornwall προκειμένου να αυτοματοποιηθεί η άρδευση (εικόνα 4.9). Τέλος έγιναν οι απαραίτητες προκαταρκτικές δοκιμές αυτόματης άρδευσης και τοποθετήθηκε αναλογικό θερμόμετρο αέρα τύπου BAKER και αναλογικό υγρασιόμετρο αέρα τύπου HAAR-SYNTH (εικόνες 4.10 & 4.11).



Εικόνα 4.6: Ειδικό διπλό δίχτυ σκίασης 90%.



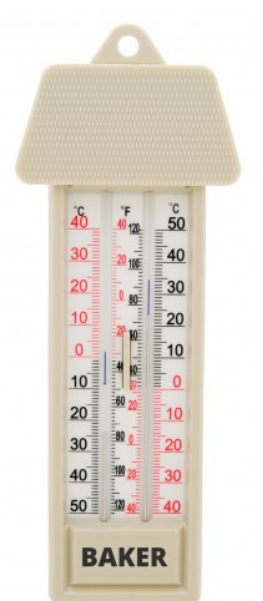
Εικόνα 4.7: Υπόγεια δεξαμενή χωρητικότητας 130 λίτρων.



Εικόνα 4.8: Βυθιζόμενη αντλία Neptune Hydroponics.



Εικόνα 4.9: Αναλογικός χρονοδιακόπτης Timer Cornwall.



Εικόνα 4.10: Αναλογικό θερμόμετρο αέρα.



Εικόνα 4.11: Αναλογικός μετρητής σχετικής υγρασίας αέρα.

Για τη διατήρηση του pH σε σταθερό επίπεδο έγινε χρήση ειδικής συσκευής τύπου Prosystem Aqua pH Control (εικόνα 4.12). Η αγωγιμότητα (EC), το pH και η θερμοκρασία του υδατικού διαλύματος, επιτηρείτο σε τακτά χρονικά διαστήματα με ηλεκτρονικό αγωγιμόμετρο, πεχάμετρο και θερμόμετρο τύπου HANNA HI 991301 (εικόνα 4.13).



Εικόνα 4.12: Συσκευή διαχείρισης pH τύπου Prosystem Aqua pH Control.



Εικόνα 4.13: Ηλεκτρονικό αγωγιμόμετρο, πεχάμετρο και θερμόμετρο τύπου HANNA HI 991301.

Έτσι, σύμφωνα με τα ανωτέρω, δημιουργήθηκε μία πλήρη εγκατάσταση ριζοβολίας, αποτελούμενη από ένα τριπλό κλειστό υδροπονικό σύστημα άμπωτης και πλημμύρας εφοδιασμένο με ρυθμιστή pH, χρονοδιακόπτη άρδευσης, θερμόμετρο αέρα και υγρασιόμετρο.

Στη συνέχεια ακολουθήθηκε η διαδικασία που περιγράφεται παρακάτω προκειμένου να εγκατασταθούν τα φυτάρια στο σύστημα ριζοβολίας.

Αρχικά προετοιμάστηκε το διάλυμα υγρής ορμόνης ριζοβολίας IBA με συγκέντρωση 4.000 ppm. Για το διάλυμα υγρής ορμόνης χρησιμοποιήθηκε IBA με ονομασία RPI (εικόνα 4.14), Ethanol 99,8% και απιονισμένο νερό. Η δεύτερη ορμόνη που χρησιμοποιήθηκε ήταν εμπορική σκόνη IBA με ονομασία Radicin και συγκέντρωση IBA 2500ppm (εικόνα 4.15).



Εικόνα 4.14: Ορμόνη IBA 98% β/β σε σκόνη με εμπορική ονομασία RPI.



Εικόνα 4.15: Εμπορική ορμόνη IBA σε σκόνη με εμπορική ονομασία Radicin.

Στη συνέχεια παρασκευάστηκε αντιδιαπνευστικό διάλυμα σκευάσματος GEO-FILM (Terpene polymers) και νερού βρύσης με αναλογία αραιώσης 5:100 GEO-FILM:νερό βρύσης (εικόνα 4.16). Στο εν λόγω διάλυμα, προστέθηκε προληπτικά και το μυκητοκτόνο σκεύασμα Cabrio Duo (Pyraclostrobin/Dimethomorph) με αναλογία αραιώσης 4:100 Cabrio Duo:νερό βρύσης (εικόνα 4.17).

GEO-FILM

(Terpene polymers 96%)





ΠΡΟΣΟΧΗ

Προκαλεί ερεθισμό του δέρματος.

ΠΡΟΦΥΛΑΞΕΙΣ:
 Να φοράτε προστατευτικά γάντια/ προστατευτικά ενδύματα/μέσα ατομικής προστασίας για τα μάτια/ το πρόσωπο. Εάν παρατηρηθεί ερεθισμός του δέρματος: Συμβουλευθείτε/ Επισκεφθείτε γιατρό.
ΣΕ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΕΠΑΦΗΣ ΜΕ ΤΟ ΔΕΡΜΑ:
 Πλύνετε με άφθονο σαπούνι και νερό.

Μη ρυπαίνετε το νερό με το προϊόν ή τη συσκευασία του.

- Για να προστατέψετε τους υδρόβιους οργανισμούς, να αφαιρέσετε μεν αμέσως τη ζώνη ασφαλείας 5 μέτρων από τα επιφανειακά υδάτα.

Για να αποφευχθεί ο κίνδυνος για την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον, ακολουθήστε τις οδηγίες χρήσης.

**ΦΥΛΑΣΣΕΤΑΙ ΚΛΕΙΔΩΜΕΝΟ
ΜΑΚΡΙΑ ΑΠΟ ΠΑΙΔΙΑ**

**ΠΡΟΟΡΙΖΕΤΑΙ ΓΙΑ
ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗ ΧΡΗΣΗ**

Σύνθεση σκευάσματος:
96 % πολυμερή τερπενίου (ουσία φυτικής προέλευσης)

Γαλακτωματοποιήσιμο υγρό (EC)

Ενισχυτικό της δράσης των φυτοπροστατευτικών προϊόντων.
Για ανάμιξη με μυκητοκτόνα, εντομοκτόνα, ζιζανιοκτόνα και ρυθμιστές ανάπτυξης φυτών.

Παρασκευαστής:
ACTION PIN, Zi de Cazaliu 40260, Castets des Landes, Γαλλία

Διανομέας:
Arysta LifeScience Ελλάς Α.Ε. Ριζαρείου 16, Χαλάνδρι Τ.Κ. 15233 Τηλ.: 2105578 777

Ημερ. Παραγωγής/
Αρ. Παρτίδας:
Βλέπε συσκευασία



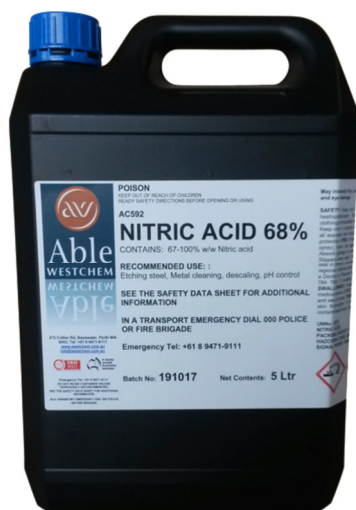
Περιεχόμενο: **1L**



Εικόνα 4.16: Αντιδιαπνευστικό σκευάσμα GEO-FILM.



Εικόνα 4.17: Μυκητοκτόνο σκευάσμα Cabrio Duo.



Εικόνα 4.18: Πυκνό νιτρικό οξύ 68%.

Αμέσως μετά παρασκευάστηκε θρεπτικό διάλυμα υδροπονίας Hoagland & Arnon (Πίνακας 4.2). Επειδή το θρεπτικό διάλυμα ήταν συμπυκνωμένο κατά 200 φορές παρασκευάστηκε σε 2 ξεχωριστά δοχεία (A & B) 10 λίτρων έκαστο, όπως είθισται. Για την παρασκευή τους χρησιμοποιήθηκαν υδατοδιαλυτά λιπάσματα μακροστοιχείων και μικροστοιχείων (πίνακας 4.3).

Πίνακας 4.2: Σύνθεση θρεπτικού διαλύματος Hoagland & Arnon.

Κύρια θρεπτικά συστατικά (mmol/l)		Ιχνοστοιχεία (μmol/l)	
NO_3^-	14.0	Fe	25.00
H_2PO_4^-	1.0	Mn	9.10
SO_4^{2-}	2.0	Zn	0.75
K^+	6.0	Cu	0.30
NH_4^+	1.0	B	46.30
Ca^{2+}	4.0	Mo	0.10
Mg^{2+}	2.0		

Πίνακας 4.3: Ποσότητες υδατοδιαλυτών λιπασμάτων που χρησιμοποιήθηκαν για την παρασκευή των πυκνών διαλυμάτων.

Πυκνό διάλυμα Α (10 lit)		Πυκνό διάλυμα Β (10 lit)	
Νιτρικό ασβέστιο	1,3 kg	Νιτρικό κάλιο	0,7 kg
Νιτρικό κάλιο	0,3 kg	Θευκό μαγνήσιο	0,8 kg
Νιτρικό αμμώνιο	0,1 kg	Νιτρικό μαγνήσιο	0,1 kg
Χηλικός σίδηρος 6%	0,1 kg	Φωσφορικό μονοκάλιο	0,3 kg
		Θευκό μαγγάνιο	3,0 gr
		Θευκός χαλκός	0,2 gr
		Βόρακας	9,0 gr

4.3 Συλλογή πολλαπλασιαστικού υλικού

Έπειτα όσο αφορά το πολλαπλασιαστικό υλικό, συλλέχθηκε νωρίς το πρωί ο απαραίτητος αριθμός φυταρίων με ύψος περίπου από 12,0cm μέχρι 20,0cm και πάχος μίσχου από 2,0mm μέχρι 4,0mm, που προέρχονταν από στόλωνες υδροπονικής μητρικής φυτείας φράουλας στην περιοχή της Ηλείας (εικόνες 4.19 & 4.20) προκειμένου να χρησιμοποιηθεί ως πειραματικό υλικό. Τα φυτάρια είχαν βάρος από 5 μέχρι 8 γραμμάρια περίπου.



Εικόνα 4.19: Φυτάριο φράουλας με ύψος 12,0cm.



Εικόνα 4.20: Φυτάριο φράουλας με ύψος 20,0cm.

4.4 Πειραματικό σχέδιο

Το πειραματικό σχέδιο που ακολουθήθηκε, περιλάμβανε τις εξής πειραματικές μεταχειρίσεις, όπως αυτές εμφανίζονται στον Πίνακα 4.4.

Πίνακας 4.4: Πειραματικός σχεδιασμός μεταχειρίσεων.

	Rockwool	Perlite	Coco
Radicin/GEO-FILM	50 x 3	50 x 3	50 x 3
IBA/GEO-FILM	50 x 3	50 x 3	50 x 3
GEO-FILM	50 x 3	50 x 3	50 x 3
Σύνολο στολώνων: 1350	450	450	450

4.5 Προετοιμασία φυταρίων και εγκατάσταση τους στο υδροπονικό σύστημα ριζοβολίας άμπωτης και πλημμύρας

Αρχικά το φύλλωμα όλων των φυταρίων εμβαπτίστηκε στο διάλυμα GEO-FILM/ Cabrio Duo για χρονικό διάστημα διάρκειας ακριβώς ένα λεπτό (60 sec.).

Στη συνέχεια οι βάσεις των φυταρίων, πλην των μαρτύρων, εμβαπτίστηκαν ξεχωριστά στα δύο (2) ορμονικά σκευάσματα που προάγουν τη ριζοβολία και συγκεκριμένα:

α) σε υγρή ορμόνη IBA που παρασκευάστηκε με το εμπορικό προϊόν RPI, που περιέχει Indole-3-butyric acid 98% β/β και βοηθητικές ουσίες 2% β/β.

β) σε εμπορική σκόνη IBA με την ονομασία Radicin. Το σκεύασμα περιέχει Indolylbutyric acid 0,25% β/β και βοηθητικές ουσίες 99,75% β/β.

Τέλος για να ριζοβολήσουν τα φυτάρια, τοποθετήθηκαν σε τυχαίες θέσεις στα τρία διαφορετικά υδροπονικά υποστρώματα ριζοβολίας (κύβοι πετροβάμβακα, περλίτη και κοκοφοίνικα), εικόνες (4.21, 4.22 & 4.23).



Εικόνα 4.21: Φυτάρια φράουλας φτεμμένα σε κύβους πετροβάμβακα Grodan.



Εικόνα 4.22: Φυτάρια φράουλας φυτεμένα σε υπόστρωμα περλίτη Geoflor.



Εικόνα 4.23: Φυτάρια φράουλας φυτεμένα σε υπόστρωμα κοκοφοίνικα UGRO.

Το pH του θρεπτικού διαλύματος διατηρήθηκε σταθερά στο 5,7 με τη χρήση του αυτόματου ρυθμιστή, ενώ η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) διατηρήθηκε στο επίπεδο του 1,60 dS/m ($\pm 0,2$) με τη χρήση του πυκνού διαλύματος υδροπονίας Hoagland & Arnon.

Επιπλέον, σε όλη διάρκεια του πειράματος χρησιμοποιήθηκε πυκνό υπεροξειδίο του υδρογόνου (συγκέντρωσης 33%), προκειμένου να επιτευχθεί αποστείρωση του θρεπτικού διαλύματος και με αυτό τον τρόπο προστασία της ριζόσφαιρας από παθογόνους μικροοργανισμούς. Η τελική συγκέντρωση υπεροξειδίου που χρησιμοποιήθηκε ήταν 100ppm και η απαιτούμενη ποσότητα υπεροξειδίου του υδρογόνου ήταν 10ml για 130 λίτρα θρεπτικού διαλύματος και επανάληψη κάθε 2 ημέρες.

Το συγκεκριμένο πείραμα από την φύτευση μέχρι και την τελευταία μέτρηση που πραγματοποιήθηκε είχε διάρκεια 31 ημέρες.

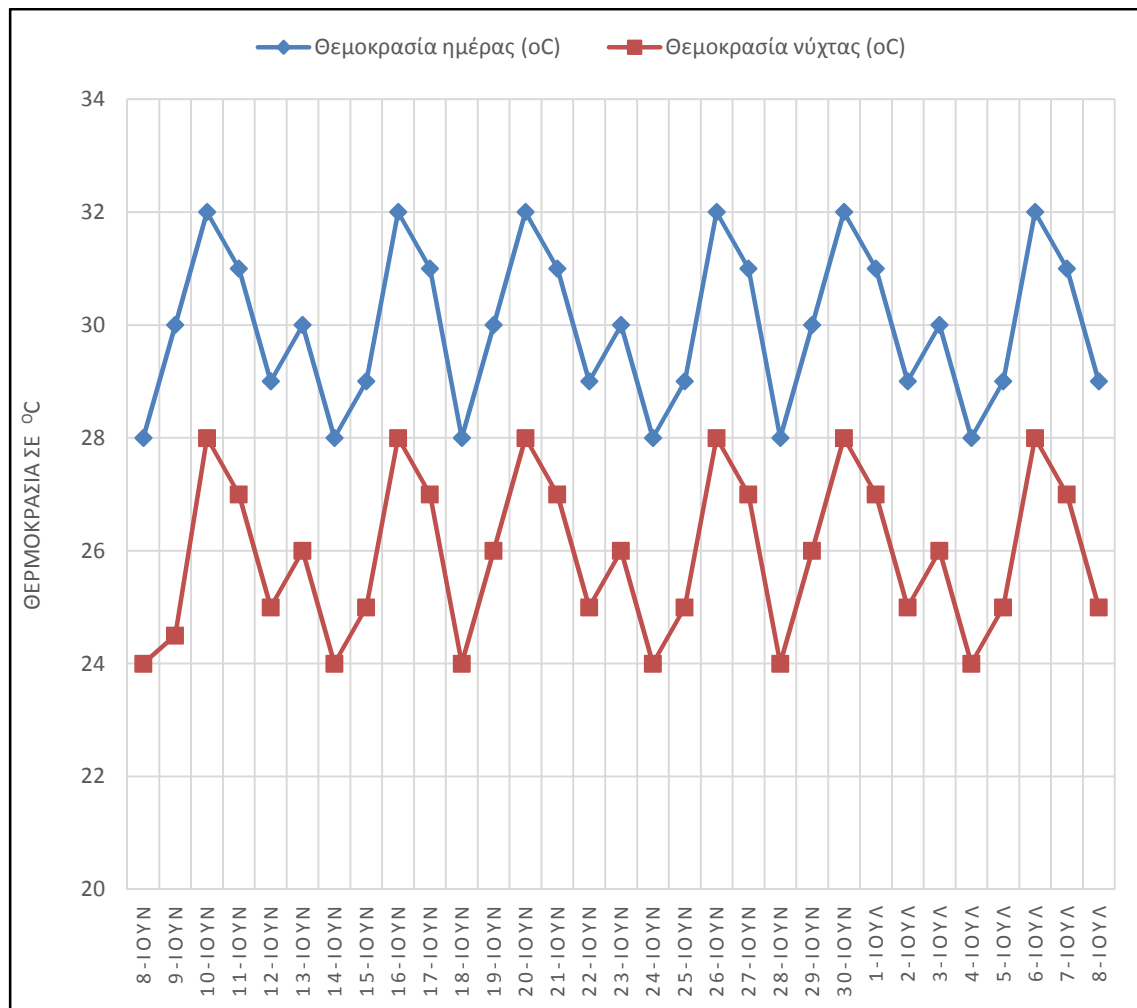
4.6 Στατιστική ανάλυση

Για τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων και τη διεξαγωγή ασφαλών αποτελεσμάτων επιλέχθηκε να γίνει ανάλυση σύμφωνα με τη μέθοδο ανάλυσης της διακύμανσης (ANalysis Of VAriance – ANOVA), μία στατιστική μέθοδο με την οποία η μεταβλητότητα που υπάρχει σ' ένα σύνολο δεδομένων διασπάται στις επιμέρους συνιστώσες της με στόχο την κατανόηση της σημαντικότητας των διαφορετικών πηγών προέλευσής της. Η ανάπτυξη της μεθοδολογίας οφείλεται στον θεμελιωτή της σύγχρονης στατιστικής επιστήμης, Άγγλο στατιστικό Sir Ronald Aylmer Fisher (1890-1962). Στην πραγματικότητα η ANOVA περιλαμβάνει μία ομάδα στατιστικών μεθόδων καταλλήλων για την ανάλυση δεδομένων που προκύπτουν από πειραματικούς σχεδιασμούς.

5 Αποτελέσματα - συζήτηση

5.1 Μετρήσεις περιβαλλοντικών συνθηκών

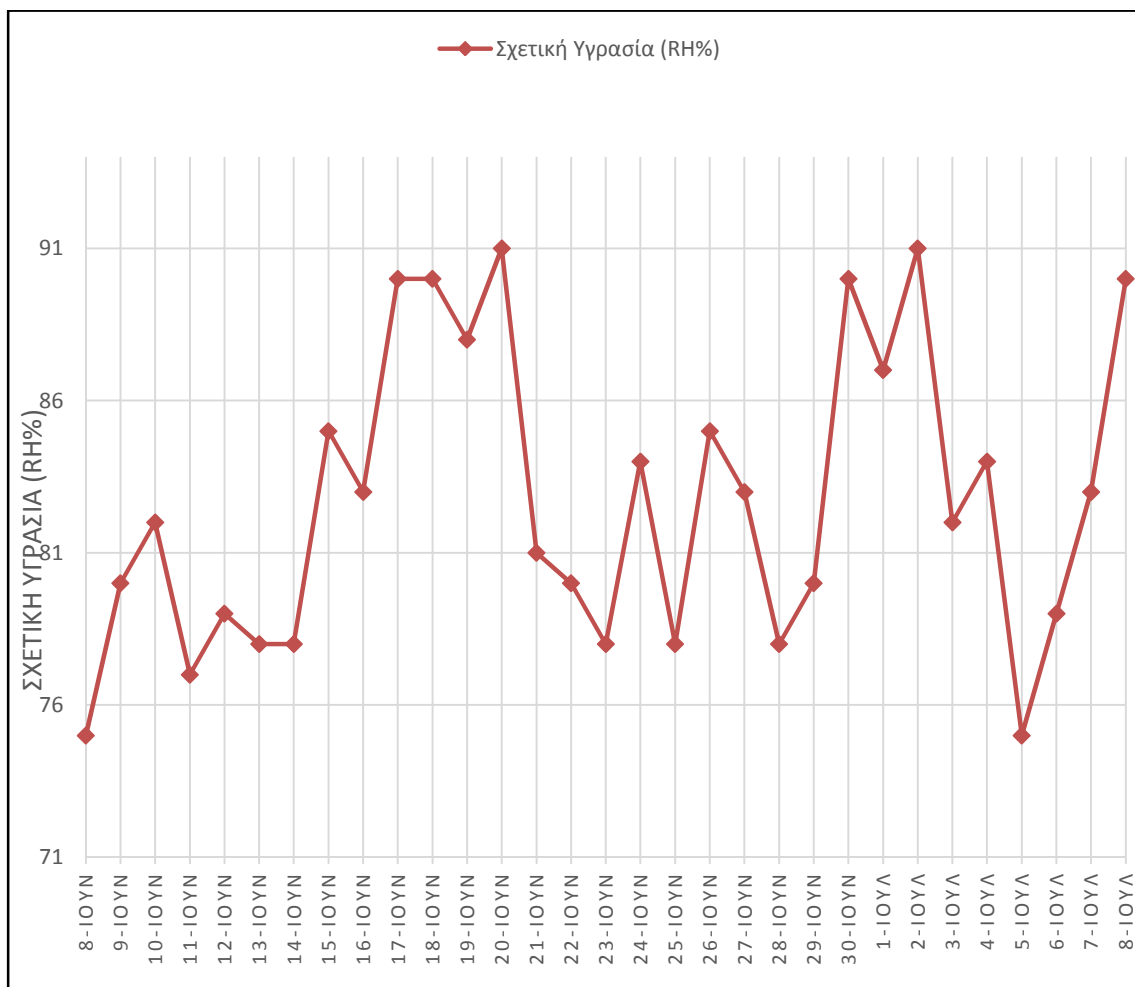
Κατά τη διάρκεια του πειράματος μετρήθηκαν συστηματικά οι περιβαλλοντικές παράμετροι όπως η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία του περιβάλλοντος καθώς και η θερμοκρασία του θρεπτικού διαλύματος, με τη χρήση ψηφιακών και αναλογικών οργάνων, όπως έχει ήδη αναφερθεί. Στα επόμενα διαγράμματα παρουσιάζονται η θερμοκρασία του αέρα, η σχετική υγρασία του αέρα καθώς και η θερμοκρασία του θρεπτικού διαλύματος που επικρατούσαν κατά τη διάρκεια του πειράματος (Διαγράμματα 5.1, 5.2 & 5.3).



Διάγραμμα 5.1: Μεταβολές της θερμοκρασίας ημέρας και νύχτας του αέρα κατά τη διάρκεια της ριζοβολίας φυταρίων φράουλας.

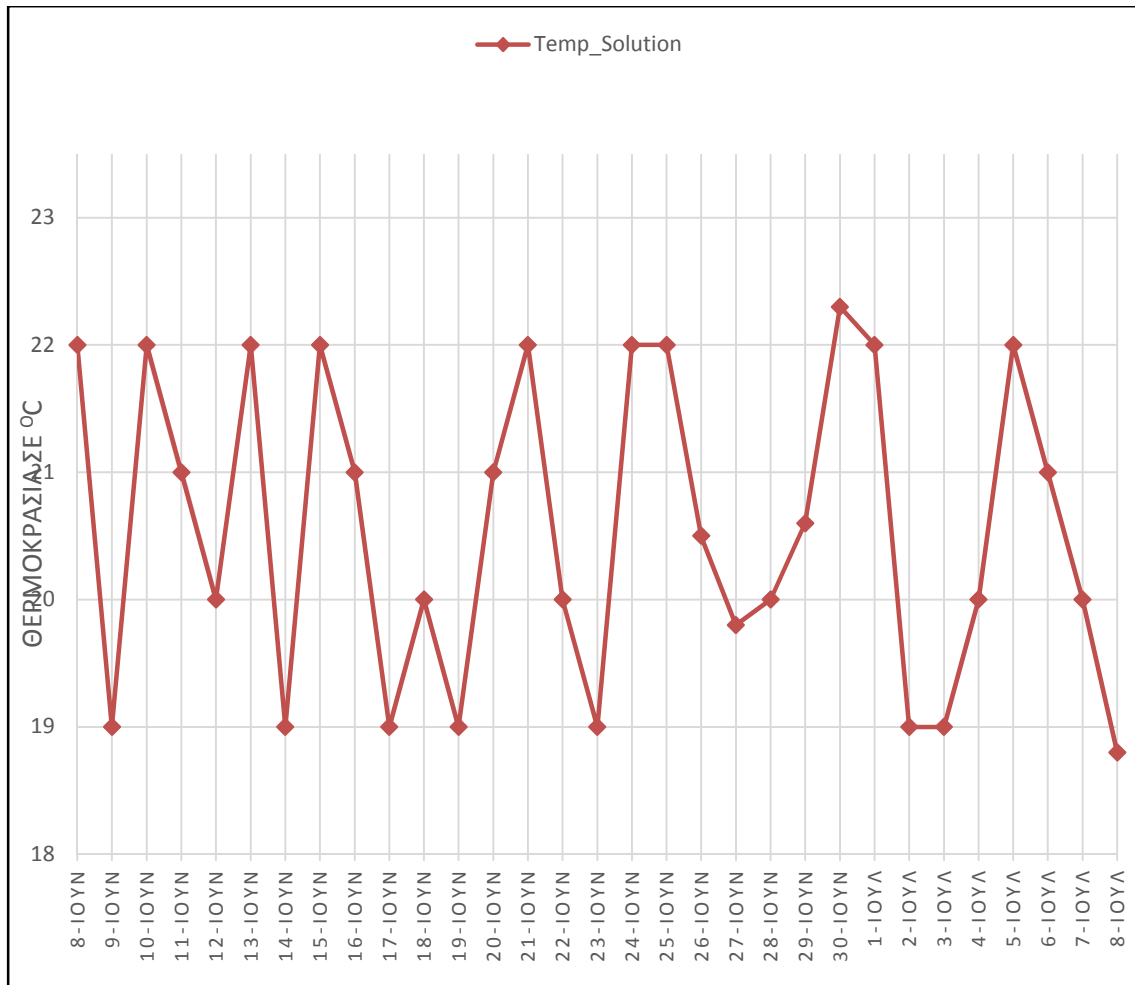
Το διάγραμμα 5.1 απεικονίζει τις μεταβολές της θερμοκρασίας του αέρα κατά τη διάρκεια της ριζοβολίας φυταρίων φράουλας. Η ελάχιστη θερμοκρασία ημέρας που παρατηρήθηκε κατά τη διάρκεια του πειράματος ήταν 28°C και η μέγιστη θερμοκρασία ήταν 32°C

Αντίστοιχα η ελάχιστη θερμοκρασία νύχτας που παρατηρήθηκε κατά τη διάρκεια του πειράματος ήταν 24°C και η μέγιστη θερμοκρασία ήταν 28°C



Διάγραμμα 5.2: Μεταβολές της σχετικής υγρασίας του αέρα κατά τη διάρκεια της ριζοβολίας φυταρίων φράουλας.

Το διάγραμμα 5.2 απεικονίζει τις μεταβολές της σχετικής υγρασίας του αέρα κατά τη διάρκεια του πειράματος ριζοβολίας φυταρίων φράουλας. Οι τιμές της σχετικής υγρασίας του αέρα κυμάνθηκαν από 75% η ελάχιστη έως 91% η μέγιστη.



Διάγραμμα 5.3: Μεταβολές της θερμοκρασίας του θρεπτικού διαλύματος κατά τη διάρκεια της ριζοβολίας φυταρίων φράουλας.

Στο διάγραμμα 5.3 απεικονίζονται οι μεταβολές της θερμοκρασίας του θρεπτικού διαλύματος κατά τη διάρκεια του πειράματος ριζοβολίας φυταρίων φράουλας. Η θερμοκρασία του θρεπτικού διαλύματος κυμάνθηκε από 19°C η ελάχιστη έως 22,3°C η μέγιστη.

5.2 Η πορεία της ριζοβολίας

Σε αυτό το σημείο της εργασίας θα παρακολουθήσουμε την πορεία της διαδικασίας ριζοβολίας όπως εξελίχθηκε.

Η διαδικασία της ριζοβολίας ξεκίνησε με την φύτευση των φυταρίων στις 8 Ιουνίου του 2018, την ίδια ημέρα που είχε γίνει και η συλλογή τους από την μητρική φυτεία. Αφού είχαν περάσει οι πρώτες δέκα ημέρες από την φύτευση των φυταρίων, δηλαδή στις 18 Ιουνίου, πραγματοποιήθηκε η πρώτη μέτρηση, από τις συνολικά πέντε τυχαίες περιοδικές μετρήσεις. Οι υπόλοιπες μετρήσεις επαναλαμβάνονταν κάθε 5 ημέρες και ολοκληρώθηκαν στις 8 Ιουλίου. Στον πίνακα 5.1 παρουσιάζεται το ημερολόγιο των συνολικά πέντε μετρήσεων.

Πίνακας 5.1: Ημερολόγιο διενέργειας περιοδικών μετρήσεων.

A/A	Ημερομηνία διενέργειας μέτρησης
1 ^η	18 Ιουνίου 2018
2 ^η	23 Ιουνίου 2018
3 ^η	28 Ιουνίου 2018
4 ^η	3 Ιουλίου 2018
5 ^η	8 Ιουλίου 2018

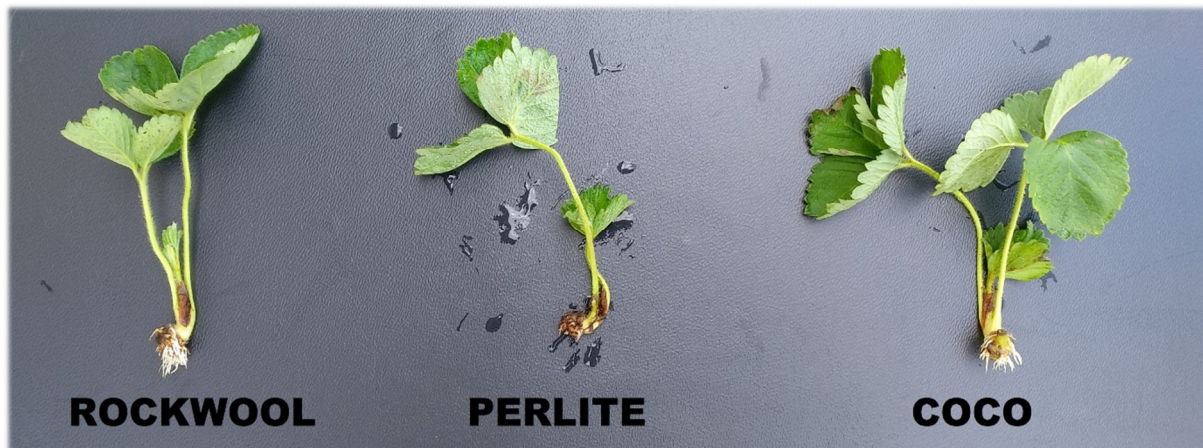
Παρακάτω θα δούμε και θα αναλύσουμε τις εικόνες από τις μετρήσεις ανά ημερομηνία και μεταχείριση. Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν αφορούσαν τέσσερις παραμέτρους και συγκεκριμένα το ύψος των φυτών, τον αριθμό των φύλλων, τον αριθμό των ριζών καθώς και το μέσο μήκος των ριζών.

Στην εικόνα 5.1 φαίνονται τα φυτάρια φράουλας στα οποία μετρήθηκαν (στις 18 Ιουνίου 2018) οι τέσσερις παράμετροι (ο αριθμός των φύλλων, το ύψος των φυταρίων, ο αριθμός και το μήκος των ριζών τους), παρουσία ορμόνης ριζοβολίας σε σκόνη (Radicin) και αντιδιαπνευστικού σκευάσματος (GEO-FILM). Δοκιμάστηκαν 3 διαφορετικά υποστρώματα ριζοβολίας όπως φαίνεται στην εικόνα 5.1.

Τα φυτάρια που μετρήθηκαν από το υπόστρωμα ριζοβολίας Rockwool εμφάνισαν κατά μέσο όρο 2 φύλλα. Το μέσο ύψος των φυτών ήταν 15,3 cm, είχαν κατά μέσο όρο 40 ρίζες και το μέσο μήκος των ριζών του κυμαινόταν από 0,2 cm μέχρι 1,2 cm.

Τα φυτάρια που μετρήθηκαν από το υπόστρωμα ριζοβολίας Perlite εμφάνισαν κατά μέσο όρο 2 φύλλα. Το μέσο ύψος των φυτών ήταν 15,0 cm, είχαν κατά μέσο όρο 38 ρίζες και το μέσο μήκος των ριζών του κυμαινόταν από 0,2 cm μέχρι 0,5 cm.

Τα φυτάρια που μετρήθηκαν από το υπόστρωμα ριζοβολίας Coco εμφάνισαν κατά μέσο όρο 2 φύλλα. Το μέσο ύψος των φυτών ήταν 14,8 cm, είχαν κατά μέσο όρο 42 ρίζες και το μέσο μήκος των ριζών του κυμαινόταν από 0,2 cm μέχρι 1,3 cm.



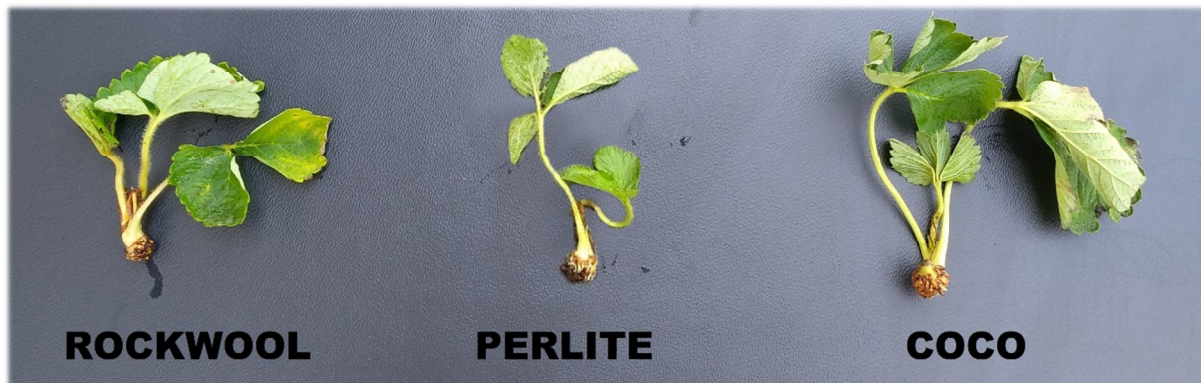
Εικόνα 5.1: Εικόνα των φυτών φράουλας (*Fragaria x ananassa* Duch.) κατά τη διάρκεια της ριζοβολίας σε τρία διαφορετικά υποστρώματα, παρουσία ορμόνης ριζοβολίας σε σκόνη (Radicin) και αντιδιαπνευστικού (GEO-FILM) στις 18-06-2018.

Στην εικόνα 5.2 φαίνονται τα φυτάρια φράουλας στα οποία μετρήθηκαν (στις 18 Ιουνίου 2018) οι τέσσερις παράμετροι (ο αριθμός των φύλλων, το ύψος των φυταρίων, ο αριθμός και το μήκος των ριζών τους), παρουσία υγρής ορμόνης ριζοβολίας (IBA) και αντιδιαπνευστικού σκευάσματος (GEO-FILM). Δοκιμάστηκαν 3 διαφορετικά υποστρώματα ριζοβολίας όπως φαίνεται στην εικόνα 5.2.

Τα φυτάρια που μετρήθηκαν από το υπόστρωμα ριζοβολίας Rockwool εμφάνισαν κατά μέσο όρο 2 φύλλα. Το μέσο ύψος των φυτών ήταν 12,4 cm, είχαν κατά μέσο όρο 19 ρίζες και το μέσο μήκος των ριζών του κυμαινόταν από 0,2 cm μέχρι 0,5 cm.

Τα φυτάρια που μετρήθηκαν από το υπόστρωμα ριζοβολίας Perlite εμφάνισαν κατά μέσο όρο 2 φύλλα. Το μέσο ύψος των φυτών ήταν 13,0 cm, είχαν κατά μέσο όρο 18 ρίζες και το μέσο μήκος των ριζών του κυμαινόταν από 0,1 cm μέχρι 0,4 cm.

Τα φυτάρια που μετρήθηκαν από το υπόστρωμα ριζοβολίας Coco εμφάνισαν κατά μέσο όρο 2 φύλλα. Το μέσο ύψος των φυτών ήταν 13,8 cm, είχαν κατά μέσο όρο 20 ρίζες και το μέσο μήκος των ριζών του κυμαινόταν από 0,1 cm μέχρι 0,7 cm.



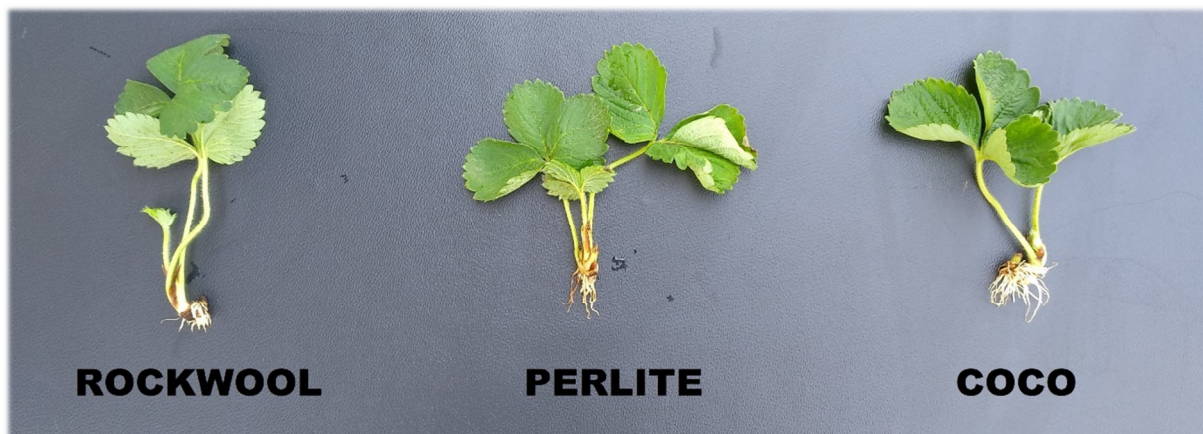
Εικόνα 5.2: Εικόνα των φυτών φράουλας (*Fragaria x ananassa* Duch.) κατά τη διάρκεια της ριζοβολίας σε τρία διαφορετικά υποστρώματα, παρουσία υγρής ορμόνης ριζοβολίας (IBA) και αντιδιαπνευστικού (GEO-FILM) στις 18-06-2018.

Στην εικόνα 5.3 φαίνονται τα φυτάρια φράουλας στα οποία μετρήθηκαν (στις 18 Ιουνίου 2018) οι τέσσερις παράμετροι (ο αριθμός των φύλλων, το ύψος των φυταρίων, ο αριθμός και το μήκος των ριζών τους), χωρίς προσθήκη ορμόνης ριζοβολίας, παρουσία μόνο αντιδιαπνευστικού σκευάσματος (GEO-FILM). Δοκιμάστηκαν 3 διαφορετικά υποστρώματα ριζοβολίας όπως φαίνεται στην εικόνα 5.3.

Τα φυτάρια που μετρήθηκαν από το υπόστρωμα ριζοβολίας Rockwool εμφάνισαν κατά μέσο όρο 2 φύλλα. Το μέσο ύψος των φυτών ήταν 15,6 cm, είχαν κατά μέσο όρο 33 ρίζες και το μέσο μήκος των ριζών του κυμαινόταν από 0,2 cm μέχρι 1,5 cm.

Τα φυτάρια που μετρήθηκαν από το υπόστρωμα ριζοβολίας Perlite εμφάνισαν κατά μέσο όρο 2 φύλλα. Το μέσο ύψος των φυτών ήταν 15,0 cm, είχαν κατά μέσο όρο 28 ρίζες και το μέσο μήκος των ριζών του κυμαινόταν από 0,4 cm μέχρι 2,0 cm.

Τα φυτάρια που μετρήθηκαν από το υπόστρωμα ριζοβολίας Coco εμφάνισαν κατά μέσο όρο 2 φύλλα. Το μέσο ύψος των φυτών ήταν 14,4 cm, είχαν κατά μέσο όρο 30 ρίζες και το μέσο μήκος των ριζών του κυμαινόταν από 0,5 cm μέχρι 3,0 cm.



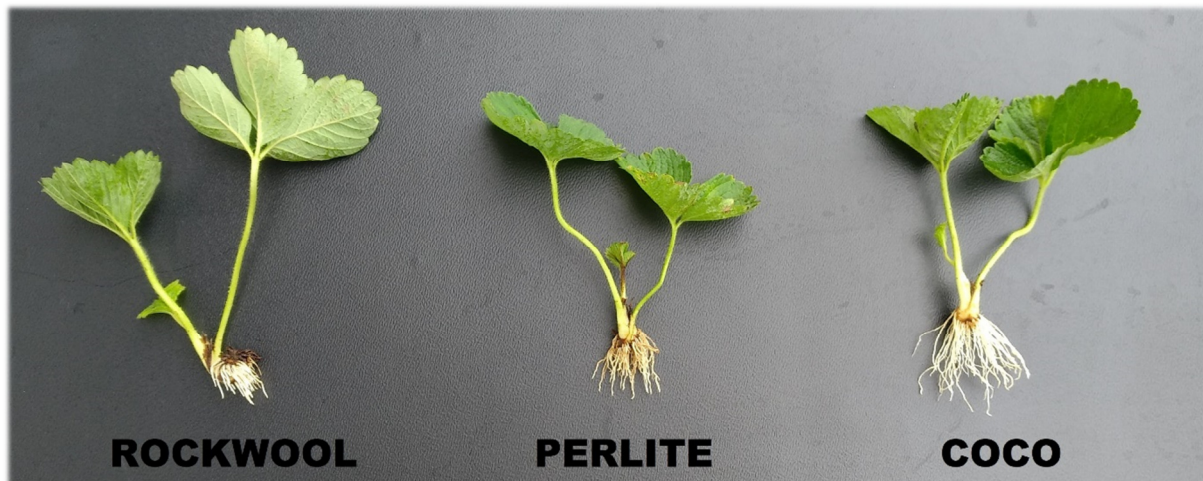
Εικόνα 5.3: Εικόνα των φυτών φράουλας (*Fragaria x ananassa* Duch.) κατά τη διάρκεια της ριζοβολίας σε τρία διαφορετικά υποστρώματα, παρουσία αντιδιαπνευστικού (GEO-FILM) στις 18-06-2018.

Στην εικόνα 5.4 φαίνονται τα φυτάρια φράουλας στα οποία μετρήθηκαν (στις 23 Ιουνίου 2018) οι τέσσερις παράμετροι (ο αριθμός των φύλλων, το ύψος των φυταρίων, ο αριθμός και το μήκος των ριζών τους), παρουσία ορμόνης ριζοβολίας σε σκόνη (Radicin) και αντιδιαπνευστικού σκευάσματος (GEO-FILM). Δοκιμάστηκαν 3 διαφορετικά υποστρώματα ριζοβολίας όπως φαίνεται στην εικόνα 5.4.

Τα φυτάρια που μετρήθηκαν από το υπόστρωμα ριζοβολίας Rockwool εμφάνισαν κατά μέσο όρο 3 φύλλα. Το μέσο ύψος των φυτών ήταν 18,0 cm, είχαν κατά μέσο όρο 70 ρίζες και το μέσο μήκος των ριζών του κυμαινόταν από 0,5 cm μέχρι 1,5 cm.

Τα φυτάρια που μετρήθηκαν από το υπόστρωμα ριζοβολίας Perlite εμφάνισαν κατά μέσο όρο 2 φύλλα. Το μέσο ύψος των φυτών ήταν 15,5 cm, είχαν κατά μέσο όρο 40 ρίζες και το μέσο μήκος των ριζών του κυμαινόταν από 0,3 cm μέχρι 2,5 cm.

Τα φυτάρια που μετρήθηκαν από το υπόστρωμα ριζοβολίας Coco εμφάνισαν κατά μέσο όρο 3 φύλλα. Το μέσο ύψος των φυτών ήταν 16,5 cm, είχαν κατά μέσο όρο 65 ρίζες και το μέσο μήκος των ριζών του κυμαινόταν από 1,0 cm μέχρι 4,0 cm.



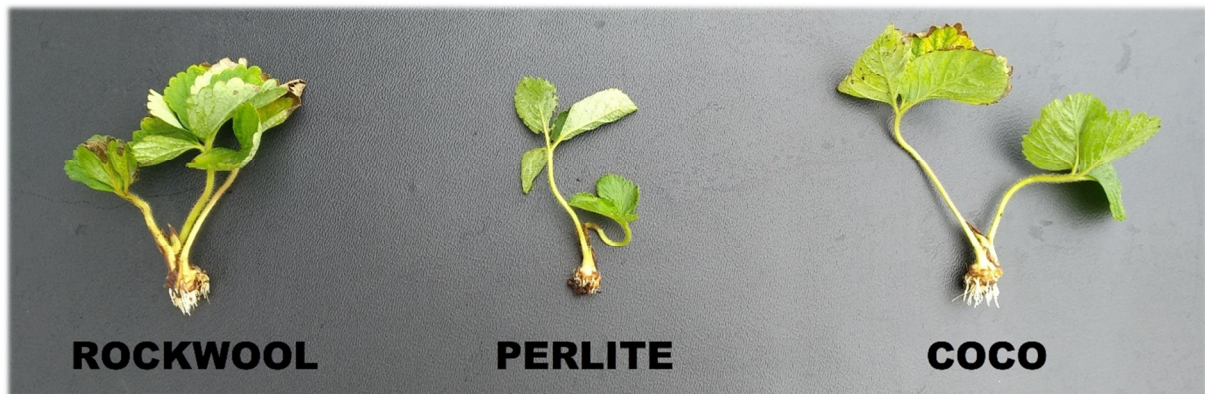
Εικόνα 5.4: Εικόνα των φυτών φράουλας (*Fragaria x ananassa* Duch.) κατά τη διάρκεια της ριζοβολίας σε τρία διαφορετικά υποστρώματα, παρουσία ορμόνης ριζοβολίας σε σκόνη (Radicin) και αντιδιαπνευστικού (GEO-FILM) στις 23-06-2018.

Στην εικόνα 5.5 φαίνονται τα φυτάρια φράουλας στα οποία μετρήθηκαν (στις 23 Ιουνίου 2018) οι τέσσερις παράμετροι (ο αριθμός των φύλλων, το ύψος των φυταρίων, ο αριθμός και το μήκος των ριζών τους), παρουσία υγρής ορμόνης ριζοβολίας (IBA) και αντιδιαπνευστικού σκευάσματος (GEO-FILM). Δοκιμάστηκαν 3 διαφορετικά υποστρώματα ριζοβολίας όπως φαίνεται στην εικόνα 5.5.

Τα φυτάρια που μετρήθηκαν από το υπόστρωμα ριζοβολίας Rockwool εμφάνισαν κατά μέσο όρο 2 φύλλα. Το μέσο ύψος των φυτών ήταν 12,5 cm, είχαν κατά μέσο όρο 45 ρίζες και το μέσο μήκος των ριζών του κυμαινόταν από 0,2 cm μέχρι 0,5 cm.

Τα φυτάρια που μετρήθηκαν από το υπόστρωμα ριζοβολίας Perlite εμφάνισαν κατά μέσο όρο 2 φύλλα. Το μέσο ύψος των φυτών ήταν 13,5 cm, είχαν κατά μέσο όρο 20 ρίζες και το μέσο μήκος των ριζών του κυμαινόταν από 0,1 cm μέχρι 0,4 cm.

Τα φυτάρια που μετρήθηκαν από το υπόστρωμα ριζοβολίας Coco εμφάνισαν κατά μέσο όρο 3 φύλλα. Το μέσο ύψος των φυτών ήταν 17,0 cm, είχαν κατά μέσο όρο 40 ρίζες και το μέσο μήκος των ριζών του κυμαινόταν από 0,4 cm μέχρι 1,5 cm.



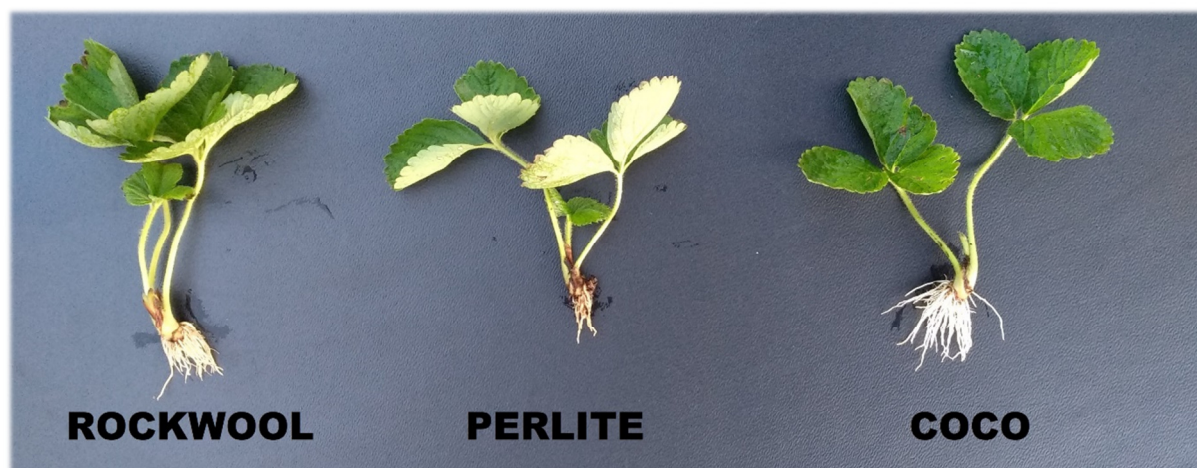
Εικόνα 5.5: Εικόνα των φυτών φράουλας (*Fragaria x ananassa* Duch.) κατά τη διάρκεια της ριζοβολίας σε τρία διαφορετικά υποστρώματα, παρουσία υγρής ορμόνης ριζοβολίας (IBA) και αντιδιαπνευστικού (GEO-FILM) στις 23-06-2018.

Στην εικόνα 5.6 φαίνονται τα φυτάρια φράουλας στα οποία μετρήθηκαν (στις 23 Ιουνίου 2018) οι τέσσερις παράμετροι (ο αριθμός των φύλλων, το ύψος των φυταρίων, ο αριθμός και το μήκος των ριζών τους), χωρίς προσθήκη ορμόνης ριζοβολίας, παρουσία μόνο αντιδιαπνευστικού σκευάσματος (GEO-FILM). Δοκιμάστηκαν 3 διαφορετικά υποστρώματα ριζοβολίας όπως φαίνεται στην εικόνα 5.6.

Τα φυτάρια που μετρήθηκαν από το υπόστρωμα ριζοβολίας Rockwool εμφάνισαν κατά μέσο όρο 3 φύλλα. Το μέσο ύψος των φυτών ήταν 17,5 cm, είχαν κατά μέσο όρο 55 ρίζες και το μέσο μήκος των ριζών του κυμαινόταν από 0,5 cm μέχρι 3,5 cm.

Τα φυτάρια που μετρήθηκαν από το υπόστρωμα ριζοβολίας Perlite εμφάνισαν κατά μέσο όρο 3 φύλλα. Το μέσο ύψος των φυτών ήταν 15,0 cm, είχαν κατά μέσο όρο 30 ρίζες και το μέσο μήκος των ριζών του κυμαινόταν από 0,5 cm μέχρι 3,0 cm.

Τα φυτάρια που μετρήθηκαν από το υπόστρωμα ριζοβολίας Coco εμφάνισαν κατά μέσο όρο 3 φύλλα. Το μέσο ύψος των φυτών ήταν 16,5 cm, είχαν κατά μέσο όρο 50 ρίζες και το μέσο μήκος των ριζών του κυμαινόταν από 1,0 cm μέχρι 3,5 cm.



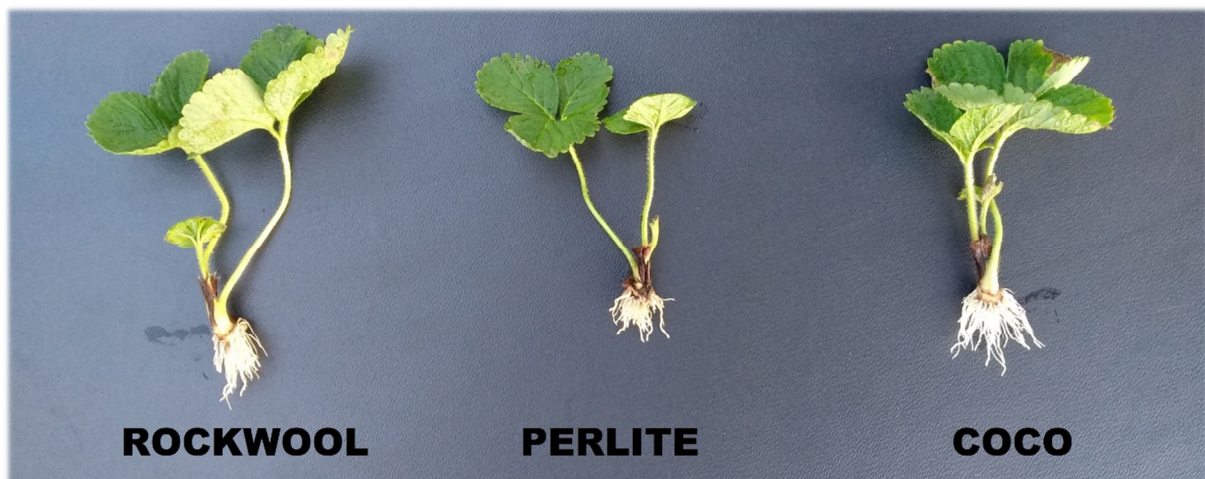
Εικόνα 5.6: Εικόνα των φυτών φράουλας (*Fragaria x ananassa* Duch.) κατά τη διάρκεια της ριζοβολίας σε τρία διαφορετικά υποστρώματα, παρουσία αντιδιαπνευστικού (GEO-FILM) στις 23-06-2018.

Στην εικόνα 5.7 φαίνονται τα φυτάρια φράουλας στα οποία μετρήθηκαν (στις 28 Ιουνίου 2018) οι τέσσερις παράμετροι (ο αριθμός των φύλλων, το ύψος των φυταρίων, ο αριθμός και το μήκος των ριζών τους), παρουσία ορμόνης ριζοβολίας σε σκόνη (Radicin) και αντιδιαπνευστικού σκευάσματος (GEO-FILM). Δοκιμάστηκαν 3 διαφορετικά υποστρώματα ριζοβολίας όπως φαίνεται στην εικόνα 5.7.

Τα φυτάρια που μετρήθηκαν από το υπόστρωμα ριζοβολίας Rockwool εμφάνισαν κατά μέσο όρο 3 φύλλα. Το μέσο ύψος των φυτών ήταν 18,5 cm, είχαν κατά μέσο όρο 80 ρίζες και το μέσο μήκος των ριζών του κυμαινόταν από 0,5 cm μέχρι 3,0 cm.

Τα φυτάρια που μετρήθηκαν από το υπόστρωμα ριζοβολίας Perlite εμφάνισαν κατά μέσο όρο 2 φύλλα. Το μέσο ύψος των φυτών ήταν 16,0 cm, είχαν κατά μέσο όρο 50 ρίζες και το μέσο μήκος των ριζών του κυμαινόταν από 0,7 cm μέχρι 3,0 cm.

Τα φυτάρια που μετρήθηκαν από το υπόστρωμα ριζοβολίας Coco εμφάνισαν κατά μέσο όρο 3 φύλλα. Το μέσο ύψος των φυτών ήταν 16,5 cm, είχαν κατά μέσο όρο 70 ρίζες και το μέσο μήκος των ριζών του κυμαινόταν από 1,2 cm μέχρι 5,0 cm.



Εικόνα 5.7: Εικόνα των φυτών φράουλας (*Fragaria x ananassa* Duch.) κατά τη διάρκεια της ριζοβολίας σε τρία διαφορετικά υποστρώματα, παρουσία ορμόνης ριζοβολίας σε σκόνη (Radicin) και αντιδιαπνευστικού (GEO-FILM) στις 28-06-2018.

Τα φυτάρια φράουλας στα οποία μετρήθηκαν (στις 28 Ιουνίου 2018) οι τέσσερις παράμετροι (ο αριθμός των φύλλων, το ύψος των φυταρίων, ο αριθμός και το μήκος των ριζών τους), παρουσία υγρής ορμόνης ριζοβολίας (IBA) και αντιδιαπνευστικού σκευάσματος (GEO-FILM). Δοκιμάστηκαν 3 διαφορετικά υποστρώματα ριζοβολίας όπως φαίνεται στην εικόνα 5.8.

Τα φυτάρια που μετρήθηκαν από το υπόστρωμα ριζοβολίας Rockwool εμφάνισαν κατά μέσο όρο 3 φύλλα. Το μέσο ύψος των φυτών ήταν 13,5 cm, είχαν κατά μέσο όρο 50 ρίζες και το μέσο μήκος των ριζών του κυμαινόταν από 0,3 cm μέχρι 1,3 cm.

Τα φυτάρια που μετρήθηκαν από το υπόστρωμα ριζοβολίας Perlite εμφάνισαν κατά μέσο όρο 2 φύλλα. Το μέσο ύψος των φυτών ήταν 15,5 cm, είχαν κατά μέσο όρο 40 ρίζες και το μέσο μήκος των ριζών του κυμαινόταν από 0,2 cm μέχρι 0,6 cm.

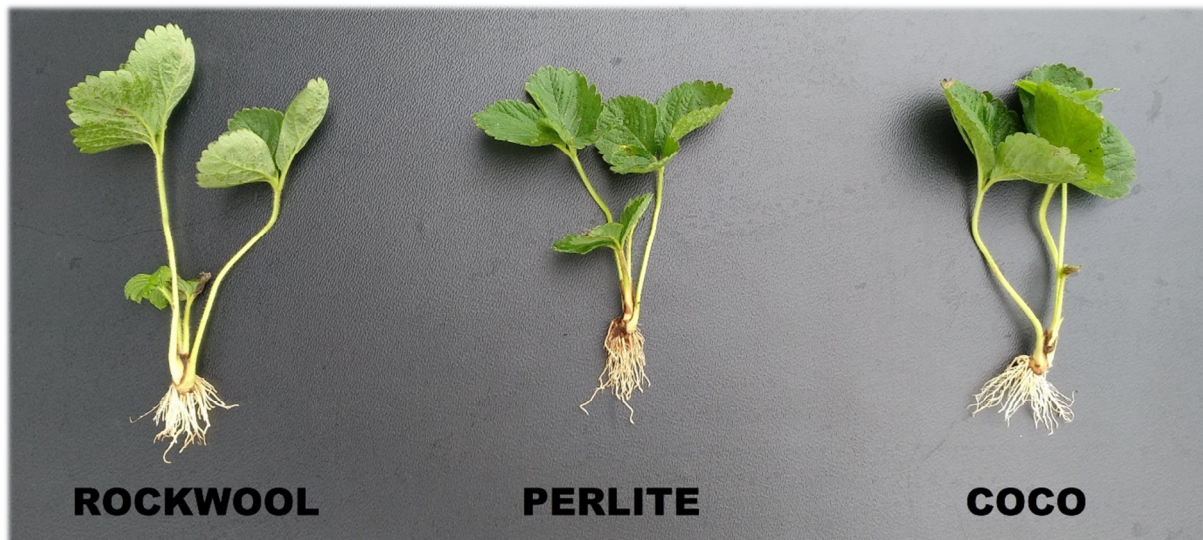
Τα φυτάρια που μετρήθηκαν από το υπόστρωμα ριζοβολίας Coco εμφάνισαν κατά μέσο όρο 3 φύλλα. Το μέσο ύψος των φυτών ήταν 17,0 cm, είχαν κατά μέσο όρο 45 ρίζες και το μέσο μήκος των ριζών του κυμαινόταν από 0,4 cm μέχρι 1,7 cm.

Στην εικόνα 5.9 φαίνονται τα φυτάρια φράουλας στα οποία μετρήθηκαν (στις 28 Ιουνίου 2018) οι τέσσερις παράμετροι (ο αριθμός των φύλλων, το ύψος των φυταρίων, ο αριθμός και το μήκος των ριζών τους), χωρίς προσθήκη ορμόνης ριζοβολίας, παρουσία μόνο αντιδιαπνευστικού σκευάσματος (GEO-FILM). Δοκιμάστηκαν 3 διαφορετικά υποστρώματα ριζοβολίας όπως φαίνεται στην εικόνα 5.9.

Τα φυτάρια που μετρήθηκαν από το υπόστρωμα ριζοβολίας Rockwool εμφάνισαν κατά μέσο όρο 3 φύλλα. Το μέσο ύψος των φυτών ήταν 18,0 cm, είχαν κατά μέσο όρο 65 ρίζες και το μέσο μήκος των ριζών του κυμαινόταν από 1,0 cm μέχρι 4,0 cm.

Τα φυτάρια που μετρήθηκαν από το υπόστρωμα ριζοβολίας Perlite εμφάνισαν κατά μέσο όρο 2 φύλλα. Το μέσο ύψος των φυτών ήταν 15,5 cm, είχαν κατά μέσο όρο 47 ρίζες και το μέσο μήκος των ριζών του κυμαινόταν από 1,0 cm μέχρι 3,5 cm.

Τα φυτάρια που μετρήθηκαν από το υπόστρωμα ριζοβολίας Coco εμφάνισαν κατά μέσο όρο 3 φύλλα. Το μέσο ύψος των φυτών ήταν 17,0 cm, είχαν κατά μέσο όρο 60 ρίζες και το μέσο μήκος των ριζών του κυμαινόταν από 1,3 cm μέχρι 4,0 cm.



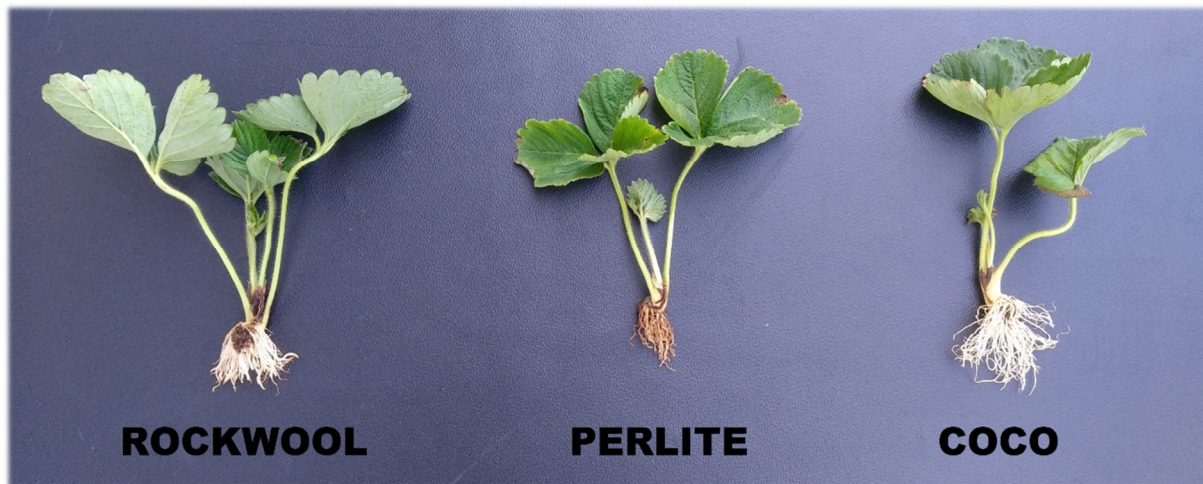
Εικόνα 5.9: Εικόνα των φυτών φράουλας (*Fragaria x ananassa* Duch.) κατά τη διάρκεια της ριζοβολίας σε τρία διαφορετικά υποστρώματα, παρουσία αντιδιαπνευστικού (GEO-FILM) στις 28-06-2018.

Στην εικόνα 5.10 φαίνονται τα φυτάρια φράουλας στα οποία μετρήθηκαν (στις 3 Ιουλίου 2018) οι τέσσερις παράμετροι (ο αριθμός των φύλλων, το ύψος των φυταρίων, ο αριθμός και το μήκος των ριζών τους), παρουσία ορμόνης ριζοβολίας σε σκόνη (Radicin) και αντιδιαπνευστικού σκευάσματος (GEO-FILM). Δοκιμάστηκαν 3 διαφορετικά υποστρώματα ριζοβολίας όπως φαίνεται στην εικόνα 5.10.

Τα φυτάρια που μετρήθηκαν από το υπόστρωμα ριζοβολίας Rockwool εμφάνισαν κατά μέσο όρο 5 φύλλα. Το μέσο ύψος των φυτών ήταν 19,5 cm, είχαν κατά μέσο όρο 85 ρίζες και το μέσο μήκος των ριζών του κυμαινόταν από 0,5 cm μέχρι 4,0 cm.

Τα φυτάρια που μετρήθηκαν από το υπόστρωμα ριζοβολίας Perlite εμφάνισαν κατά μέσο όρο 3 φύλλα. Το μέσο ύψος των φυτών ήταν 16,0 cm, είχαν κατά μέσο όρο 75 ρίζες και το μέσο μήκος των ριζών του κυμαινόταν από 1,0 cm μέχρι 3,0 cm.

Τα φυτάρια που μετρήθηκαν από το υπόστρωμα ριζοβολίας Coco εμφάνισαν κατά μέσο όρο 3 φύλλα. Το μέσο ύψος των φυτών ήταν 18,0 cm, είχαν κατά μέσο όρο 80 ρίζες και το μέσο μήκος των ριζών του κυμαινόταν από 1,5 cm μέχρι 6,0 cm.



Εικόνα 5.10: Εικόνα των φυτών φράουλας (*Fragaria x ananassa* Duch.) κατά τη διάρκεια της ριζοβολίας σε τρία διαφορετικά υποστρώματα, παρουσία ορμόνης ριζοβολίας σε σκόνη (Radicin) και αντιδιαπνευστικού (GEO-FILM) στις 03-07-2018.

Τα φυτάρια φράουλας στα οποία μετρήθηκαν (στις 3 Ιουλίου 2018) οι τέσσερις παράμετροι (ο αριθμός των φύλλων, το ύψος των φυταρίων, ο αριθμός και το μήκος των ριζών τους), παρουσία υγρής ορμόνης ριζοβολίας (IBA) και αντιδιαπνευστικού σκευάσματος (GEO-FILM). Δοκιμάστηκαν 3 διαφορετικά υποστρώματα ριζοβολίας όπως φαίνεται στην εικόνα 5.11.

Τα φυτάρια που μετρήθηκαν από το υπόστρωμα ριζοβολίας Rockwool εμφάνισαν κατά μέσο όρο 3 φύλλα. Το μέσο ύψος των φυτών ήταν 16,0 cm, είχαν κατά μέσο όρο 50 ρίζες και το μέσο μήκος των ριζών του κυμαινόταν από 0,5 cm μέχρι 2,5 cm.

Τα φυτάρια που μετρήθηκαν από το υπόστρωμα ριζοβολίας Perlite εμφάνισαν κατά μέσο όρο 3 φύλλα. Το μέσο ύψος των φυτών ήταν 18,0 cm, είχαν κατά μέσο όρο 35 ρίζες και το μέσο μήκος των ριζών του κυμαινόταν από 0,2 cm μέχρι 1,2 cm.

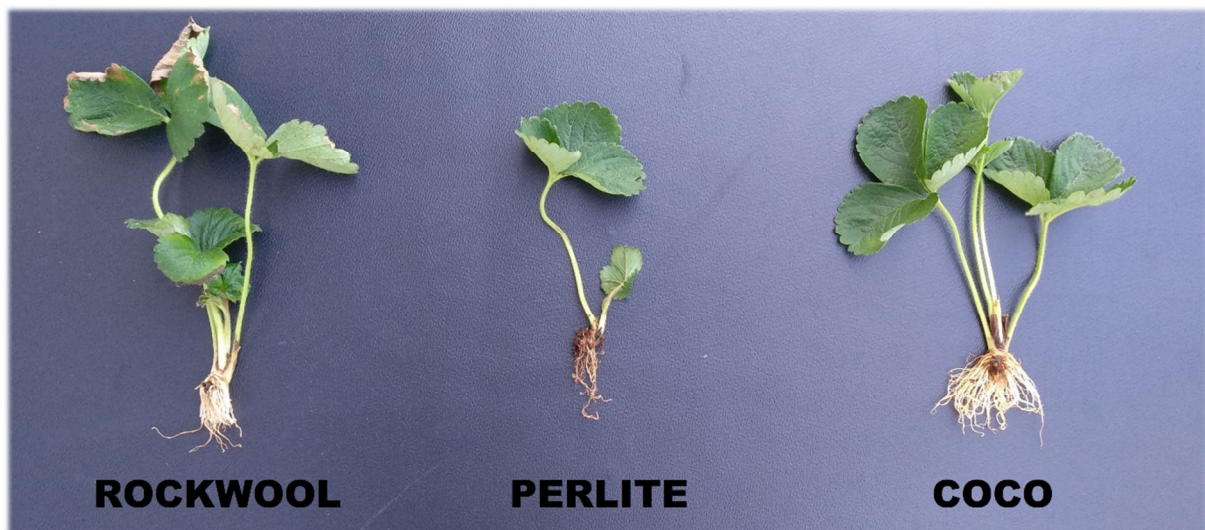
Τα φυτάρια που μετρήθηκαν από το υπόστρωμα ριζοβολίας Coco εμφάνισαν κατά μέσο όρο 4 φύλλα. Το μέσο ύψος των φυτών ήταν 19,0 cm, είχαν κατά μέσο όρο 70 ρίζες και το μέσο μήκος των ριζών του κυμαινόταν από 1,0 cm μέχρι 3,0 cm.

Στην εικόνα 5.12 φαίνονται τα φυτάρια φράουλας στα οποία μετρήθηκαν (στις 3 Ιουλίου 2018) οι τέσσερις παράμετροι (ο αριθμός των φύλλων, το ύψος των φυταρίων, ο αριθμός και το μήκος των ριζών τους), χωρίς προσθήκη ορμόνης ριζοβολίας, παρουσία μόνο αντιδιαπνευστικού σκευάσματος (GEO-FILM). Δοκιμάστηκαν 3 διαφορετικά υποστρώματα ριζοβολίας όπως φαίνεται στην εικόνα 5.12.

Τα φυτάρια που μετρήθηκαν από το υπόστρωμα ριζοβολίας Rockwool εμφάνισαν κατά μέσο όρο 4 φύλλα. Το μέσο ύψος των φυτών ήταν 18,5 cm, είχαν κατά μέσο όρο 65 ρίζες και το μέσο μήκος των ριζών του κυμαινόταν από 1,0 cm μέχρι 4,0 cm.

Τα φυτάρια που μετρήθηκαν από το υπόστρωμα ριζοβολίας Perlite εμφάνισαν κατά μέσο όρο 4 φύλλα. Το μέσο ύψος των φυτών ήταν 16,0 cm, είχαν κατά μέσο όρο 45 ρίζες και το μέσο μήκος των ριζών του κυμαινόταν από 1,5 cm μέχρι 6,0 cm.

Τα φυτάρια που μετρήθηκαν από το υπόστρωμα ριζοβολίας Coco εμφάνισαν κατά μέσο όρο 4 φύλλα. Το μέσο ύψος των φυτών ήταν 18,0 cm, είχαν κατά μέσο όρο 80 ρίζες και το μέσο μήκος των ριζών του κυμαινόταν από 1,5 cm μέχρι 6,0 cm.



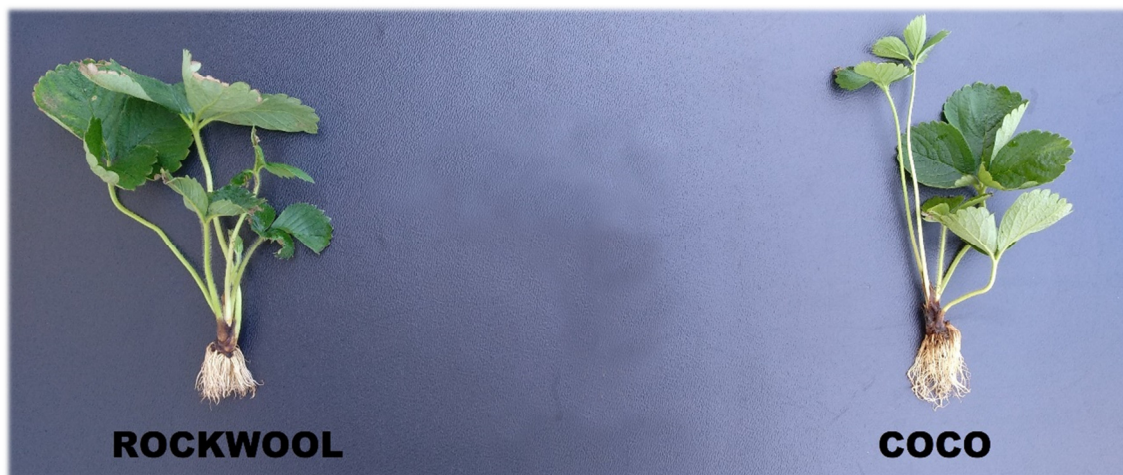
Εικόνα 5.12: Εικόνα των φυτών φράουλας (*Fragaria x ananassa* Duch.) κατά τη διάρκεια της ριζοβολίας σε τρία διαφορετικά υποστρώματα, παρουσία αντιδιαπνευστικού (GEO-FILM) στις 03-07-2018.

Στην εικόνα 5.13 φαίνονται τα φυτάρια φράουλας στα οποία μετρήθηκαν (στις 8 Ιουλίου 2018) οι τέσσερις παράμετροι (ο αριθμός των φύλλων, το ύψος των φυταρίων, ο αριθμός και το μήκος των ριζών τους), παρουσία ορμόνης ριζοβολίας σε σκόνη (Radicin) και αντιδιαπνευστικού σκευάσματος (GEO-FILM). Δοκιμάστηκαν 3 διαφορετικά υποστρώματα ριζοβολίας όπως φαίνεται στην εικόνα 5.13.

Τα φυτάρια που μετρήθηκαν από το υπόστρωμα ριζοβολίας Rockwool εμφάνισαν κατά μέσο όρο 5 φύλλα. Το μέσο ύψος των φυτών ήταν 20,0 cm, είχαν κατά μέσο όρο 140 ρίζες και το μέσο μήκος των ριζών του κυμαινόταν από 1,5 cm μέχρι 4,5 cm.

Στην περίπτωση που χρησιμοποιήθηκε το υπόστρωμα ριζοβολίας Perlite τα φυτάρια κατέρρευσαν λόγω προβλημάτων που δημιουργήθηκαν από την υπερβολική υγρασία στη ριζόσφαιρα των φυτών στο υπόστρωμα του περλίτη.

Τα φυτάρια που μετρήθηκαν από το υπόστρωμα ριζοβολίας Coco εμφάνισαν κατά μέσο όρο 5 φύλλα. Το μέσο ύψος των φυτών ήταν 20,0 cm, είχαν κατά μέσο όρο 90 ρίζες και το μέσο μήκος των ριζών του κυμαινόταν από 1,5 cm μέχρι 6,5 cm.



Εικόνα 5.13: Εικόνα των φυτών φράουλας (*Fragaria x ananassa* Duch.) κατά τη διάρκεια της ριζοβολίας σε τρία διαφορετικά υποστρώματα, παρουσία ορμόνης ριζοβολίας σε σκόνη (Radicin) και αντιδιαπνευστικού (GEO-FILM) στις 08-07-2018.

Τα φυτάρια φράουλας στα οποία μετρήθηκαν (στις 8 Ιουλίου 2018) οι τέσσερις παράμετροι (ο αριθμός των φύλλων, το ύψος των φυταρίων, ο αριθμός και το μήκος των ριζών τους), παρουσία υγρής ορμόνης ριζοβολίας (IBA) και αντιδιαπνευστικού σκευάσματος (GEO-FILM). Δοκιμάστηκαν 3 διαφορετικά υποστρώματα ριζοβολίας όπως φαίνεται στην εικόνα 5.14.

Τα φυτάρια που μετρήθηκαν από το υπόστρωμα ριζοβολίας Rockwool εμφάνισαν κατά μέσο όρο 5 φύλλο. Το μέσο ύψος των φυτών ήταν 17,0 cm, είχαν κατά μέσο όρο 50 ρίζες και το μέσο μήκος των ριζών του κυμαινόταν από 0,6 cm μέχρι 2,5 cm.

Στην περίπτωση που χρησιμοποιήθηκε το υπόστρωμα ριζοβολίας Perlite τα φυτάρια κατέρρευσαν λόγω προβλημάτων που δημιουργήθηκαν από την υπερβολική υγρασία στη ριζόσφαιρα των φυτών στο υπόστρωμα του περλίτη.

Τα φυτάρια που μετρήθηκαν από το υπόστρωμα ριζοβολίας Coco εμφάνισαν κατά μέσο όρο 5 φύλλο. Το μέσο ύψος των φυτών ήταν 20,0 cm, είχαν κατά μέσο όρο 70 ρίζες και το μέσο μήκος των ριζών του κυμαινόταν από 1,2 cm μέχρι 3,5 cm.

Στην εικόνα 5.15 φαίνονται τα φυτά που μετρήθηκαν στις 8 Ιουλίου από την μεταχείριση GEO-FILM.

Στην εικόνα 5.15 φαίνονται τα φυτάρια φράουλας στα οποία μετρήθηκαν (στις 8 Ιουλίου 2018) οι τέσσερις παράμετροι (ο αριθμός των φύλλων, το ύψος των φυταρίων, ο αριθμός και το μήκος των ριζών τους), χωρίς προσθήκη ορμόνης ριζοβολίας, παρουσία μόνο αντιδιαπνευστικού σκευάσματος (GEO-FILM). Δοκιμάστηκαν 3 διαφορετικά υποστρώματα ριζοβολίας όπως φαίνεται στην εικόνα 5.15.

Τα φυτάρια που μετρήθηκαν από το υπόστρωμα ριζοβολίας Rockwool εμφάνισαν κατά μέσο όρο 4 φύλλα. Το μέσο ύψος των φυτών ήταν 21,0 cm, είχαν κατά μέσο όρο 85 ρίζες και το μέσο μήκος των ριζών του κυμαινόταν από 1,0 cm μέχρι 6,0 cm.

Στην περίπτωση που χρησιμοποιήθηκε το υπόστρωμα ριζοβολίας Perlite τα φυτάρια κατέρρευσαν λόγω προβλημάτων που δημιουργήθηκαν από την υπερβολική υγρασία στη ριζόσφαιρα των φυτών στο υπόστρωμα του περλίτη.

Τα φυτάρια που μετρήθηκαν από το υπόστρωμα ριζοβολίας Coco εμφάνισαν κατά μέσο όρο 5 φύλλα. Το μέσο ύψος των φυτών ήταν 21,0 cm, είχαν κατά μέσο όρο 90 ρίζες και το μέσο μήκος των ριζών του κυμαινόταν από 2,0 cm μέχρι 6,0 cm.



Εικόνα 5.15: Εικόνα των φυτών φράουλας (*Fragaria x ananassa* Duch.) κατά τη διάρκεια της ριζοβολίας σε τρία διαφορετικά υποστρώματα, παρουσία αντιδιαπνευστικού (GEO-FILM) στις 08-07-2018.

5.3 Αξιολόγηση της ριζοβολίας

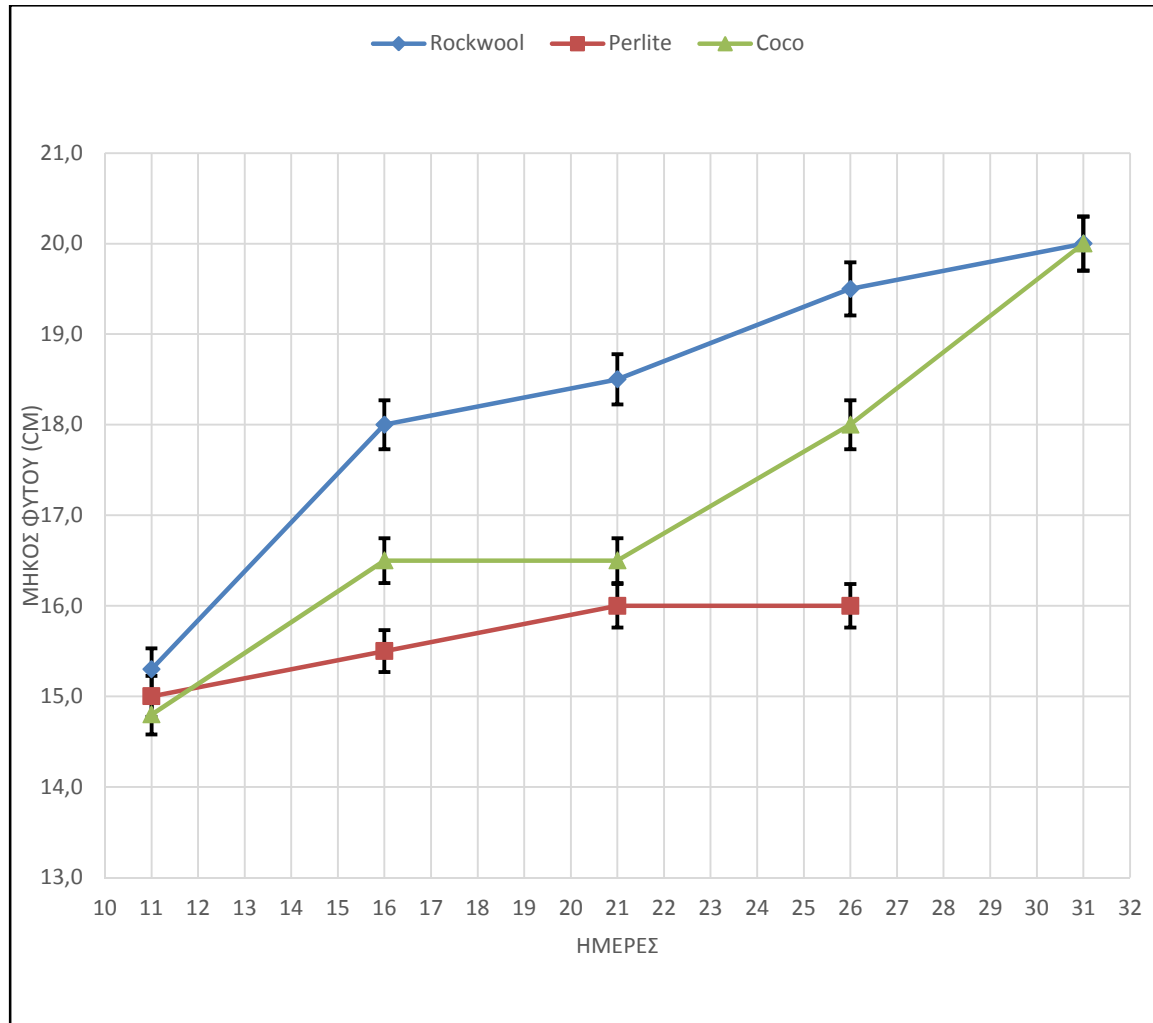
Σε αυτό το σημείο της εργασίας έφτασε η ώρα να αξιολογήσουμε την ριζοβολία των φυταρίων φράουλας.

Η δημιουργία γραφημάτων με τα πειραματικά δεδομένα που προέκυψαν κατά τις μετρήσεις των δειγμάτων, θα μας δώσουν την ευκαιρία να κατανοήσουμε και να αξιολογήσουμε καλύτερα τα αποτελέσματα του πειράματος της ριζοβολίας των φυταρίων φράουλας σε τρία διαφορετικά υποστρώματα στο υδροπονικό σύστημα άμπωτης και παλίρροιας που δοκιμάστηκε για πρώτη φορά στη φράουλα.

Όπως προαναφέρθηκε, οι μετρήσεις που διενεργήθηκαν αφορούσαν το ύψος των φυτών, τον αριθμό των φύλλων, τον αριθμό των ριζών καθώς και το μέσο μήκος των ριζών. Τα αποτελέσματα αναλύονται στα παρακάτω διαγράμματα:

5.3.1 Αύξηση του ύψους των φυταρίων φράουλας κατά τη διάρκεια της ριζοβολίας στο σύστημα άμπωτης και παλίρροιας

Στο διάγραμμα 5.4 απεικονίζετε η πορεία της αύξησης του ύψους των φυταρίων φράουλας παρουσία ορμόνης ριζοβολίας σε σκόνη (Radicin) και αντιδιαπνευστικού σκευάσματος (GEO-FILM) στα 3 διαφορετικά υποστρώματα που δοκιμάστηκαν κατά τη διάρκεια της ριζοβολίας (31 ημέρες).



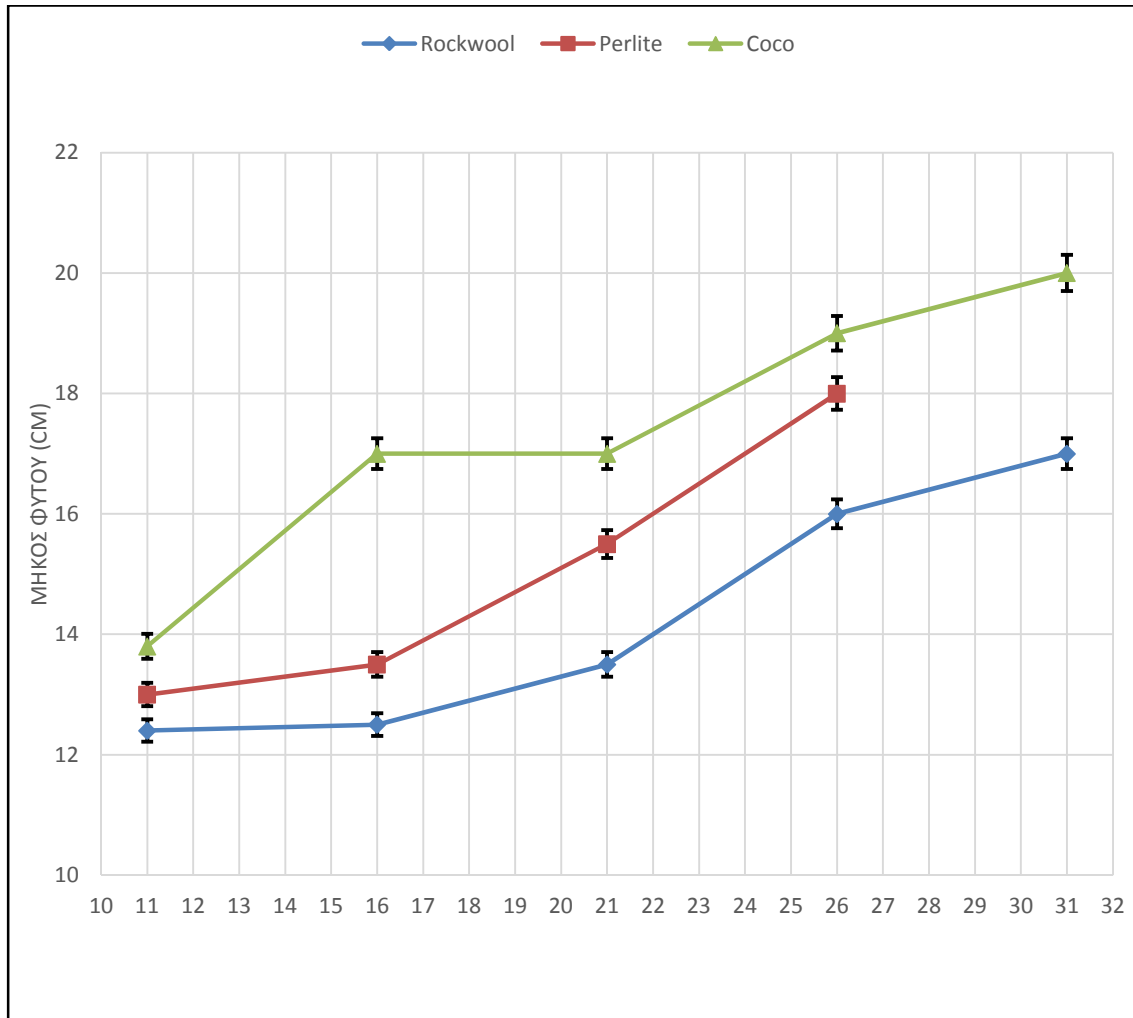
Διάγραμμα 5.4: Αύξηση του ύψους των φυτών φράουλας (*Fragaria x ananassa* Duch.) κατά τη διάρκεια της ριζοβολίας σε τρία διαφορετικά υποστρώματα, παρουσία ορμόνης ριζοβολίας σε σκόνη (Radicin) και αντιδιαπνευστικού (GEO-FILM).

Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι ο ρυθμός αύξησης του ύψους των φυταρίων κατά τη διάρκεια του πειράματος στα τρία διαφορετικά υποστρώματα, στις περισσότερες περιπτώσεις έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Ειδικότερα, η μεγαλύτερη μέση αύξηση του ύψους κατά 35% παρατηρήθηκε στην περίπτωση που χρησιμοποιήθηκε το υπόστρωμα ριζοβολίας Coco. Στην περίπτωση που χρησιμοποιήθηκε το υπόστρωμα ριζοβολίας Rockwool η μέση αύξηση του ύψους ήταν 31%.

Στην περίπτωση που χρησιμοποιήθηκε το υπόστρωμα ριζοβολίας Perlite, η μέση αύξηση του ύψους των φυταρίων μέχρι την 21η ημέρα ήταν σημαντικά μικρότερη σε σχέση με τα υποστρώματα ριζοβολίας Coco και Rockwool. Την 26η ημέρα, στο υπόστρωμα ριζοβολίας Perlite η μέση αύξηση του ύψους ήταν μόνο 7% αντίστοιχα, ενώ στη συνέχεια τα φυτάρια κατέρρευσαν λόγω προβλημάτων που δημιουργήθηκαν από την υπερβολική υγρασία στη ριζόσφαιρα των φυτών στο υπόστρωμα του περλίτη.

Στο διάγραμμα 5.5 απεικονίζετε η πορεία της αύξησης του ύψους των φυταρίων φράουλας παρουσία υγρής ορμόνης ριζοβολίας (IBA) και αντιδιαπνευστικού σκευάσματος (GEO-FILM) στα 3 διαφορετικά υποστρώματα που δοκιμάστηκαν κατά τη διάρκεια της ριζοβολίας (31 ημέρες).



Διάγραμμα 5.5: Αύξηση του ύψους των φυτών φράουλας (*Fragaria x ananassa* Duch.) κατά τη διάρκεια της ριζοβολίας σε τρία διαφορετικά υποστρώματα, παρουσία υγρής ορμόνης ριζοβολίας (IBA) και αντιδιαπνευστικού (GEO-FILM).

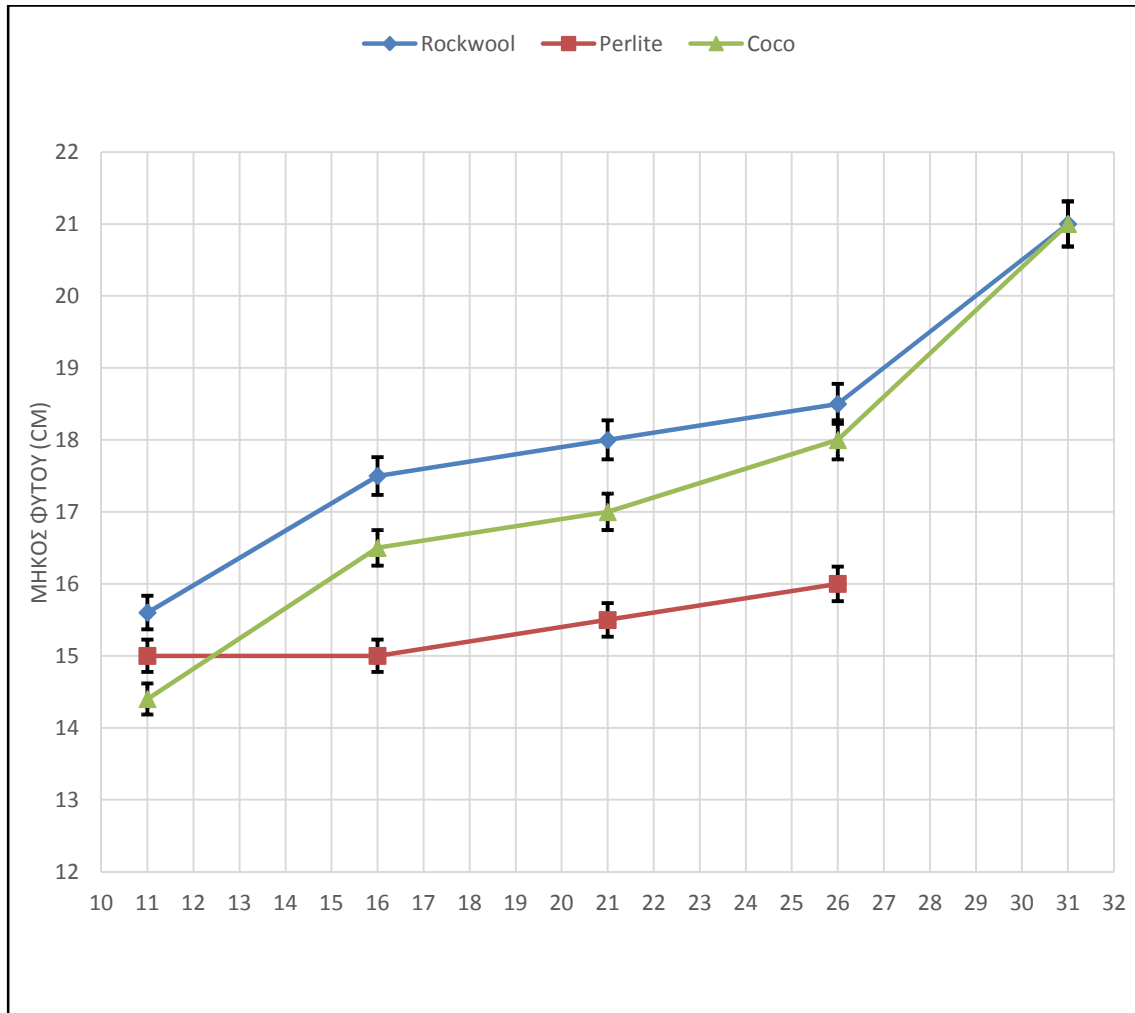
Ο ρυθμός αύξησης του ύψους των φυταρίων κατά τη διάρκεια του πειράματος στα τρία διαφορετικά υποστρώματα, στις περισσότερες περιπτώσεις έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Ειδικότερα, η μεγαλύτερη μέση αύξηση του ύψους κατά 45% παρατηρήθηκε στην περίπτωση που χρησιμοποιήθηκε το υπόστρωμα ριζοβολίας Coco. Στην

περίπτωση που χρησιμοποιήθηκε το υπόστρωμα ριζοβολίας Rockwool η μέση αύξηση του ύψους ήταν 37%.

Στην περίπτωση που χρησιμοποιήθηκε το υπόστρωμα ριζοβολίας Perlite, η μέση αύξηση του ύψους των φυταρίων μέχρι την 21η ημέρα ακολουθούσε τους ρυθμούς αύξησης των δύο άλλων υποστρωμάτων ριζοβολίας Coco και Rockwool, μετά όμως την 26η ημέρα (αύξηση του ύψους 38%) τα φυτάρια κατέρρευσαν λόγω προβλημάτων που δημιουργήθηκαν από την υπερβολική υγρασία στη ριζόσφαιρα των φυτών στο υπόστρωμα του περλίτη.

Στο διάγραμμα 5.6 απεικονίζετε η πορεία της αύξησης του ύψους των φυταρίων φράουλας χωρίς προσθήκη ορμόνης ριζοβολίας, παρουσία μόνο αντιδιαπνευστικού σκευάσματος (GEO-FILM) στα 3 διαφορετικά υποστρώματα που δοκιμάστηκαν κατά τη διάρκεια της ριζοβολίας (31 ημέρες).



Διάγραμμα 5.6: Αύξηση του ύψους των φυτών φράουλας (*Fragaria x ananassa* Duch.) κατά τη διάρκεια της ριζοβολίας σε τρία διαφορετικά υποστρώματα, χωρίς προσθήκη ορμόνης ριζοβολίας, παρουσία μόνο αντιδιαπνευστικού (GEO-FILM).

Στα control πειράματα (μάρτυρας), ο ρυθμός αύξησης του ύψους των φυταρίων κατά τη διάρκεια της ριζοβολίας στα τρία διαφορετικά υποστρώματα, στις περισσότερες περιπτώσεις έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Ειδικότερα, η μεγαλύτερη μέση αύξηση του ύψους κατά 46% παρατηρήθηκε στην περίπτωση που χρησιμοποιήθηκε το υπόστρωμα ριζοβολίας Coco. Στην

περίπτωση που χρησιμοποιήθηκε το υπόστρωμα ριζοβολίας Rockwool η μέση αύξηση του ύψους ήταν 35%.

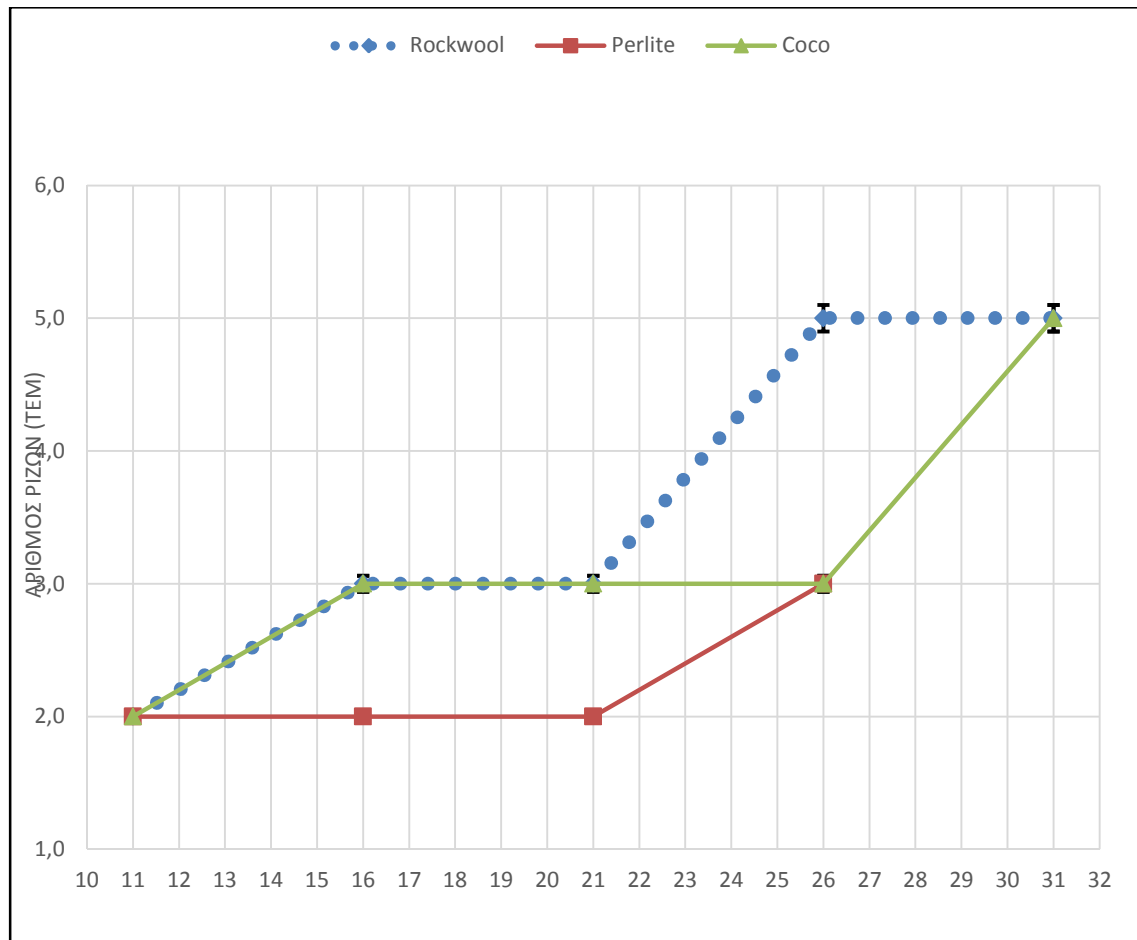
Στην περίπτωση που χρησιμοποιήθηκε το υπόστρωμα ριζοβολίας Perlite, χωρίς προσθήκη ορμόνης ριζοβολίας, παρουσία μόνο αντιδιαπνευστικού (GEO-FILM), η μέση αύξηση του ύψους των φυταρίων μέχρι την 26η ημέρα ήταν πολύ μικρή σε σχέση με τα δύο άλλα υποστρώματα ριζοβολίας Coco και Rockwool, και ακολούθως τα φυτάρια κατέρρευσαν λόγω προβλημάτων που δημιουργήθηκαν από την υπερβολική υγρασία στη ριζόσφαιρα των φυτών στο υπόστρωμα του περλίτη.

Συμπερασματικά διαπιστώνετε ότι το ύψος των φυταρίων της φράουλας κατά τη διάρκεια της ριζοβολίας στα δύο πρώτα υποστρώματα Coco και Rockwool, παρουσία ορμόνης ριζοβολίας σε σκόνη (Radicin) και παρουσία υγρής ορμόνης ριζοβολίας (IBA) είχε μια συνεχή σημαντική αύξηση που στο τέλος της ριζοβολίας κυμαινόταν από 31% μέχρι 45%.

Παρόμοια επίπεδα αύξησης του ύψους διαπιστώθηκαν και απουσία οποιασδήποτε ορμόνης ριζοβολίας, δηλαδή στα control πειράματα (μάρτυρας).

5.3.2 Αύξηση του αριθμού των φύλλων φυταρίων φράουλας κατά τη διάρκεια της ριζοβολίας στο σύστημα άμπωτης και παλίρροιας

Στο διάγραμμα 5.7 απεικονίζετε η πορεία της αύξησης του αριθμού των φύλλων των φυταρίων φράουλας παρουσία ορμόνης ριζοβολίας σε σκόνη (Radicin) και αντιδιαπνευστικού σκευάσματος (GEO-FILM) στα 3 διαφορετικά υποστρώματα που δοκιμάστηκαν κατά τη διάρκεια της ριζοβολίας (31 ημέρες).



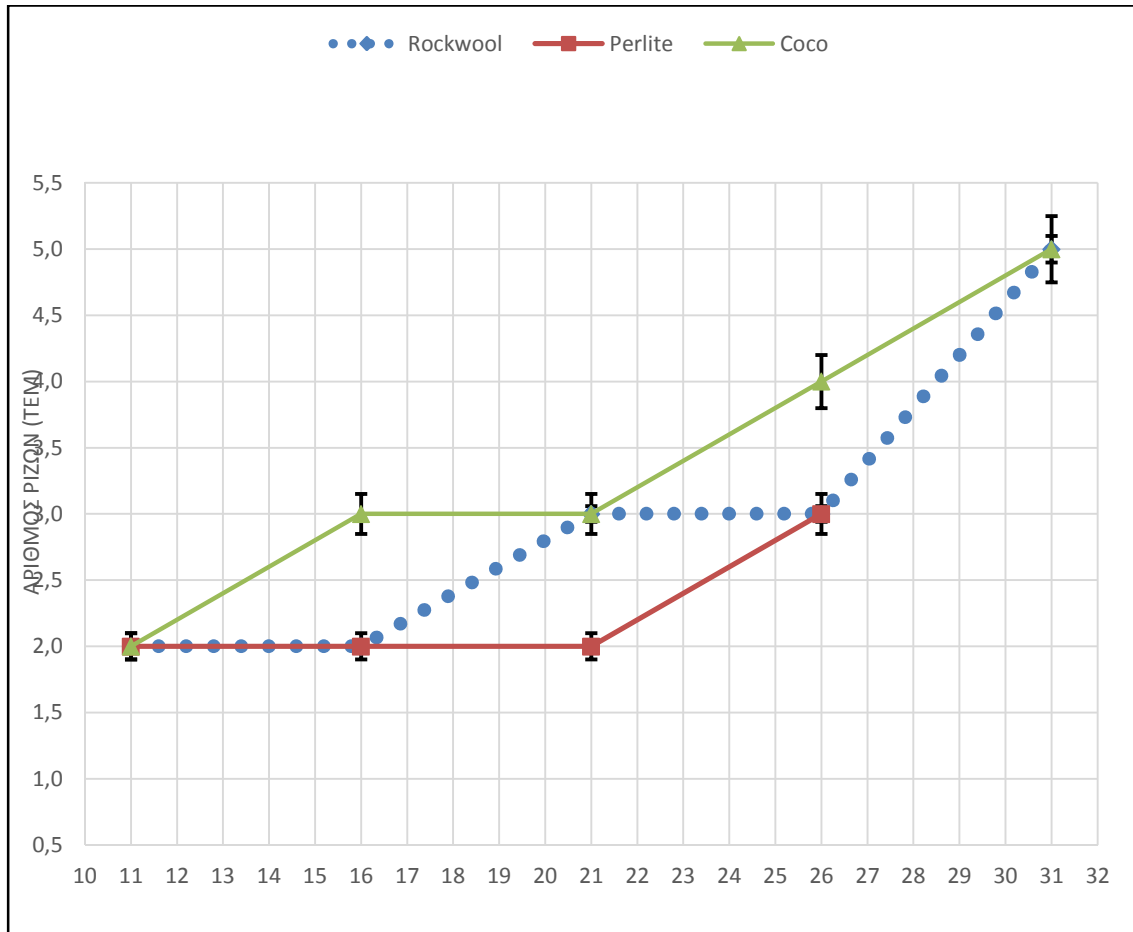
Διάγραμμα 5.7: Αύξηση του αριθμού των φύλλων φυτών φράουλας (*Fragaria x ananassa* Duch.) κατά τη διάρκεια της ριζοβολίας σε τρία διαφορετικά υποστρώματα, παρουσία ορμόνης ριζοβολίας σε σκόνη (Radicin) και αντιδιαπνευστικού (GEO-FILM).

Ο ρυθμός αύξησης του αριθμού των φύλλων κατά τη διάρκεια του πειράματος στα τρία διαφορετικά υποστρώματα, στις περισσότερες περιπτώσεις έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Ειδικότερα, η μεγαλύτερη μέση αύξηση του αριθμού των φύλλων κατά 150% παρατηρήθηκε στις περιπτώσεις που χρησιμοποιήθηκε το υπόστρωμα ριζοβολίας Rockwool και το υπόστρωμα ριζοβολίας Coco (το κάθε φυτάριο έδωσε κατά τη διάρκεια της ριζοβολίας τρία καινούργια φύλλα κατά μέσο όρο).

Στην περίπτωση που χρησιμοποιήθηκε το υπόστρωμα ριζοβολίας Perlite η μέση αύξηση των φύλλων ήταν 50% την 26^η ημέρα αντίστοιχα (το κάθε φυτάριο έδωσε κατά τη διάρκεια της ριζοβολίας ένα καινούργιο φύλλο κατά μέσο όρο), ενώ στη συνέχεια τα φυτάρια κατέρρευσαν λόγω προβλημάτων που δημιουργήθηκαν από την υπερβολική υγρασία στη ριζόσφαιρα των φυτών στο υπόστρωμα του περλίτη.

Στο διάγραμμα 5.8 απεικονίζεται η πορεία της αύξησης του αριθμού των φύλλων των φυταρίων φράουλας παρουσία υγρής ορμόνης ριζοβολίας (IBA) και αντιδιαπνευστικού σκευάσματος (GEO-FILM) στα 3 διαφορετικά υποστρώματα που δοκιμάστηκαν κατά τη διάρκεια της ριζοβολίας (31 ημέρες).



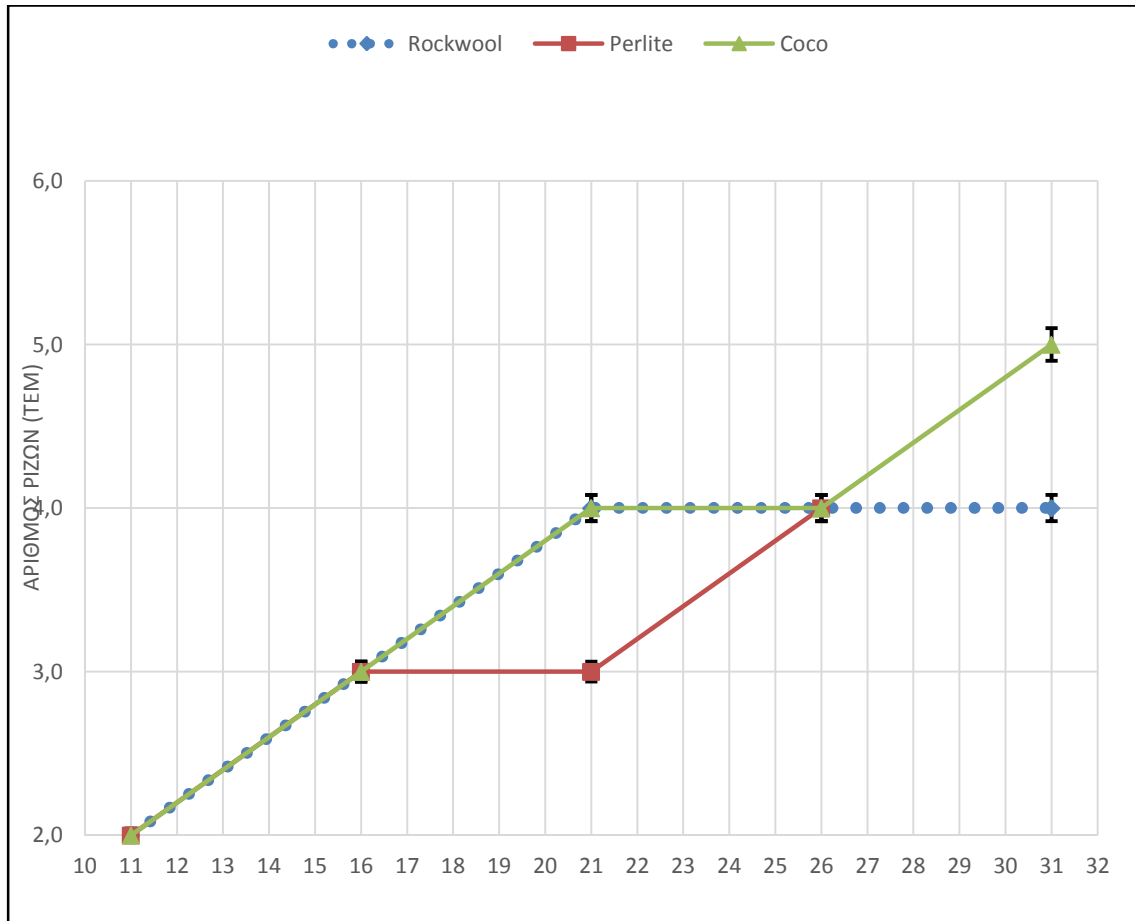
Διάγραμμα 5.8: Αύξηση του αριθμού των φύλλων φυτών φράουλας (*Fragaria x ananassa* Duch.) κατά τη διάρκεια της ριζοβολίας σε τρία διαφορετικά υποστρώματα, παρουσία υγρής ορμόνης ριζοβολίας (IBA) και αντιδιαπνευστικού (GEO-FILM).

Ο ρυθμός αύξησης του αριθμού των φύλλων κατά τη διάρκεια του πειράματος στα τρία διαφορετικά υποστρώματα, στις περισσότερες περιπτώσεις έδειξε μικρές αλλά στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Ειδικότερα, η μεγαλύτερη μέση αύξηση του αριθμού των φύλλων κατά 150% παρατηρήθηκε στις περιπτώσεις που χρησιμοποιήθηκε το υπόστρωμα ριζοβολίας Rockwool και το υπόστρωμα ριζοβολίας Coco (το κάθε φυτάριο έδωσε κατά τη διάρκεια της ριζοβολίας τρία καινούργια φύλλα κατά μέσο όρο).

Στην περίπτωση που χρησιμοποιήθηκε το υπόστρωμα ριζοβολίας Perlite η μέση αύξηση των φύλλων ήταν 50% την 26^η ημέρα αντίστοιχα (το κάθε φυτάριο έδωσε κατά τη διάρκεια της ριζοβολίας ένα καινούργιο φύλλο κατά μέσο όρο), ενώ στη συνέχεια τα φυτάρια κατέρρευσαν λόγω προβλημάτων που δημιουργήθηκαν από την υπερβολική υγρασία στη ριζόσφαιρα των φυτών στο υπόστρωμα του περλίτη.

Στο διάγραμμα 5.9 απεικονίζεται η πορεία της αύξησης του αριθμού των φύλλων των φυταρίων φράουλας χωρίς προσθήκη ορμόνης ριζοβολίας, παρουσία αντιδιαπνευστικού σκευάσματος (GEO-FILM) στα 3 διαφορετικά υποστρώματα που δοκιμάστηκαν κατά τη διάρκεια της ριζοβολίας (31 ημέρες).



Διάγραμμα 5.9: Αύξηση του αριθμού των φύλλων φυτών φράουλας (*Fragaria x ananassa* Duch.) κατά τη διάρκεια της ριζοβολίας σε τρία διαφορετικά υποστρώματα, χωρίς προσθήκη ορμόνης ριζοβολίας, παρουσία μόνο αντιδιαπνευστικού (GEO-FILM).

Στα control πειράματα (μάρτυρας), ο ρυθμός αύξησης του αριθμού των φύλλων κατά τη διάρκεια της ριζοβολίας στα τρία διαφορετικά υποστρώματα, στις περισσότερες περιπτώσεις ήταν αυξητικός.

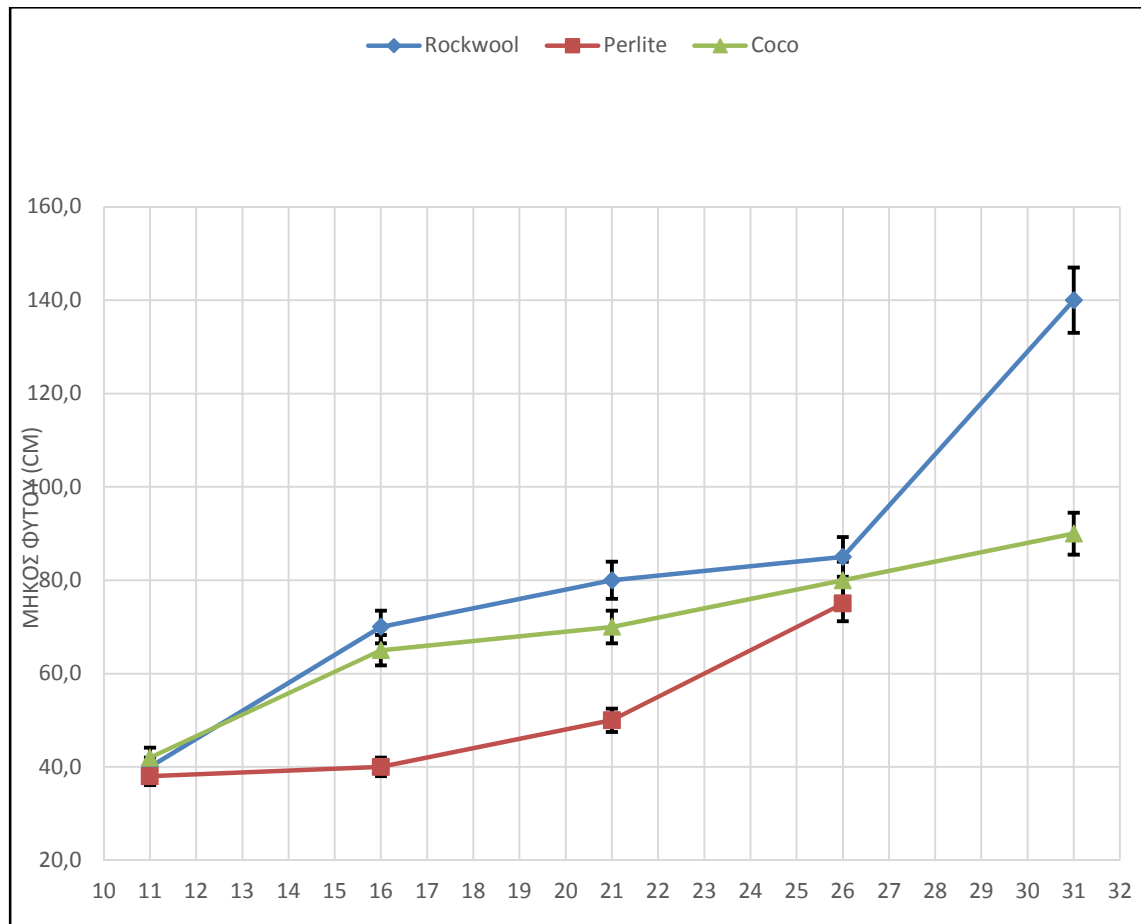
Ειδικότερα, η μεγαλύτερη μέση αύξηση του αριθμού των φύλλων κατά 150% παρατηρήθηκε στην περίπτωση που χρησιμοποιήθηκε το υπόστρωμα ριζοβολίας Coco. Στην περίπτωση που χρησιμοποιήθηκε το υπόστρωμα ριζοβολίας Rockwool η μέση αύξηση του αριθμού των φύλλων ήταν 100%.

Στην περίπτωση που χρησιμοποιήθηκε το υπόστρωμα ριζοβολίας Perlite η μέση αύξηση των φύλλων ήταν 100% την 26η ημέρα αντίστοιχα, ενώ στη συνέχεια τα φυτάρια κατέρρευσαν λόγω προβλημάτων που δημιουργήθηκαν από την υπερβολική υγρασία στη ριζόσφαιρα των φυτών στο υπόστρωμα του περλίτη.

Συμπερασματικά διαπιστώνετε ότι ο αριθμός των νέων φύλλων των φυταρίων φράουλας (*Fragaria x ananassa* Duch.) που αναπτύχθηκαν κατά τη διάρκεια της ριζοβολίας στα δύο πρώτα υποστρώματα Coco και Rockwool, παρουσία ορμόνης ριζοβολίας σε σκόνη (Radicin) και παρουσία υγρής ορμόνης ριζοβολίας (IBA) αυξήθηκε από τα δύο στα τέσσερα ή πέντε φύλλα μέχρι το τέλος της ριζοβολίας. Παρόμοια επίπεδα αύξησης του αριθμού διαπιστώθηκαν και απουσία οποιασδήποτε ορμόνης ριζοβολίας, δηλαδή στα control πειράματα (μάρτυρας).

5.3.3 Αύξηση του αριθμού των ριζών φυταρίων φράουλας κατά τη ριζοβολία στο σύστημα άμπωτης και παλίρροιας

Στο διάγραμμα 5.10 απεικονίζετε η πορεία της αύξησης του αριθμού των ριζών των φυταρίων φράουλας παρουσία ορμόνης ριζοβολίας σε σκόνη (Radicin) και αντιδιαπνευστικού σκευάσματος (GEO-FILM) στα 3 διαφορετικά υποστρώματα που δοκιμάστηκαν κατά τη διάρκεια της ριζοβολίας (31 ημέρες).



Διάγραμμα 5.10: Αύξηση του αριθμού των ριζών φυτών φράουλας (*Fragaria x ananassa* Duch.) κατά τη διάρκεια της ριζοβολίας σε τρία διαφορετικά υποστρώματα, παρουσία ορμόνης ριζοβολίας σε σκόνη (Radicin) και αντιδιαπνευστικού (GEO-FILM).

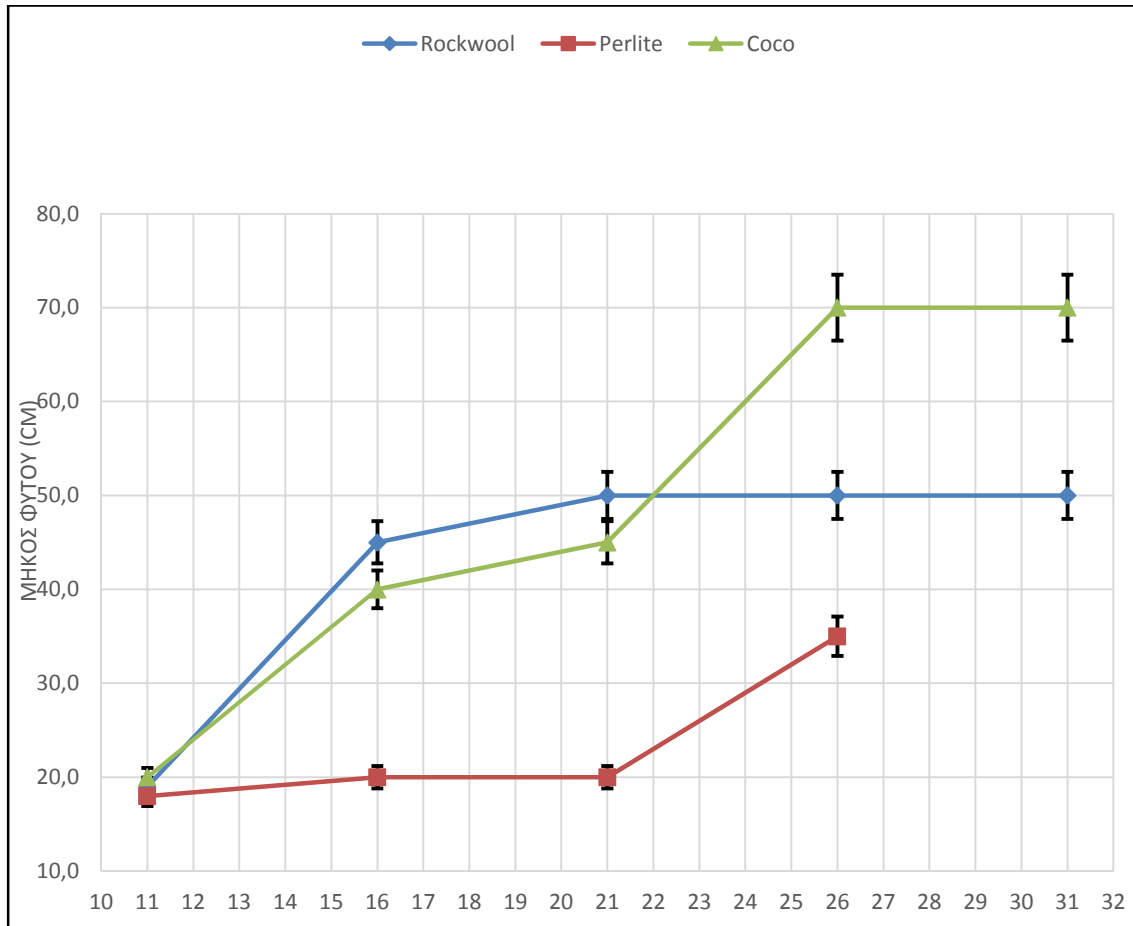
Ο ρυθμός αύξησης του αριθμού των ριζών κατά τη διάρκεια του πειράματος στα τρία διαφορετικά υποστρώματα, στις περισσότερες περιπτώσεις έδειξε μικρές αλλά στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Ειδικότερα, η μεγαλύτερη μέση αύξηση του αριθμού των ριζών κατά 250% παρατηρήθηκε στην περίπτωση που χρησιμοποιήθηκε το υπόστρωμα ριζοβολίας

Rockwool. Στην περίπτωση που χρησιμοποιήθηκε το υπόστρωμα ριζοβολίας Coco η μέση αύξηση του αριθμού των ριζών ήταν 114%.

Στην περίπτωση που χρησιμοποιήθηκε το υπόστρωμα ριζοβολίας Perlite η μέση αύξηση του αριθμού των ριζών ήταν 97% την 26^η ημέρα αντίστοιχα, ενώ στη συνέχεια τα φυτάρια κατέρρευσαν λόγω προβλημάτων που δημιουργήθηκαν από την υπερβολική υγρασία στη ριζόσφαιρα των φυτών στο υπόστρωμα του περλίτη.

Στο διάγραμμα 5.11 απεικονίζεται η πορεία της αύξησης του αριθμού των ριζών των φυταρίων φράουλας παρουσία υγρής ορμόνης ριζοβολίας (IBA) και αντιδιαπνευστικού σκευάσματος (GEO-FILM) στα 3 διαφορετικά υποστρώματα που δοκιμάστηκαν κατά τη διάρκεια της ριζοβολίας (31 ημέρες).



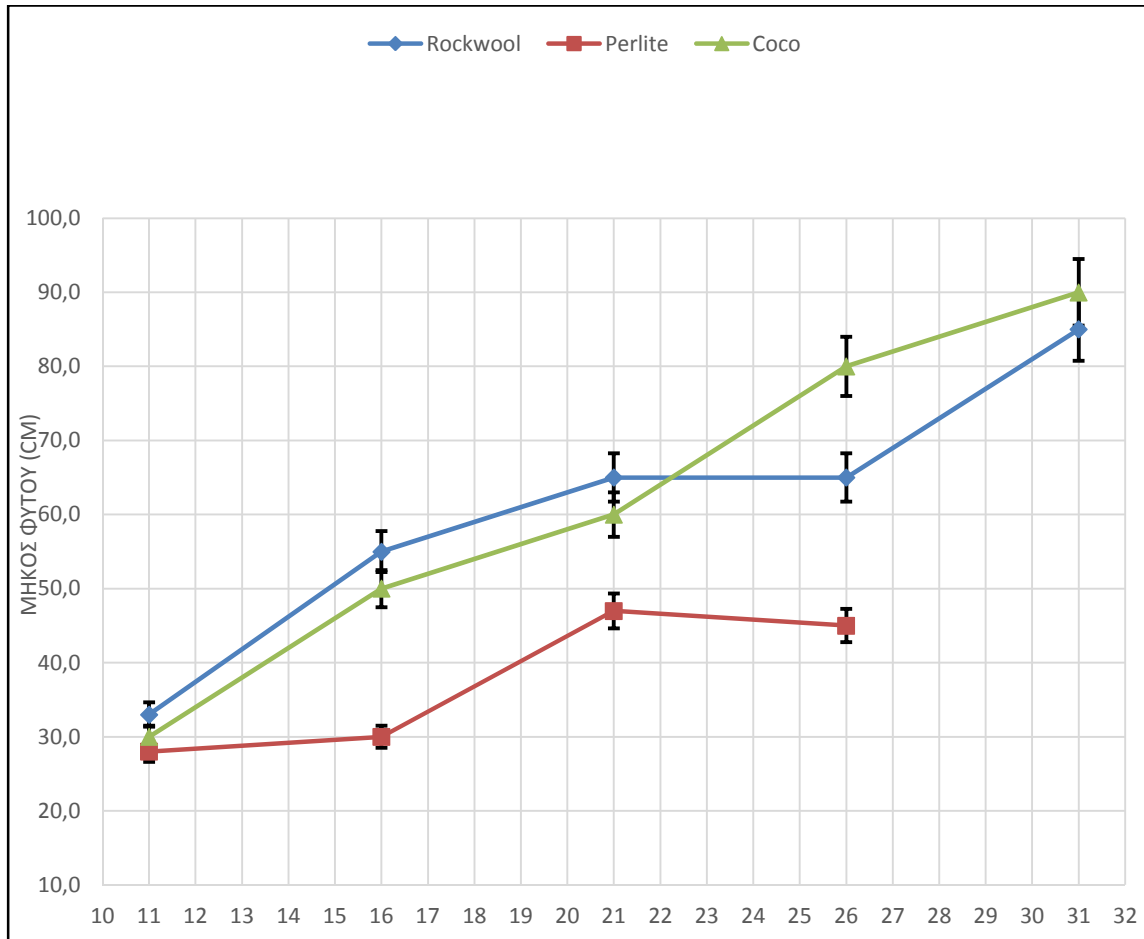
Διάγραμμα 5.11: Αύξηση του αριθμού των ριζών φυτών φράουλας (*Fragaria x ananassa* Duch.) κατά τη διάρκεια της ριζοβολίας σε τρία διαφορετικά υποστρώματα, παρουσία υγρής ορμόνης ριζοβολίας (IBA) και αντιδιαπνευστικού (GEO-FILM).

Ο ρυθμός αύξησης του αριθμού των ριζών κατά τη διάρκεια του πειράματος στα τρία διαφορετικά υποστρώματα, στις περισσότερες περιπτώσεις έδειξε μικρές αλλά στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Ειδικότερα, η μεγαλύτερη μέση αύξηση του αριθμού των ριζών κατά 250% παρατηρήθηκε στην περίπτωση που χρησιμοποιήθηκε το υπόστρωμα ριζοβολίας Coco. Στην περίπτωση που χρησιμοποιήθηκε το υπόστρωμα ριζοβολίας Rockwool η μέση αύξηση του αριθμού των ριζών ήταν σημαντικά μικρότερη, 163%.

Στην περίπτωση που χρησιμοποιήθηκε το υπόστρωμα ριζοβολίας Perlite η μέση αύξηση των ριζών ήταν 94% την 26η ημέρα αντίστοιχα, ενώ στη συνέχεια τα φυτάρια κατέρρευσαν λόγω προβλημάτων που δημιουργήθηκαν από την υπερβολική υγρασία στη ριζόσφαιρα των φυτών στο υπόστρωμα του περλίτη.

Στο διάγραμμα 5.12 απεικονίζεται η πορεία της αύξησης του αριθμού των ριζών των φυταρίων φράουλας χωρίς προσθήκη ορμόνης ριζοβολίας, παρουσία αντιδιαπνευστικού σκευάσματος (GEO-FILM) στα 3 διαφορετικά υποστρώματα που δοκιμάστηκαν κατά τη διάρκεια της ριζοβολίας (31 ημέρες).



Διάγραμμα 5.12: Αύξηση του αριθμού των ριζών φυτών φράουλας (*Fragaria x ananassa* Duch.) κατά τη διάρκεια της ριζοβολίας σε τρία διαφορετικά υποστρώματα, χωρίς προσθήκη ορμόνης ριζοβολίας, παρουσία μόνο αντιδιαπνευστικού (GEO-FILM).

Ο ρυθμός αύξησης του αριθμού των ριζών κατά τη διάρκεια του πειράματος στα τρία διαφορετικά υποστρώματα, στις περισσότερες περιπτώσεις έδειξε μικρές αλλά στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Ειδικότερα, η μεγαλύτερη μέση αύξηση του αριθμού των ριζών κατά 200% παρατηρήθηκε στην περίπτωση που χρησιμοποιήθηκε το υπόστρωμα ριζοβολίας Coco. Στην περίπτωση που χρησιμοποιήθηκε το υπόστρωμα ριζοβολίας Rockwool η μέση αύξηση του αριθμού των ριζών ήταν 158%.

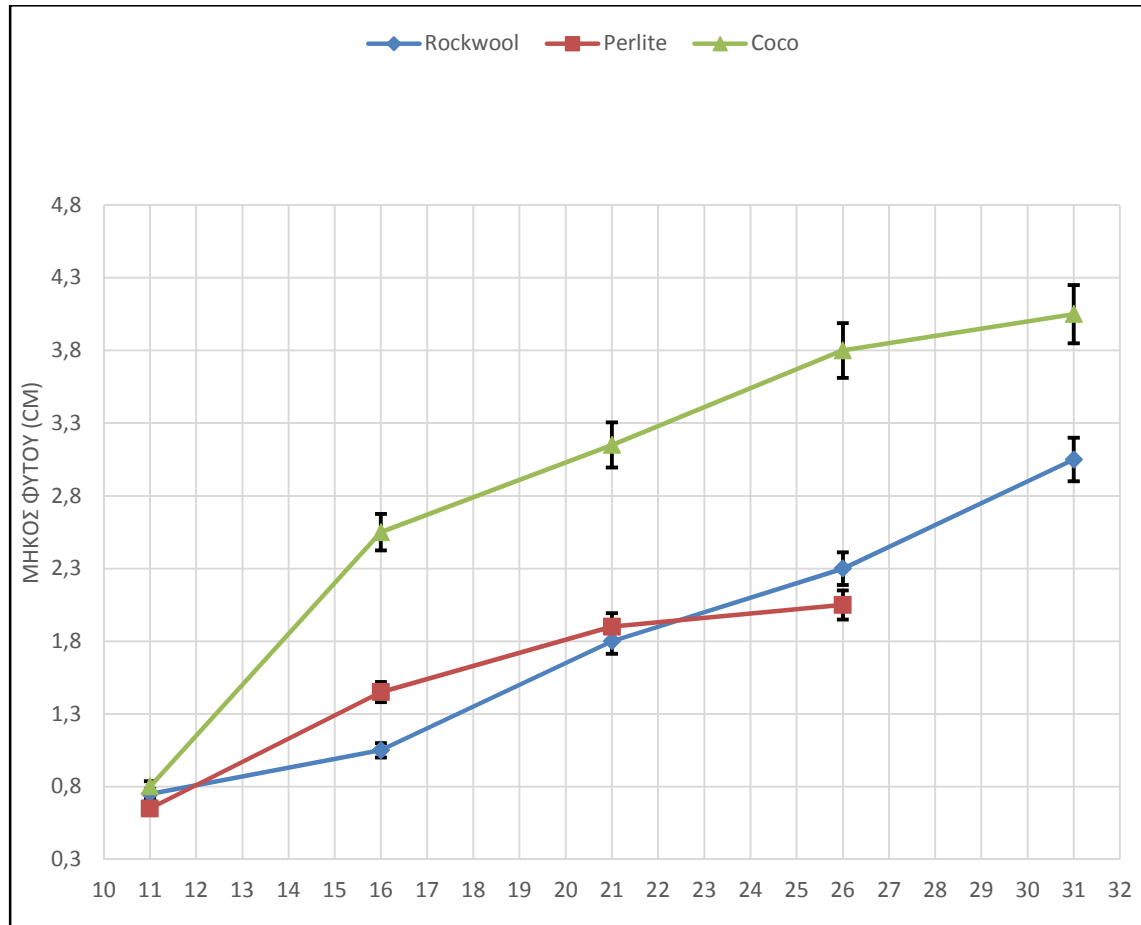
Στην περίπτωση που χρησιμοποιήθηκε το υπόστρωμα ριζοβολίας Perlite η μέση αύξηση των ριζών ήταν 61% την 26^η ημέρα αντίστοιχα, ενώ στη συνέχεια τα φυτάρια κατέρρευσαν λόγω προβλημάτων που δημιουργήθηκαν από την υπερβολική υγρασία στη ριζόσφαιρα των φυτών στο υπόστρωμα του περλίτη.

Συμπερασματικά διαπιστώνετε ότι ο αριθμός των νέων ριζών των φυταρίων φράουλας (*Fragaria x ananassa* Duch.) που αναπτύχθηκαν κατά τη διάρκεια της ριζοβολίας στα δύο πρώτα υποστρώματα Coco και Rockwool, παρουσία ορμόνης ριζοβολίας σε σκόνη (Radicin) και παρουσία υγρής ορμόνης ριζοβολίας (IBA) αυξήθηκε σημαντικά (από 50 μέχρι 140 νέες ρίζες).

Παρόμοια επίπεδα αύξησης του αριθμού διαπιστώθηκαν και απουσία οποιασδήποτε ορμόνης ριζοβολίας, δηλαδή στα control πειράματα (μάρτυρας).

5.3.4 Αύξηση του μήκους των ριζών φυταρίων φράουλας κατά τη διάρκεια της ριζοβολίας στο σύστημα άμπωτης και παλίρροιας

Στο διάγραμμα 5.13 απεικονίζεται η πορεία αύξησης του μήκους των ριζών των φυταρίων φράουλας παρουσία ορμόνης ριζοβολίας σε σκόνη (Radicin) και αντιδιαπνευστικού σκευάσματος (GEO-FILM) στα 3 διαφορετικά υποστρώματα που δοκιμάστηκαν κατά τη διάρκεια της ριζοβολίας (31 ημέρες).



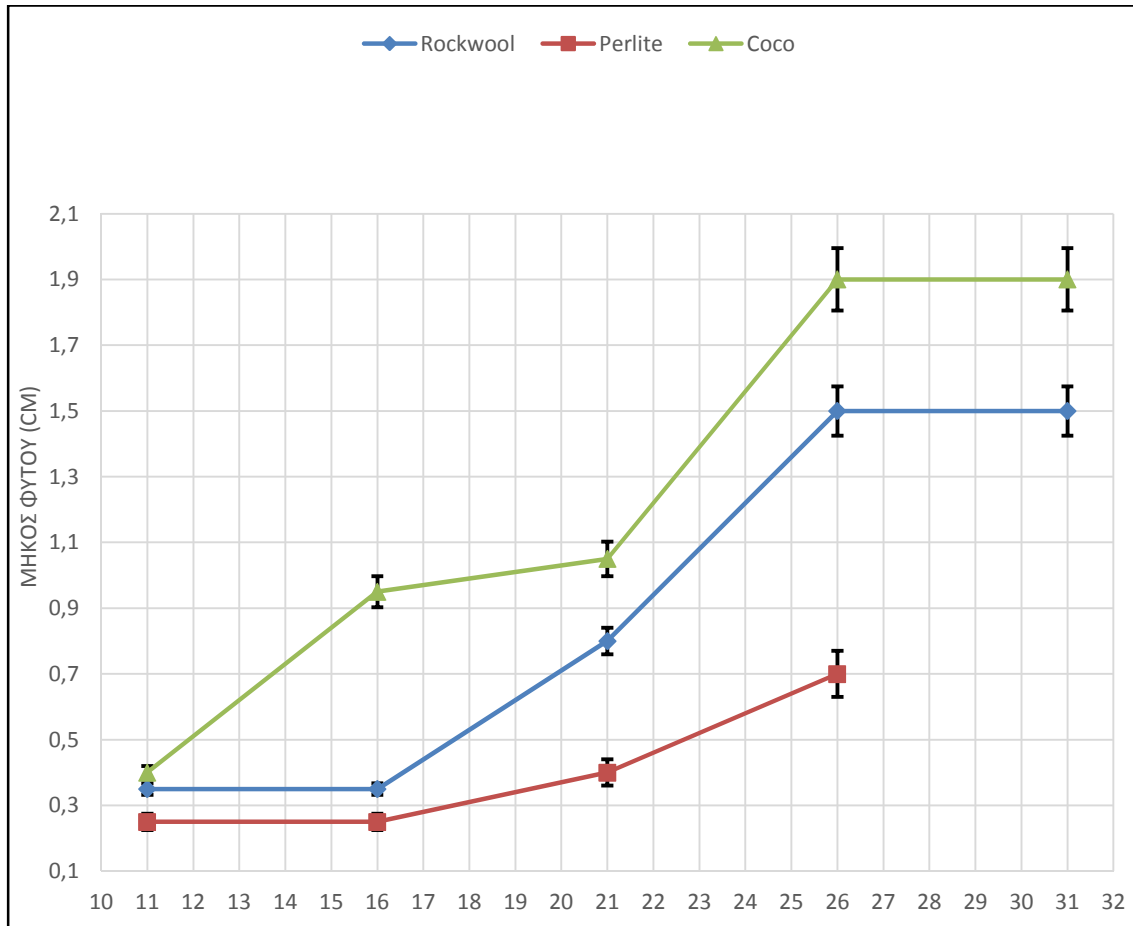
Διάγραμμα 5.13: Αύξηση του μέσου μήκους των ριζών φυτών φράουλας (*Fragaria x ananassa* Duch.) κατά τη διάρκεια της ριζοβολίας σε τρία διαφορετικά υποστρώματα, παρουσία ορμόνης ριζοβολίας σε σκόνη (Radicin) και αντιδιαπνευστικού (GEO-FILM).

Ο ρυθμός αύξησης του μήκους των ριζών κατά τη διάρκεια του πειράματος στα τρία διαφορετικά υποστρώματα, στις περισσότερες περιπτώσεις έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Ειδικότερα, η μεγαλύτερη μέση αύξηση του μήκους των ριζών κατά 433% παρατηρήθηκε στην περίπτωση που χρησιμοποιήθηκε το υπόστρωμα ριζοβολίας Coco. Στην περίπτωση που χρησιμοποιήθηκε το υπόστρωμα ριζοβολίας Rockwool η μέση αύξηση του αριθμού των ριζών ήταν σημαντικά μικρότερη, 329%.

Στην περίπτωση που χρησιμοποιήθηκε το υπόστρωμα ριζοβολίας Perlite η μέση αύξηση του μήκους των ριζών ήταν 233% την 26^η ημέρα αντίστοιχα, ενώ στη συνέχεια τα φυτάρια κατέρρευσαν λόγω προβλημάτων που δημιουργήθηκαν από την υπερβολική υγρασία στη ριζόσφαιρα των φυτών στο υπόστρωμα του περλίτη.

Στο διάγραμμα 5.14 απεικονίζεται η πορεία της αύξησης του μήκους των ριζών των φυταρίων φράουλας παρουσία υγρής ορμόνης ριζοβολίας (IBA) και αντιδιαπνευστικού σκευάσματος (GEO-FILM) στα 3 διαφορετικά υποστρώματα που δοκιμάστηκαν κατά τη διάρκεια της ριζοβολίας (31 ημέρες).



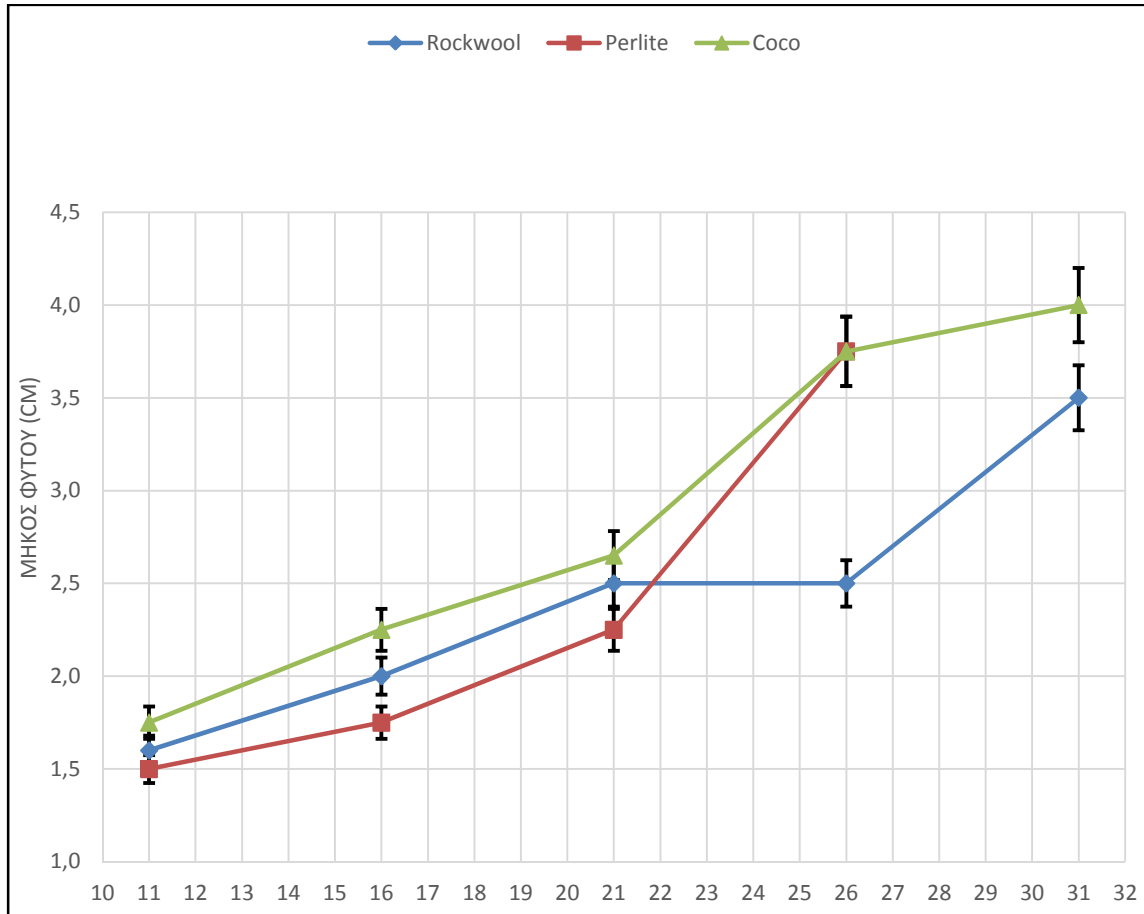
Διάγραμμα 5.14: Αύξηση του μέσου μήκους των ριζών φυτών φράουλας (*Fragaria x ananassa* Duch.) κατά τη διάρκεια της ριζοβολίας σε τρία διαφορετικά υποστρώματα, παρουσία υγρής ορμόνης ριζοβολίας (IBA) και αντιδιαπνευστικού (GEO-FILM).

Ο ρυθμός αύξησης του μήκους των ριζών κατά τη διάρκεια του πειράματος στα τρία διαφορετικά υποστρώματα, στις περισσότερες περιπτώσεις έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Ειδικότερα, η μεγαλύτερη μέση αύξηση του μήκους των ριζών κατά 375% παρατηρήθηκε στην περίπτωση που χρησιμοποιήθηκε το υπόστρωμα ριζοβολίας Coco. Στην περίπτωση που χρησιμοποιήθηκε το υπόστρωμα ριζοβολίας Rockwool η μέση αύξηση του αριθμού των ριζών ήταν στατιστικά μικρότερη, 329%.

Στην περίπτωση που χρησιμοποιήθηκε το υπόστρωμα ριζοβολίας Perlite η μέση αύξηση του μήκους των ριζών ήταν 180% την 26^η ημέρα αντίστοιχα, ενώ στη συνέχεια τα φυτάρια κατέρρευσαν λόγω προβλημάτων που δημιουργήθηκαν από την υπερβολική υγρασία στη ριζόσφαιρα των φυτών στο υπόστρωμα του περλίτη.

Στο διάγραμμα 5.15 απεικονίζεται η πορεία της αύξησης του μήκους των ριζών των φυταρίων φράουλας χωρίς προσθήκη ορμόνης ριζοβολίας, χωρίς προσθήκη ορμόνης ριζοβολίας παρουσία αντιδιαπνευστικού σκευάσματος (GEO-FILM) στα 3 διαφορετικά υποστρώματα που δοκιμάστηκαν κατά τη διάρκεια της ριζοβολίας (31 ημέρες).



Διάγραμμα 5.15: Αύξηση του μέσου μήκους των ριζών φυτών φράουλας (*Fragaria x ananassa* Duch.) κατά τη διάρκεια της ριζοβολίας σε τρία διαφορετικά υποστρώματα, χωρίς προσθήκη ορμόνης ριζοβολίας, παρουσία μόνο αντιδιαπνευστικού (GEO-FILM).

Ο ρυθμός αύξησης του μήκους των ριζών κατά τη διάρκεια του πειράματος στα τρία διαφορετικά υποστρώματα, στις περισσότερες περιπτώσεις έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Ειδικότερα, η μεγαλύτερη μέση αύξηση του μήκους των ριζών κατά 129% παρατηρήθηκε στην περίπτωση που χρησιμοποιήθηκε το υπόστρωμα ριζοβολίας Coco. Στην περίπτωση που χρησιμοποιήθηκε το υπόστρωμα ριζοβολίας Rockwool η μέση αύξηση του αριθμού των ριζών ήταν 119%.

Στην περίπτωση που χρησιμοποιήθηκε το υπόστρωμα ριζοβολίας Perlite η μέση αύξηση του μήκους των ριζών ήταν 150% την 26η ημέρα αντίστοιχα, ενώ στη συνέχεια τα φυτάρια κατέρρευσαν λόγω προβλημάτων που δημιουργήθηκαν από την υπερβολική υγρασία στη ριζόσφαιρα των φυτών στο υπόστρωμα του περλίτη.

Συμπερασματικά διαπιστώνετε ότι ως προς το μήκος των ριζών των φυταρίων φράουλας που αναπτύχθηκαν κατά τη διάρκεια της ριζοβολίας παρουσία ορμόνης ριζοβολίας σε σκόνη (Radicin) και παρουσία υγρής ορμόνης ριζοβολίας (IBA), τα καλύτερα αποτελέσματα έδωσε το υπόστρωμα Coco σε σχέση με το υπόστρωμα Rockwool. Παρόμοια επίπεδα αύξησης του μήκους των ριζών διαπιστώθηκαν και απουσία οποιασδήποτε ορμόνης ριζοβολίας, δηλαδή στα control πειράματα (μάρτυρας).

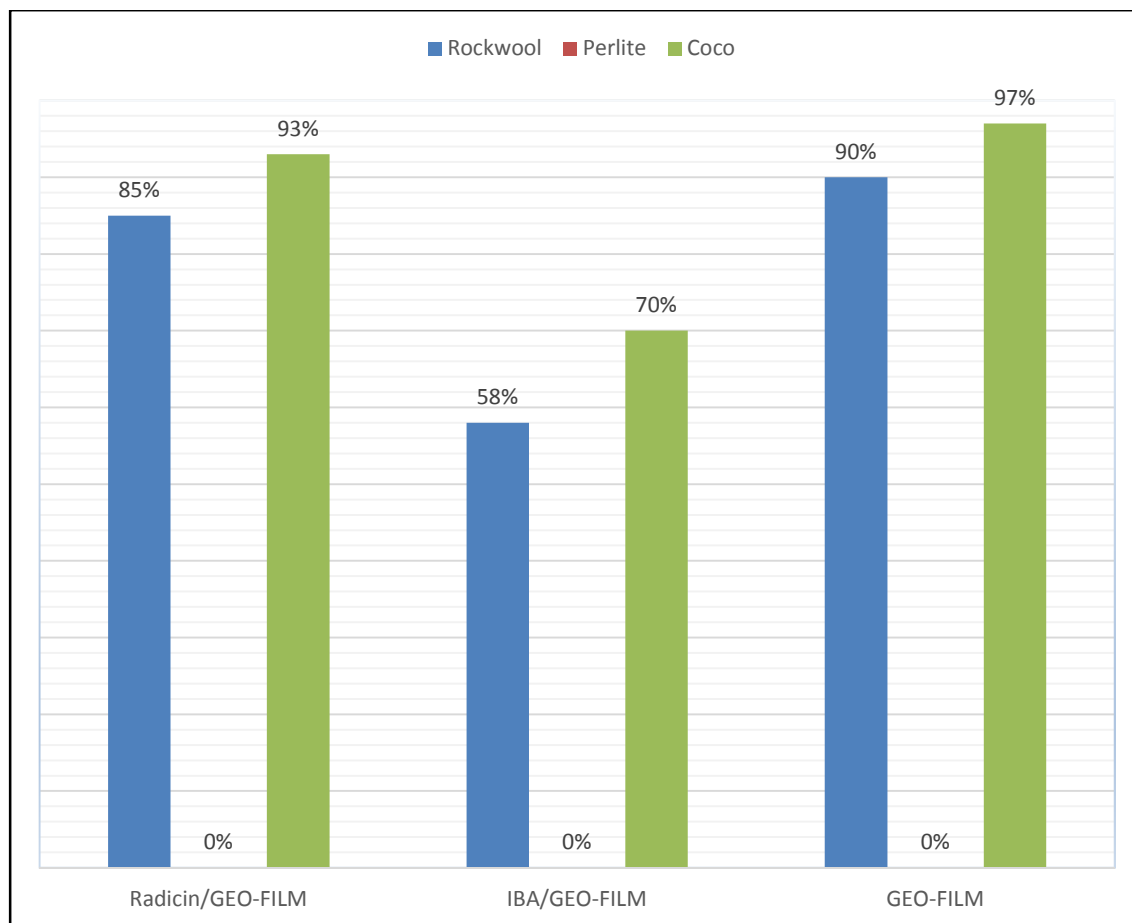
5.4 Ποσοστά επιτυχούς ριζοβολίας

Πίνακας 5.2: Ποσοστά % επιτυχούς ριζοβολίας ανά μεταχείριση, παρουσία διαφορετικών ορμονών ριζοβολίας και αντιδιαπνευστικού σκευάσματος

Μεταχειρίσεις	Ορμόνη ριζοβολίας σε σκόνη παρουσία αντιδιαπνευστικού (Radicin/GEO-FILM)	Υγρή ορμόνη ριζοβολίας παρουσία αντιδιαπνευστικού (IBA/GEO-FILM)	Μάρτυρας με χρήση μόνο αντιδιαπνευστικού (GEO-FILM)
Υπόστρωμα Rockwool	85%	58%	90%
Υπόστρωμα Perlite	0%	0%	0%
Υπόστρωμα Coco	93%	70%	97%

Πίνακας 5.3: Κατάταξη των πειραματικών μεταχειρίσεων σύμφωνα με τα ποσοστά % επιτυχούς ριζοβολίας, από το μεγαλύτερο προς το μικρότερο ποσοστό.

A/A	Μεταχείριση	Επιτυχία ριζοβολίας
1	GEO-FILM*Coco	97%
2	Radicin/GEO-FILM*Coco	93%
3	GEO-FILM*Rockwool	90%
4	Radicin/GEO-FILM*Rockwool	85%
5	IBA/GEO-FILM*Coco	70%
6	IBA/GEO-FILM*Rockwool	58%
7	GEO-FILM*Perlite	0%
8	Radicin/GEO-FILM*Perlite	0%
9	IBA/GEO-FILM*Perlite	0%



Διάγραμμα 5.16: Ποσοστά % επιτυχούς ριζοβολίας φυταρίων φράουλας, στα υποστρώματα Rockwool, Perlite και Coco και στις μεταχειρίσεις με ορμόνη ριζοβολίας σε σκόνη παρουσία αντιδιαπνευστικού (Radicin/GEO-FILM), υγρή ορμόνη ριζοβολίας παρουσία αντιδιαπνευστικού (IBA/GEO-FILM) και μάρτυρες μόνο με χρήση αντιδιαπνευστικού (GEO-FILM).

Από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι τα μεγαλύτερα ποσοστά ριζοβολίας παρατηρήθηκαν όταν χρησιμοποιήθηκε σαν υπόστρωμα ριζοβολίας ο κοκοφοίνικας (μέχρι 97%). Στην περίπτωση που χρησιμοποιήθηκε ο πετροβάμβακας σαν υπόστρωμα ριζοβολίας, τα ποσοστά ριζοβολίας ήταν και σε αυτή την περίπτωση ιδιαίτερα υψηλά (μέχρι 90%). Στην περίπτωση που χρησιμοποιήθηκε ο περλίτης σαν υπόστρωμα ριζοβολίας τα φυτάρια στα τελευταία στάδια της ριζοβολίας καταστράφηκαν λόγω υπερβολικής υγρασίας.

6 Συμπεράσματα

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, το πολλαπλασιαστικό υλικό της φράουλας παράγεται κυρίως από καλλιεργούμενα μητρικά φυτά στο έδαφος και συλλογή από το χωράφι των νεαρών ριζοβολιμένων φυταρίων. Το συγκεκριμένο πολλαπλασιαστικό υλικό, επειδή προέρχεται από ριζοβολία φυταρίων στο έδαφος είναι κακής ποιότητας και ιδιαίτερα προβληματικό.

Η διερεύνηση στην παρούσα μελέτη της δυνατότητας εφαρμογής της υδροπονικής μεθόδου παραγωγής πολλαπλασιαστικού υλικού, (μέθοδος άμπωτης και παλίρροιας) στη ριζοβολία και παραγωγή νεαρών φυταρίων φράουλας που προέρχονταν από στόλωνες μητρικών φυτών της ποικιλίας Florida Fortuna, μας οδήγησε στα παρακάτω συμπεράσματα:

Η χρήση εξωγενών ορμονών ριζοβολίας σε σκόνη (Radícin) και σε υγρή μορφή (IBA) κατά τη διάρκεια των πειραμάτων ριζοβολίας στην υδροπονική μέθοδο άμπωτης και παλίρροιας δεν είχε καμία θετική επίδραση στην ριζοβολία των φυταρίων σε σχέση με τον μάρτυρα.

Όσο αφορά τα υποστρώματα ριζοβολίας που χρησιμοποιήθηκαν, ο περοβάμβακας, και ο κοκοφοίνικας έδειξαν πολύ καλά χαρακτηριστικά ως προς την ριζοβόλιση των φυταρίων της φράουλας και τα μορφολογικά τους χαρακτηριστικά, με τον κοκοφοίνικα να δείχνει σχετικά καλύτερα αποτελέσματα. Επομένως ο κοκοφοίνικας φαίνεται να είναι το καλύτερο σχετικά υπόστρωμα στην υδροπονική μέθοδο άμπωτης και παλίρροιας για την παραγωγή πολλαπλασιαστικού υλικού της φράουλας.

Αντίθετα ο περλίτης αποδείχτηκε ακατάλληλος για χρήση ως υπόστρωμα στο συγκεκριμένο σύστημα ριζοβολίας (σύστημα άμπωτης και παλίρροιας). Αυτό πιθανώς οφείλετε στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά συγκράτησης υγρασίας και αερισμού στο συγκεκριμένο υπόστρωμα, με αποτέλεσμα να δημιουργεί συνθήκες ασφυξίας και σήψης του ριζικού συστήματος κατά τα τελευταία στάδια της ριζοβολίας.

Η υδροπονική μέθοδος της άμωτης και παλίρροιας θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί με επιτυχία για την παραγωγή υγιούς πολλαπλασιαστικού υλικού φράουλας μετά από περαιτέρω πειράματα και πιλοτική εφαρμογή. Η μέθοδος αυτή θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί εναλλακτικά με την πρόσφατα ανεπτυγμένη στην Ελλάδα υδροπονική μέθοδο παραγωγής σποροφύτων (υδροπονία επίπελυσης), ώστε να επιλυθεί το σοβαρό πρόβλημα της κακής ποιότητας του πολλαπλασιαστικού υλικού που εισάγετε από το εξωτερικό και το οποίο έχει πολλά προβλήματα ασθενειών εδάφους.

Βιβλιογραφία

I. Ελληνόγλωσση

Αγγλογαλλλος Ε.-Π., (2010), Βελτιστοποίηση Ενός Νέου Συστήματος Υδροπονικής Εγκατάστασης Ndt (Nutrientdriptechnique) Και Συγκριτική Αξιολόγηση Με Το Κλασσικό Σύστημα Nft (Nutrientfilmtechnique), Μεταπτυχιακή Μελέτη, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών, Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων Και Γεωργικής Μηχανικής, ([Http://Dspace.Aua.Gr/Xmlui/Bitstream/Handle/10329/6202/Agglogallos_E.Pdf?Sequence=1](http://Dspace.Aua.Gr/Xmlui/Bitstream/Handle/10329/6202/Agglogallos_E.Pdf?Sequence=1))

Βακουφτσής, Γ. Α., (2006). Μελέτη Του Βλαστικού Πολλαπλασιασμού Των Δασικών Καλλωπιστικών Φυτών Cupressusmacrocarpar. Goldcrest Και Cupressocyparisleylandiivar. Castlewellangold. Διδακτορική Διατριβή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Βαρβέρης, Λ. 1986. Φράουλα, Οδηγός Για Την Καλλιέργεια Της, Αγροτικές Συνεταιριστικές Εκδόσεις Α.Ε., Σελ. 76. Θεσσαλονίκη.

Βαρβέρης, Λ. 1986. Φράουλα, οδηγός για την καλλιέργεια της, Αγροτικές Συνεταιριστικές εκδόσεις Α.Ε., σελ. 76. Θεσσαλονίκη.

Βλάχος Ι.Κ., (2005), Βοτανική, Κυτταρολογία, Ανατομία & Μορφολογία Φυτών, Εκδόσεις Ιων, 2η Έκδοση.

Γενειατάκης, Γ., 2007. Βρωμιούχο Μεθύλιο. Γεωργία – Κτηνοτροφία, 4/2207. Σ/ 8-9.

Γκράτζιος, Φ. 1964α. Νέα Μέθοδος Καλλιέργειας Της Φράουλας Εις Πρωίμους Περιοχάς. Γεωπονικά: 1964 Τ., 118-119.

Γκράτζιος, Φ. 1964α. Νέα μέθοδος καλλιέργειας της φράουλας εις πρωίμους περιοχάς. Γεωπονικά: 1964 τ., 118-119.

Δημητράκης, Κ. 1967. Λαχανοκομία. Η Φράουλα, Σελ.115-128. Έκδοση Του Ιδίου, Αθήνα.

- Δημητράκης, Κ. 1967. Λαχανοκομία. Η φράουλα, σελ.115-128. Έκδοση του ιδίου, Αθήνα.
- Ζαμπέκας Παναγιώτης, (2001), Πολλαπλασιασμός Ελιάς Με Φυλλοφόρα Μοσχεύματα, Πτυχιακή Εργασία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής & Ζωικής Παραγωγής Εργαστήριο Δενδροκομίας.
- Ισπικουδης Στεφανος (2010), Αγνης Πολλαπλασιασμος Αγριελιας Με Μοσχευματα (Oleaeuropaeavar. Oleaster), Μεταπτυχιακη Διατριβη, Αριστοτελειο Πανεπιστημιο Θεσσαλονικης Σχολη Δασολογιας Και Φυσικου Περιβαλλοντος Τομεας Δασικης Παραγωγης-Προστασιας Δασών- Φυσικου Περιβαλλοντος Εργαστηριο Δασοκομιας.
- Καββαδάς, Δ.Σ. 1956. Φραγκάρια. Εικονογραφημένο Βοτανικό Λεξικόν, Σελ. 4151-4155. Αθήνα.
- Καββαδάς, Δ.Σ. 1956. Φραγκάρια. Εικονογραφημένο Βοτανικό Λεξικόν, σελ. 4151-4155. Αθήνα.
- Καλησπεράτη Άννα Και Ρουμπάκου Στεφανία, (2016), Η Καλλιέργεια Της Πιπεριας Στο Αεροπονικο Συστημα, Πτυχιακή Εργασία, Τεχνολογικο Εκπαιδευτικο Ιδρυμα Δυτικης Ελλαδας Σχολη Τεχνολογιας Γεωπονιας Και Τεχνολογιας Τροφιμων Και Διατροφης Τμημα Τεχνολογων Γεωπονων, Επιβλέπων Καθηγητής: Σαλάχας Γεώργιος,
([Http://Repository.Library.Teiwest.Gr/Xmlui/Handle/123456789/3804?Show=Full](http://Repository.Library.Teiwest.Gr/Xmlui/Handle/123456789/3804?Show=Full))
- Κανάκης, Α. 2004. Καλλιέργεια Λαχανικών Στο Θερμοκήπιο. Β' Τόμος. Εκδόσεις Σταμούλη, Α. Δ, Σελ. 262-348. Αθήνα.
- Κανάκης, Α. 2004. Καλλιέργεια Λαχανικών στο Θερμοκήπιο. Β' Τόμος. Εκδόσεις Σταμούλη, Α. Δ, σελ. 262-348. Αθήνα.
- Κανάκης, Α.Γ. 1989. Παραγωγή Πολλαπλασιαστικού Υλικού Φράουλας. Έκδοση Υπ. Γεωργίας, Σελ. 57. Αθήνα.
- Κανάκης, Α.Γ. 1989. Παραγωγή Πολλαπλασιαστικού Υλικού Φράουλας. Έκδοση Υπ. Γεωργίας, σελ. 57. Αθήνα.
- Κάνδηλα Άννα, (2010), Συγκριτική Μελέτη Τεσσάρων Υποστρωμάτων Υδροπονικής Καλλιέργειας Τομάτας, Πτυχιακή Διατριβή, Επιβλέπων Καθηγητής Κατσούλας Νικόλαος,

(<http://ir.lib.uth.gr/bitstream/handle/11615/354/P0000354.pdf?sequence=1&isallowed=Y>)

Κανδρής Αθανάσιος (2006), Ίδρυση Και Λειτουργία Φυτωριακής Μονάδας Ανθοκομικών Και Καλλωπιστικών Φυτών Στον Συνοικισμό Κατσικάρι Πύργου Ηλείας, Πτυχιακή Εργασία, Τει Καλαμάτας, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας, Τμήμα Φυτικής Παραγωγής.
(http://Nestor.Teipel.Gr/Xmlui/Bitstream/Handle/123456789/17360/Steg_Fp_00412_Medium.Pdf?Sequence=1)

Κουτσούμπας Παναγιώτης Και Θεοδούλης Θεοφάνης, (2016), “Ριζοβολία Μοσχευμάτων Λεβάντας (*Lavandulaofficinalis*)”, Πτυχιακή Εργασία, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Δυτικής Ελλάδας Τμήμα Τεχνολόγων Γεωπόνων Αμαλιάδας, Επιβλέπων Καθηγητής: Σαλάχας Γεώργιος,
(<http://Repository.Library.Teimes.Gr/Xmlui/Handle/123456789/4887>).

Λιεπουρη Ελενη, (2016), Ελληνικά Βότανα Και Οι Χρήσεις Τους Θεραπευτικές Και Άλλες Χρήσεις Πιθανές Χρήσεις Στην Αρχιτεκτονική Τοπίου Και Στην Ανθοκομία, Πτυχιακή Εργασία, Τει Ηπείρου, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας, Τμήμα Τεχνολογίας Γεωπονίας Και Τεχνολόγων Τροφίμων Και Διατροφής, Κατεύθυνση Ανθοκομίας Και Αρχιτεκτονικής Τοπίου, Υπεύθυνη Καθηγήτρια : Λενέτη Ελένη.

Ρούσσος, Π. 2007. Αγενής Πολλαπλασιασμός Με Φυλλοφόρα Μοσχεύματα. Αθήνα

Ρούσσος, Π. 2007. Αγενής πολλαπλασιασμός με φυλλοφόρα μοσχεύματα. Αθήνα

Σάββας, Δ., 2003. Γενική Ανθοκομία. Εκδόσεις Έμβρυο, Αθήνα, 315 Σελ.

Σάββας, Δ., 2003. Γενική Ανθοκομία. Εκδόσεις Έμβρυο, Αθήνα, 315 σελ.

Σάββας, Δ., 2009. Πρόσφατες Εξελίξεις Και Διαφαινόμενες Τάσεις Στις Θερμοκηπιακές Καλλιέργειες Κηπευτικών. 23ο Συνέδριο Της Ελληνικής Εταιρείας Επιστήμης Οπωροκηπευτικών, Χανιά, 23-26 Οκτωβρίου 2007, Τόμος 13B, Σ. 741-748.

Σάββας, Δ., 2012. Καλλιέργειες Εκτός Εδάφους: Υδροπονία, Υποστρώματα. Εκδόσεις Αγροτύπος, Αθήνα.

Σαλάχας, 1997, Σημειώσεις Μαθήματος Εφαρμοσμένη Φυσιολογία Φυτών, Ε' Εξάμηνο, Τει Μεσολογγίου, Σχολή Τεχνολόγων Γεωπονίας, Τμήμα Θερμοκηπιακών Καλλιεργειών Και Ανθοκομίας, Μεσολόγγι 1997.

Σαλής Κωνσταντίνος Και Χριστοδούλου Δημήτριος, (2014), Αγενής Πολλαπλασιασμός Φυτών Με Την Εφαρμογή Του Μικροπολλαπλασιασμού, Πτυχιακή Εργασία, Τει Θεσσαλονίκης, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας Και Τεχνολογίας Τροφίμων Και Διατροφής Τμήμα Τεχνολόγων Γεωπόνων Κατεύθυνση Φυτικής Παραγωγής,([Http://Eureka.Teithe.Gr/Jspui/Bitstream/123456789/9375/1/Salis_Christodoulou.Pdf](http://Eureka.Teithe.Gr/Jspui/Bitstream/123456789/9375/1/Salis_Christodoulou.Pdf))

Χατζηλαζάρου, Σ.Π. 1998. Μελέτη Της Ριζοβολίας Μοσχευμάτων Και Μικρομοσχευμάτων Γαρδένιας Και Αζαλέας Στο Σύστημα Ομίχλης. Διδακτορική Διατριβή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

II. Ξενόγλωσση

Adams, P., 2002. Nutritional control in hydroponics. In: Savvas, D., Passam, H.C. (eds.). *Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals*. Embryo Publications, Athens, Greece, pp. 211-261.

Amasino, R.M, 2005. Vernalization and flowering time. *Curr. Opin. Biotechn.* 16, 154-158.

Amasino, R.M, 2005. Vernalization and flowering time. *Curr. Opin. Biotechn.* 16, 154-158.

Andersen, L., Nielsen, N.E., 1992. A new cultivation method for the production of vegetables with low content of nitrate. *Sci. Hort.* 49, 167-171.

Arnon, D.I., Hoagland, D.R., 1940. Crop production in artificial culture solutions and in soils with special reference to factors influencing yields and absorption of inorganic nutrients. *Soil Sci.* 50, 463-485.

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

Bickford, E.D. and Dunn, S.1972. *Lighting for plant growth*. The Kent State University press, pp. 221.

Bickford, E.D. and Dunn, S.1972. *Lighting for plant growth*. The Kent State University press, pp. 221.

Blom-Zandstra, M., 1989. Nitrate accumulation in vegetables and its relationship to quality. *Ann. Appl. Biol.* 115, 553-561.

Bougoul, S., Ruy, S., De Groot, F., & Boulard, T., 2005. Hydraulic and physical properties of stonewool substrates in horticulture. *Sci. Hort.* 104, 391-405.

Canham, A.E. 1966. *Artificial light in horticulture*. Ed. Centrex Pub. Co. Eindhoven, pp. 212.

- Canham, A.E. 1966. Artificial light in horticulture. Ed. Centrex Pub. Co. Einhoven, pp. 212.
- Chouard, P., 1960. Vernalization and its relations to dormancy. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 11, 191-238.
- Chouard, P., 1960. Vernalization and its relations to dormancy. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 11, 191-238.
- Cooper, A.J., 1975. Crop production in recirculating nutrient solution. *Sci. Hort.* 3, 251-258.
- Cooper, A.J., 1979. *The ABC of NFT*. Grower Books, London.
- Darrow, G.M. 1966. *The Strawberry: History, breeding and Physiology*. Holt, Rinehart and Winston (eds), pp.109-394, New York, Chicago, San Francisco.
- Darrow, G.M. 1966. *The Strawberry: History, breeding and Physiology*. Holt, Rinehart and Winston (eds), pp.109-394, New York, Chicago, San Francisco.
- De Kreij, C., & Van Leeuwen, G.J.L., 2001. Growth of pot plants in treated coir dust as compared to peat. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 32, 2255-2265.
- De Kreij, C., 1995. Latest insights into water and nutrient control in soilless cultivation. *Acta Hort.* 408, 47-61.
- Downs, R.J. and Piringer, A.A. 1955. Differences in photoperiodic Responses of Everbearing and June-bearing Strawberries. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 66: 234-236.
- Downs, R.J. and Piringer, A.A. 1955. Differences in photoperiodic Responses of Everbearing and June-bearing Strawberries. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 66: 234-236.
- Eaton, F.M., 1936. Automatically operated sand-culture equipment. *J. Agric. Res.* 53, 433-444.
- Ehret, D.L., Ho, L.C., 1986. The effects of salinity on dry matter partitioning and fruit growth in tomatoes grown in nutrient film culture. *J. Hort. Sci.* 61, 361-367.

- Evans, M.R., Konduru, S., & Stamps, R.H., 1996. Source variation on physical and chemical properties of coconut coir dust. *HortScience* 31, 965-967.
- Ewing, E.E., 1978. Shoot, stolon, and tuber formation on potato (*Solanum tuberosum* L.) cuttings in response to photoperiod. *Plant Physiol.* 61, 348-353.
- Geneve, R., Gates, R., Zolnier, S., Wilkerson, E., & Kester, S., 2002. Environmental control systems for mist propagation of cuttings. In XXVI International Horticultural Congress: Nursery Crops; Development, Evaluation, Production and Use 630 (pp. 297-303).
- Gericke, W.F., 1929. Aquaculture, a means of crop production. *Am. J. Bot.* 16, 862.
- Gericke, W.F., 1937. Hydroponics – crop production in liquid culture media. *Science* 85, 177-178.
- Gizas, G., Savvas, D., & Mitsios, I., 2001. Availability of macrocations in perlite and pumice as influenced by the application of nutrient solutions having different cation concentration ratios. *Acta Hort.* 548, 277-284.
- Gizas, G., Tsirogiannis, I., Bakea, M., Mantzos, N., & Savvas, D., 2012. Impact of Hydraulic characteristics of raw or composted *Posidonia* residues, coir, and their mixtures with pumice on root aeration, water availability and yield in a lettuce crop. *HortScience* 47, 896-901.
- Gruda, N., Qaryouti, M.M., & Leonardi, C., 2013. Growing media. In: *Good Agricultural Practices for Greenhouse Vegetable Crops. Principles for Mediterranean Climate Areas.* Food and Agriculture Organization of the United Nations, Plant Production and Protection Paper 217, Rome, pp. 271-301.
- Hamilton David F. and Midcap James T., *Installation of Mist Propagation Equipment,* University of Florida
- Hanan, J.J., 1998. Water. In: *Greenhouses. Advanced Technology for Protected Horticulture,* CRC Press LLC, USA, pp. 271-385.
- Hoagland, D.R., Arnon, D.I., 1950. The water-culture method for growing plants without soil. *Calif. Agric. Exp. St., Circ.* 347 (Revised by D.I. Arnon).

- Hughes, H.M. 1979. Growth of Strawberry. ADAS Bulletin, England.
- Hughes, H.M. 1980. Strawberries. Ministry of Agriculture, Fisheries and food (ed.), Reference book 95, London, U.K.
- Incrocci, L., Malorgio, F., Della Bartola, A., Pardossi, A., 2006. The influence of drip irrigation or subirrigation on tomato grown in closed-loop substrate culture with saline water. *Sci. Hort.* 107, 365-372.
- Jensen, M.H., Collins, W.L., 1985. Hydroponic vegetable production. *Hort. Rev.* 7, 483-558.
- Karras, G., Savvas, D., Patakioutas, G., Pomonis, P., Albanis, T., 2005. Fate of metalaxyl applied in nutrient solution to gerbera (*Gerbera jamesonii*) grown in a closed hydroponic system. *J. Hort. Sci. Biotechn.* 80, 111-115.
- Knop, W., 1859. Ein Vegetationsversuch. *Die Landwirtschaftlichen Versuchs-Stationen* 1, 181-202.
- Krug, H., 1986a. Okologische Voraussetzungen. In: H. Krug (Ed.), *Gemüseproduktion. Ein Lehr und Nachschlagewerk für Studium und Praxis.* Paul Parey, Berlin und Hamburg, Germany, pp. 15-33.
- Krug, H., 2002a. Okologische Voraussetzungen – Klima. In: H. Krug, H.-P. Liebig & H. Stutzel (Eds), *Gemüseproduktion.* Eugen Ulmer, Stuttgart, Germany, pp. 30-59.
- Laurie, A., 1931. The use of washed sand as a substitute for soil in greenhouse cultures. *Proceed. Amer. Soc. Hort. Sci.* 25, 368-370.
- Leakey Roger RB, (2004), Physiology of vegetative reproduction, *Encyclopedia of Forest Sciences* ([https://researchonline.jcu.edu.au/307/2/Encyclopedia_of_Forest_Science_\(final\)_with_refs.pdf](https://researchonline.jcu.edu.au/307/2/Encyclopedia_of_Forest_Science_(final)_with_refs.pdf)).
- Lieth, J.H., 1996. Irrigation systems. In: Reed, D.W. (Ed.). *Water, Media and Nutrition for Greenhouse Crops.* Ball Publishing, Batavia, IL, USA, pp. 1-29.
- Lieth, J.H., Oki, L.R., 2008. Irrigation in soilless production. In: Raviv, M., Lieth, H.J. (eds). *Soilless Culture: Theory and Practice.* Elsevier, Amsterdam, pp. 117-156.

- Marfa, O., Martinez, A., Orozco, R., Serrano, L., & Martinez, F.X., 1993. The use of fine-grade perlites in lettuce bag cultures. II. Physical properties, rheologic effects and productivity. *Acta Hort.* 342, 339-347.
- Mbile P., Tchoundjeu Z., Degrande A., Avana M-L. & Tsobeng A. C. (2004), Non-Mist Vegetative Propagation By Resource-Poor, Rural Farmers Of The Forest Zone Of Cameroon: Some Technology Adaptations To Enhance Practice, *Forests, Trees And Livelihoods*, 14:1, 43-52, Doi: 10.1080/14728028.2004.9752478
- McCall, A.G., 1916. The physiological balance of nutrient solutions for plants in water culture. *Soil Sci.* 2, 207-253.
- Molitor, H.D., 1990. The European perspective with emphasis on subirrigation and recirculation of water and nutrients. *Acta Hort.* 272, 165-173.
- Montesano, F., Parente, A., Santamaria, P., 2010. Closed cycle subirrigation with low concentration nutrient solution can be used for soilless tomato production in saline conditions. *Sci. Hort.* 124, 338-344.
- Morrison, T.M., McDonald, D.C., & Sutton, J.A., 1960. Plant growth in expanded perlite. *New Zealand J. Agric. Res.* 3, 592-597.
- Morrow, E.B. and Beaumont, J.H. 1931. Effect of Age of Plant on flower Production and Yield of Strawberries in North Carolina. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 28: 206-210.
- Mullard, S.R., Stoughton, R.H., 1939. Preliminary trials in growing horticultural crops in nutrient solutions. *Scientific Hort.*, 7, 174-179.
- Nichols, M.A., Fisher, K.J., Morgan, L.S., Simon, A., 1994. Osmotic stress, yield and quality of hydroponic tomatoes. *Acta Hort.* 361, 302-310.
- Noquera, P., Abad, M., Noquera, V., Purchades, R., & Maquieira, A., 2000. Coconut coir waste, a new and viable ecologically-friendly peat substitute. *Acta Hort.* 517, 279-286.
- Olympios, C.M., 1992. Soilless media under protected cultivation: Rockwool, peat, perlite and other substrates. *Acta Hort.* 323, 215-234.

- Palanisamy K. And Subramanian K., (2000), Vegetative Propagation of Mature Teak Trees (*Tectonagrandis* L.), Institute of Forest Genetics and Tree Breeding, R.S. Puram, Coimbatore – 641 002, India,
- Prasad, M., 1997. Physical, chemical and biological properties of coir dust. *Acta Hort.* 450, 21-29.
- Raviv, M., Krasnovsky, A., Medina, S., Reuveni, R., 1998. Assessment of various control strategies for recirculation of greenhouse effluents under semi-arid conditions. *J. Hort. Sci.* 73, 485-491.
- Raviv, M., Lieth, J.H., 2008. Significance of soilless culture in agriculture. In: Raviv, M., Lieth, J.H. (Eds). *Soilless Culture. Theory and Practice.* Elsevier B.V., Amsterdam, The Netherlands, pp. 1-11.
- Raviv, M., Wallach, R., Silber, A., & Bar-Tal, A., 2002. Substrates and their analysis. In: D. Savvas & H.C. Passam (Eds), *Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals.* Embryo Publications, Athens, Greece, pp. 25-101.
- Reed, D.W., 1996. Closed production systems for containerized crops: recirculating subirrigation and zero-leach system. In: Reed, D.W. (Ed.). *Water, Media and Nutrition for Greenhouse Crops.* Ball Publishing, Batavia, IL, USA, pp. 221-245.
- Rouphael, Y., Cardarelli, M., Rea, E., Battistelli, A., Colla, G., 2006. Comparison of the subirrigation and drip-irrigation systems for greenhouse zucchini squash production using saline and non-saline nutrient solutions. *Agric. Water Manage.* 82, 99-117.
- Rouphael, Y., Colla, G., 2005. Growth, yield, fruit quality and nutrient uptake of hydroponically cultivated zucchini squash as affected by irrigation systems and growing seasons. *Sci. Hort.* 105, 177-195.
- Rubatzky, V.E., & Yamaguchi, M., 1997. *World Vegetables. Principles, Production and Nutritive Values.* 2nd Edn, Chapman & Hall, New York, USA, 843 p.
- Sachs, J., 1859. *Über den Einfluss der chemischen und physikalischen Beschaffenheit des Bodens auf die Transpiration der Pflanzen.* Die Landwirtschaftlichen Versuchsstationen 1, 203-240.

- Sachs, J., 1861. Vegetationsversuche mit Ausschluss des Bodens, über die Nährstoffe und sonstigen Ernährungsbedingungen von Mais, Bohnen und anderen Pflanzen. Die Landwirtschaftlichen Versuchs-Stationen 3, 30-44.
- Sakai, Y. and Takada, T., (2017), The analysis of an effect of seed propagation on defense strategy against pathogen transmission within clonal plant population using lattice model, *Journal of Theoretical Biology*, Vol. 427, pp 65-76.
- Santamaria, P., Campanile, G., Perente, A., Elia, A., 2003. Subirrigation vs. drip-irrigation: effects on yield and quality of soilless grown cherry tomato. *J. Hort. Sci. Biotech.* 78, 290-296.
- Savvas, D., 1992. Vegetatives und generatives Wachstum bei Auberginen (*Solanum melongena* L.) in Hydrokultur in Abhängigkeit von der elektrischen Leitfähigkeit der Nährlösung. Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Βόννης, Γερμανία.
- Savvas, D., 2002a. Nutrient solution recycling. In: Savvas, D., Passam, H.C. (eds.). *Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals*. Embryo Publications, Athens, Greece, pp. 299-343.
- Savvas, D., Gizas, G., 2002. Response of hydroponically grown gerbera to nutrient solution recycling and different nutrient cation ratios. *Sci. Hort.* 96, 267-280.
- Savvas, D., Lenz, F., 1994. Einfluss einer NaCl-Salzbelastung auf das vegetative und generative Wachstum von Aubergine (*Solanum melongena* L.) in Hydrokultur. *Gartenbauwissenschaft* 59, 172-177.
- Schnitzler, W.H., Gruda, N.S., 2002. Hydroponics and product quality. In: Savvas, D., Passam, H.C. (Eds). *Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals*, Embryo Publications, Athens, Greece, pp. 373-411.
- Schroder, F.G., Lieth, H.J., 2002. Irrigation control in hydroponics, In: Savvas, D., Passam, H.C. (eds.). *Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals*. Embryo Publications, Athens, Greece, pp. 263-298.
- Sheikh B. A., (2006), Hydroponics: Key To Sustain Agriculture In Water Stressed And Urban Environment, *Pak. J. Agri., Agril. Engg., Vet. Sc.* 22 (2) 2006,

(<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.514.4323&rep=rep1&type=pdf>)

Shive, J.W., Robbins, W.R., 1937. Methods of growing plants in solution and sand cultures. New Jersey Agric. Exp. Stat. Bulletin 636, 1-24.

Sonneveld, C., 1989. Rockwool as a substrate in protected cultivation. *Chronica Hort.* 29, 33-36.

Sonneveld, C., 1995. Fertigation in the greenhouse industry. In: Proceedings of the Dahlia Greidinger International Symposium on Fertigation. Technion – Isrel Institute of Technology, Haifa, Israel, 121-140.

Sonneveld, C., Welles, G.W.H., 1984. Growing vegetables in substrates in the Netherlands. In: Proceed., 6th Internat. Congress on Soilless Cult. ISOSC, Wageningen, The Netherlands, pp. 613-631.

Steiner, A.A., 1976. Nomenclature with hydroponics. In Proceed., 4th Internat. Congress on Soilless Cult. IWOSC, Wageningen, The Netherlands, pp. 19-20.

Swiader, J.M., Ware, G.W., & McCollum, J.P., 1992. *Producing Vegetable Crops*. 4th Edn, Interstate Publishers, Inc., Danville, Illinois, USA, 626 p.

Szmidt, R.A.K., Hall, D.A., & Hitchon, G.M., 1988. Development of perlite culture cultures for the production of greenhouse tomatoes. *Acta Hort.* 221, 371-378.

Toogood Alan, (2019), *Royal Horticultural Society Propagating Plants: How to Create New Plants For Free*, Publisher: Dorling Kindersley Ltd, p.320, ISBN: 0241443423, 9780241443422,
(<https://books.google.gr/books?id=QBfEDwAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>)

Treder, J., Matysiak, B., Nowak, J.S., Nowak, J., 1999. The effects of potting media and concentration of nutrient solution on growth and nutrient content of three *Ficus* species cultivated on ebb-and-flow benches. *Acta Hort.* 481, 433-439.

- Treder, W., Tryngiel-Ga c, A., & Klamkowski, K. (2015). Development of greenhouse soilless system for production of strawberry potted plantlets. *Horticultural Science*, 42(1), 29-36.
- Uva, W.L., Weiler, T.C., Milligan, R.A., 1998. A survey on the planning and adoption of zero runoff sub irrigation systems in greenhouse operations. *HortScience* 33, 193-196.
- Uva, W.L., Weiler, T.C., Milligan, R.A., 2001. Economic analysis of adopting zero runoff sub irrigation systems in greenhouse operations in the northeast and north central United States. *HortScience* 36, 167-173.
- Van Os, E.A. 1999. Closed soilless growing systems: A sustainable solution for dutch greenhouse horticulture. *Water Sci. Technol.* 39, 105-112.
- Van Os, E.A., 1982. Dutch developments in soilless culture. *Outlook on Agric.* 11, 165-171.
- Van Os, E.A., Gieling, Th.H., Lieth, H.J., 2008. Technical equipment in soilless production systems. In: Raviv, M., Lieth, H.J. (eds). *Soilless Culture: Theory and Practice*. Elsevier, Amsterdam, pp. 157-207.
- Verhagen, J.B.G.M., 1999. CEC and the saturation of the adsorption complex of coir dust. *Acta Hort.* 481, 151-155.
- Verwer, F.L.J.A.W., 1978. Research and results with horticultural crops in rockwool and nutrient film. *Acta Hort.* 82, 141-147.
- Warker J. N. and Duncan G.A., *Mist Propagation Systems*, University of Kentucky, College of Agriculture, Cooperative Extension Service, Agriculture, Home Economic, (<https://www.uky.edu/bae/sites/www.uky.edu/bae/files/AEN-36.pdf>).
- Wei, H., Liu, C., & Ryong Jeong, B. (2020). An Optimal Combination of the Propagation Medium and Fogging Duration Enhances the Survival, Rooting and Early Growth of Strawberry Daughter Plants. *Agronomy*, 10(4), 557.

- Wever, G., & Van Leeuwen, A.A., 1995. Measuring mechanical properties of growing media and the influence of cucumber cultivation on these properties. *Acta Hort.* 401, 27-34.
- Wiebe, H.J., 1990. Vernalization of vegetable crops – A review. *Acta Hort.* 267, 323-328.
- Wilhelm, S. and Sagen, J.E. 1972. A history of the Strawberry from ancient gardens to modern markets. Agricultural Publ., University of California, Berkeley.
- Wohanka, W., 2000. Preventing disease in closed irrigation system. *Flower Technol.* 3, 17-20.