

7-8 η Διάλεξη

Υποστρώματα Υδροπονικών καλλιεργειών

- Επιθυμητά χαρακτηριστικά
- Φυσικοχημικές-Μικροβιολογικές Ιδιότητες

Αναστάσιος Ι. Κώτσιρας
Αναπληρωτής Καθηγητής

Υπόστρωμα

- Υποκατάστατο του εδάφους
- Βελτίωση των λειτουργιών σε σχέση με το έδαφος
 - Τροφοδότηση με νερό και θρεπτικά στοιχεία
 - Παροχή οξυγόνου στο ριζικό σύστημα
 - Μηχανική στήριξη

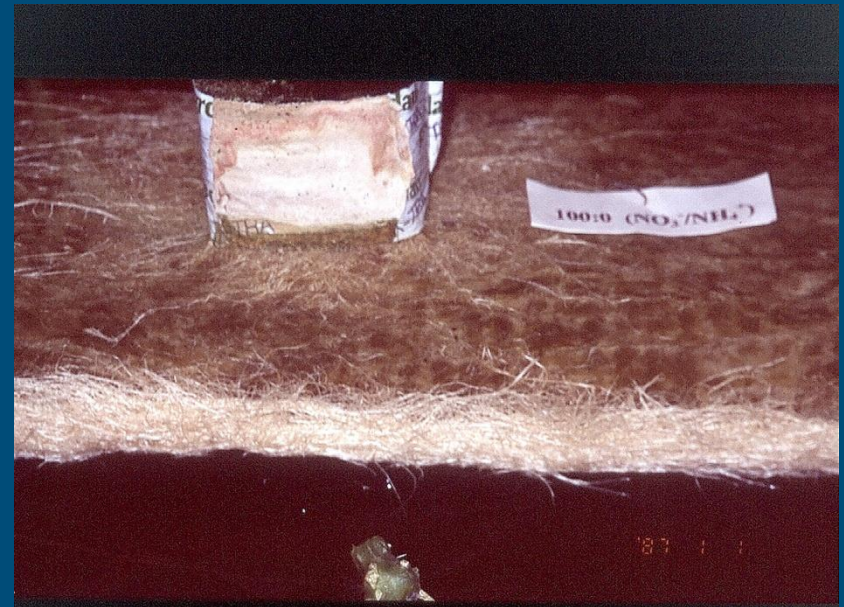
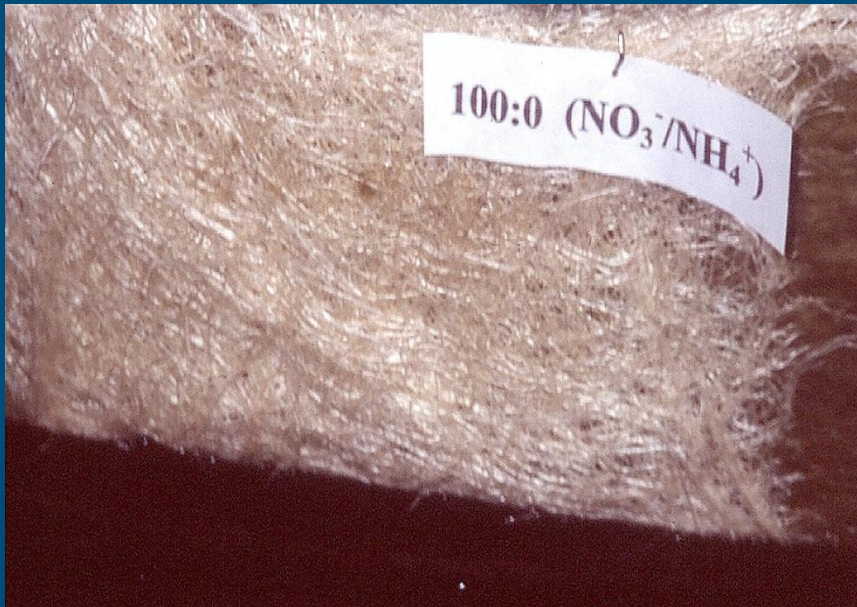
Υπόστρωμα

- Πορώδες υλικό
 - σημαντική η αναλογία μεταξύ νερού και αέρα στους πόρους
 - εξασφάλιση επάρκειας σε νερό και οξυγόνο
- Συγκράτηση νερού και απόδοση στα φυτά
- Περιορισμένος ο όγκος του υποστρώματος σε σχέση με το έδαφος
 - συχνή άρδευση-υδρολίπανση

Διαχείριση της λιπάνσεως: Έδαφος-Υποστρώματα

- Ο σημαντικότερος παράγοντας διαχωρισμού της διαχείρισης της λιπάνσεως μεταξύ καλλιεργειών στο έδαφος και σε υποστρώματα είναι ο περιορισμένος όγκος του υποστρώματος γεγονός το οποίο σημαίνει:
 - χαμηλότερη ρυθμιστική ικανότητα για το pH και την σύσταση του θρεπτικού διαλύματος
 - περιορισμένος εφοδιασμός θρεπτικών στοιχείων
 - περιορισμένος όγκος για την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος:
 - μικρότερο ριζικό σύστημα με μεγάλη πυκνότητα
 - μεγάλος ανταγωνισμός μεταξύ των ριζών

Ριζικό σύστημα αγγουριάς σε πετροβάμβακα



Ικανοποίηση των υδατικών και θρεπτικών αναγκών των φυτών

- Συχνή άρδευση για μικρά χρονικά διαστήματα
 - από 2,3 έως 14, 15 ή και 20 αρδεύσεις ανά 24ωρο).
- Συνεχόμενη λίπανση
- Ο όγκος του θρεπτικού διαλύματος είναι μικρότερος σε σχέση με τις καλλιέργειες στο έδαφος.
- **Μέσω αυτών των πρακτικών επιτυγχάνεται άριστο αποτέλεσμα ακόμη και με την χρήση υποστρωμάτων με ελάχιστο όγκο.**

Επιλογή υποστρωμάτων

- Υπάρχει μεγάλη ποικιλία υποστρωμάτων αναλόγως:
 - της προελεύσεως
 - των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών
- Κάθε χρόνο εντάσσονται στην αγορά νέες πηγές φυσικών ή και τεχνητών υποπροϊόντων που χρησιμοποιούνται ως υποστρώματα
- Από πλευράς φυσικοχημικών ιδιοτήτων, προτιμώνται:
- **τα αδρανή υποστρώματα** (καλύτερος έλεγχος της θρέψης)
- **με μικρή EC και ουδέτερη αντίδραση**

Υπόστρωμα

Το στερεό υπόστρωμα είναι το σύνολο τριών φάσεων:

- το στερεό μέσο
- το θρεπτικό διάλυμα (υδατικό διάλυμα)
- ο διαλελυμένος αέρας

Υποστρώματα-Έδαφος

Η αποδοτικότητα των υδροπονικών καλλιεργειών σε στερεά υποστρώματα είναι σημαντικά υψηλότερη από αυτήν των καλλιεργειών στο έδαφος. Αυτό οφείλεται:

- Στις καλύτερες φυσικοχημικές τους ιδιότητες
- Στην αρχική απουσία παθογόνων
- Στην ευκολία απολύμανσής τους κατά την εναλλαγή των καλλιεργειών

Υποστρώματα-Έδαφος

- Άρδευση με πλήρη θρεπτικά διαλύματα
 - Σε κάθε άρδευση χορηγούνται όλα τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία.
 - Τα περισσότερα υποστρώματα είναι χημικά αδρανή
 - δεν συγκρατούν θρεπτικά στοιχεία
 - δεν συμμετέχουν άμεσα στην θρέψη των φυτών

Επιθυμητά Χαρακτηριστικά

- Καλή συγκράτηση υγρασίας
- Επαρκής αεροπερατότητα
- Σταθερή δομή
- Ομοιομορφία
- Απουσία παθογόνων και ζιζανίων
- Ευκολία στους χειρισμούς
- Χαμηλό κόστος
- Φιλικά προς το περιβάλλον

Απουσία παθογόνων και σπόρων ζιζανίων

- Σημαντική παράμετρος για την καταλληλότητα
- Συνήθως απολυμαίνονται πριν από την χρήση τους
 - δεν απολυμαίνονται όταν προέρχονται από υλικά που δεν δημιουργούν προβλήματα (ελαφρόπετρα, κλπ)
 - ο περλίτης κατά την παρασκευή του θερμαίνεται σε υψηλές θερμοκρασίες

Συγκράτηση νερού μετά την άρδευση

- Ένα κατάλληλο υπόστρωμα θα πρέπει να συγκρατεί ικανή ποσότητα νερού:
 - να την διαθέτει εύκολα στα φυτά
 - να μην συγκρατείται με ισχυρές ελκτικές δυνάμεις

Επάρκεια αέρα

- Ένα κατάλληλο υπόστρωμα θα πρέπει να παρέχει αρκετό οξυγόνο στην ρίζα ακόμη μετά την άρδευση:
- εντός του πορώδους, ισορροπημένη σχέση μεταξύ των όγκων του νερού και του αέρα

Ομοιομορφία

- **Ανομοιομορφία εδάφους:**
 - μικρότερες έως μεγαλύτερες μεταβολές σε μικρές αποστάσεις
 - Απρόβλεπτη συμπεριφορά και δυσκολία στον ακριβή σχεδιασμό λιπάνσεων, αρδεύσεων και καλλιεργητικών χειρισμών
- **Ομοιομορφία υποστρώματος:**
 - ελάχιστη έως μηδενική μεταβολή των χαρακτηριστικών
 - σταθερότητα των χαρακτηριστικών στον χρόνο
 - ελεγχόμενη συμπεριφορά σε άρδευση και λίπανση

Σταθερότητα δομής

- Αποφυγή εύκολης μεταβολής των χαρακτηριστικών κατά την χρήση του
- Αντοχή σε περισσότερες καλλιεργητικές περιόδους
- Μείωση του κόστους αντικαταστάσεως

Ιδιότητες χρήσεως

Εύχρηστο

- ελαφρύ
- τυποποιημένο (σάκοι διαφόρων τύπων)

Στόχος:

- μείωση του κόστους εργασίας εγκαταστάσεως

ΚΟΣΤΟΣ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

Κόστος

- Σημαντική παράμετρος αξιολογήσεως
- Θα πρέπει να είναι χαμηλό
- Καλύτερο θεωρείται ένα υπόστρωμα που δίνει το καλύτερο παραγωγικό αποτέλεσμα
- Προσοχή στο κόστος μεταφοράς (απόσταση)
 - ελαφρόπετρα: βάρος
 - περλίτης: όγκος

Κόστος των κυριοτέρων υποστρωμάτων

- **Ελαφρόπετρα (Agrolava)**

- Σάκος 1,30 € (1,5) (όγκος 22 λίτρα, βάρος 20 kg)
- Χύδην 33 € (40) ο μετρικός τόνος (big bag)

- **Πετροβάμβακας (Grodan)**

- Σάκος 2,0 € (7,5 x 15 x100 εκ)
- Κύβος (7 x 7 εκ) 0,1 €

- **Περλίτης (Perloflor)**

- Σάκος 1,50 € (33 λίτρα κοκκομετρία 2,5-5,0 mm)

Χημική συμπεριφορά

- Προτιμώνται τα χημικά αδρανή υποστρώματα
 - δεν επιδρούν στην θρέψη των φυτών
 - ευχέρεια πλήρους ελέγχου της θρέψης μέσω των θρεπτικών διαλυμάτων
 - ακόμα και σε χημικά ενεργά υποστρώματα, λόγω μικρού όγκου, οι μεταβολές στην θρέψη είναι μικρές

Ιδιότητες των υποστρωμάτων

- Φυσικές
- Χημικές
- Μικροβιολογικές

Φυσικές Ιδιότητες

- Φαινόμενο ειδικό βάρος
- Κοκκομετρική σύσταση
- Ολικό πορώδες
- Συνολική συγκράτηση νερού

Φαινόμενο Ειδικό Βάρος (ΦΕΒ)

- Είναι το βάρος ξηρού υποστρώματος, δια του όγκου που αντιστοιχεί σε αυτή τη μάζα (g/l ή g/cm^3)
- **Μέτρηση:** Υγρό υπόστρωμα τοποθετείται σε ογκομετρικό κύλινδρο μέχρι να στραγγίσει και αποξηραθεί τελείως. Στην συνέχεια ζυγίζεται.
- Πλεονέκτημα το χαμηλό ΦΕΒ: ελαφρύ υπόστρωμα, χαμηλό κόστος, καλύτεροι χειρισμοί

Φαινόμενο Ειδικό βάρος

- Μεγάλες διαφορές μεταξύ των υποστρωμάτων:
 - Άμμος: 1,48-1,80 g/cm³
 - Ελαφρόπετρα: 0,62-0,95 g/cm³
 - Περλίτης: 0,06-0,13 g/cm³
 - Πετροβάμβακας: 0,05-0,10 g/cm³

Κοκκομετρική κατανομή υποστρώματος

- Η εκατοστιαία κατανομή των διαφόρων μεγεθών κόκκων του υποστρώματος (χρήση μόνο σε κοκκώδη υποστρώματα)
- Τρόπος διατάξεως των κόκκων:
 - **σταθερού σχήματος** με ενωμένους κόκκους (πετροβάμβακας)
 - **κοκκώδη** με ασύνδετους κόκκους (ελαφρόπετρα, περλίτης)
- Μέσο μέγεθος κόκκων υποστρωμάτων: 1-2 mm

Κοκκομετρική κατανομή υποστρώματος

- Παραδείγματα κοκκομετρικών κλασμάτων (διάμετρος σε mm):
 - Λεπτοί κόκκοι: $<0,60$
 - Ελαφρώς λεπτοί κόκκοι: $1,69-2,38$
 - Μέτρια χονδροί κόκκοι: $4,01-6,35$
 - Χονδροί κόκκοι: $>6,35$

Κοκκομετρική κατανομή υποστρώματος

Συσχέτιση του αριθμού και του μεγέθους των πόρων:

- **Χονδρόκοκκα υποστρώματα** → μεγάλο μέγεθος πόρων → μικρή συγκράτηση νερού
- **Λεπτόκοκκα υποστρώματα** → μικρό μέγεθος πόρων → μεγάλη συγκράτηση νερού → κακή στράγγιση → κακός αερισμός ρίζας

Κοκκομετρική κατανομή υποστρώματος

Μαθηματική έκφραση

- $g_d = m_d/m$ ή $g_d = 100m_d/m$ (εκατοστιαία αναλογία)
 - g_d = κοκκομετρικό κλάσμα
 - m_d = μάζα κόκκων που είναι μικρότεροι από ένα μέγεθος d (η μέγιστη διάμετρος των κόκκων σε mm)
 - m = συνολική μάζα των κόκκων
- Η καμπύλη της κοκκομετρικής κατανομής είναι αθροιστική (επιδιώκεται η **ομοιόμορφη** αύξουσα μεταβολή)

Ολικό πορώδες

Ορισμός-Μαθηματική Έκφραση

- Η % αναλογία του όγκου των πόρων επί του συνολικού όγκου του υποστρώματος.

$$P = V_p / V_s \text{ ή } P(\%) = 100 V_p / V_s$$

- P = ολικό πορώδες
- V_p = ο όγκος που καταλαμβάνουν οι πόροι
- V_s = το σύνολο του όγκου του υποστρώματος

Ολικό πορώδες

- Εξαρτάται από το σχήμα, το μέγεθος και την διεύθυνση των κόκκων.
- Τα περισσότερα υποστρώματα έχουν ολικό πορώδες μεταξύ 40-95%.
- Υπάρχουν και κλειστοί πόροι που δεν επιτρέπουν την είσοδο του νερού.

Ολικό πορώδες

- Το ποσοστό του όγκου του υποστρώματος στο οποίο παραμένει αέρας κατά το τέλος της ελεύθερης απορροής του διαλύματος, κυμαίνεται από 10-30%.
- Όταν όλοι οι πόροι του υποστρώματος είναι γεμάτοι με νερό το υπόστρωμα καλείται **κορεσμένο σε νερό** (θα πρέπει να μην παρατηρείται αποστράγγιση: πχ ένας σάκος ελαφρόπετρας χωρίς οπές απορροής
 - γεμίζουν όλοι οι ανοικτοί πόροι
 - η περιεκτικότητα σε αέρα είναι μηδενική

Ειδική επιφάνεια

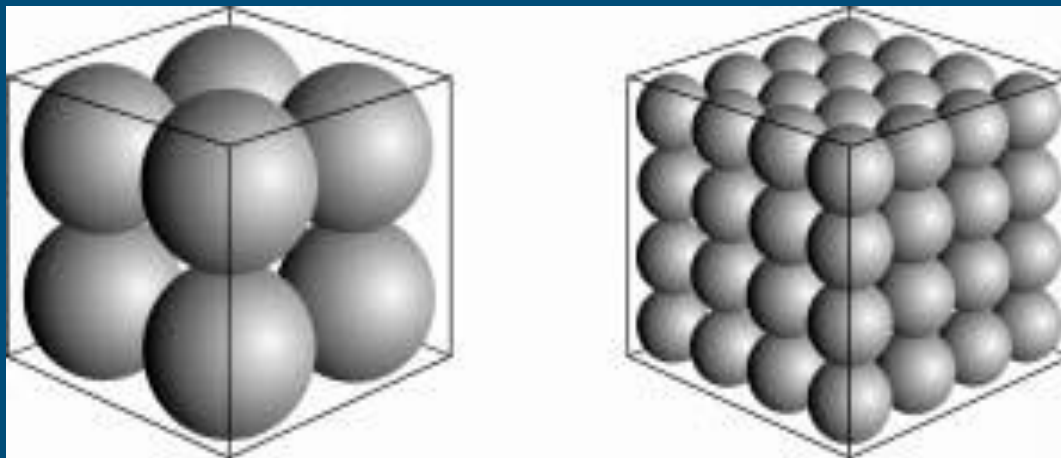
- Επιφάνεια (**S σε m^2**) των στερεών τεμαχιδίων του υποστρώματος ανά μονάδα μάζας του (m σε g)

Επεξήγηση της σχέσης μεταξύ του μεγέθους των κόκκων ενός υποστρώματος και της συνολικής τους επιφάνειας:

κύβοι όγκου 64 cm^3 με ακμή 4 cm

οι 8 κόκκοι ακτίνας 1 cm (αριστερά) έχουν εξωτερική επιφάνεια $100,5 \text{ cm}^2$

οι 64 κόκκοι ακτίνας $0,5 \text{ cm}$ (αριστερά) έχουν εξωτερική επιφάνεια 201 cm^2



Η ειδική επιφάνεια ενός υποστρώματος αυξάνει αντιστρόφως ανάλογα με το μέγεθος των κόκκων που το απαρτίζουν

Συνολική συγκράτηση νερού

- Τα υποστρώματα συγκρατούν νερό μέσω **ελκτικών δυνάμεων**
 - δυνάμεις συνάφειας (ηλεκτροστατικής φύσεως).
 - προσκόλληση στοιβάδας νερού στην επιφάνεια των κόκκων του υποστρώματος
- Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται **μύζηση (ψ)**.
- Μονάδες μετρήσεως:
 - Pascal (kPa, MPa)
 - Ύψος στήλης νερού (cm)
 - bar ή At (ατμόσφαιρα)
 - $1 \text{ At} = 1 \text{ bar} = 100 \text{ kPa}$

Συνολική συγκράτηση νερού

- Όσο πιο μικροί (και περισσότεροι) είναι οι κόκκοι του υποστρώματος, τόσο μεγαλύτερη είναι και η ειδική του επιφάνεια (**S**)
- Η ένταση της μύζησης εξαρτάται από την ειδική επιφάνεια:
 - η ύπαρξη μικρών κόκκων σημαίνει αυξημένη συγκράτηση νερού



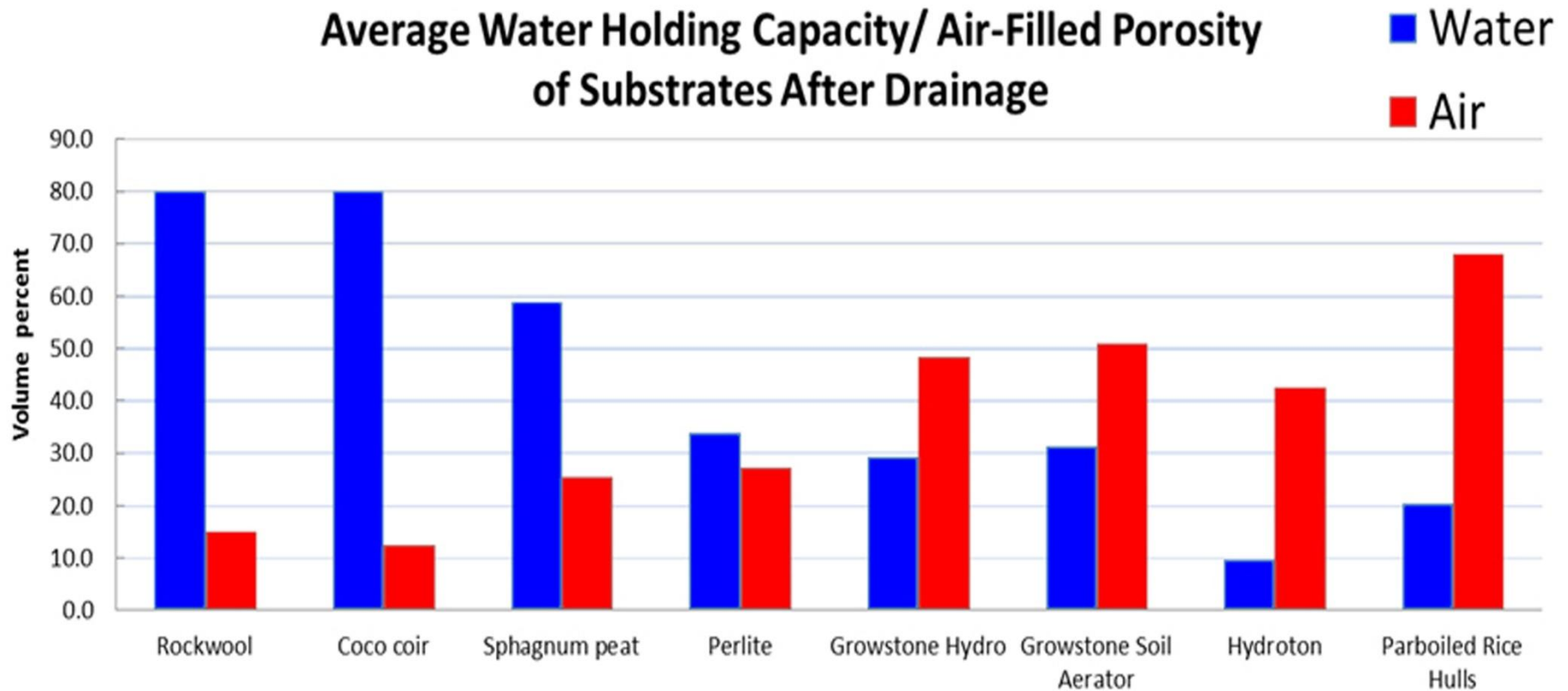
- τα λεπτόκοκκα υποστρώματα έχουν πολύ μεγαλύτερη ικανότητα συγκρατήσεως νερού
- Μηδενική μύζηση → όλοι οι πόροι είναι γεμάτοι με διάλυμα → **κατάσταση κορεσμού** (μηδενική περιεκτικότητα αέρα)

Συνολική συγκράτηση νερού

- Για μια δεδομένη περιεκτικότητα υποστρώματος σε νερό η μύζηση που ασκείται δεν είναι ίδια αλλά διαφέρει ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του **πορώδους τους**.
- **Εσωτερικό πορώδες**
 - Μικρού μεγέθους πόροι μέσα στους κόκκους των υποστρωμάτων
 - Η ειδική επιφάνεια προσδιορίζεται:
 - από την εξωτερική επιφάνεια και
 - από το εσωτερικό πορώδες

Ικανότητα συγκρατήσεως νερού

Average Water Holding Capacity/ Air-Filled Porosity
of Substrates After Drainage

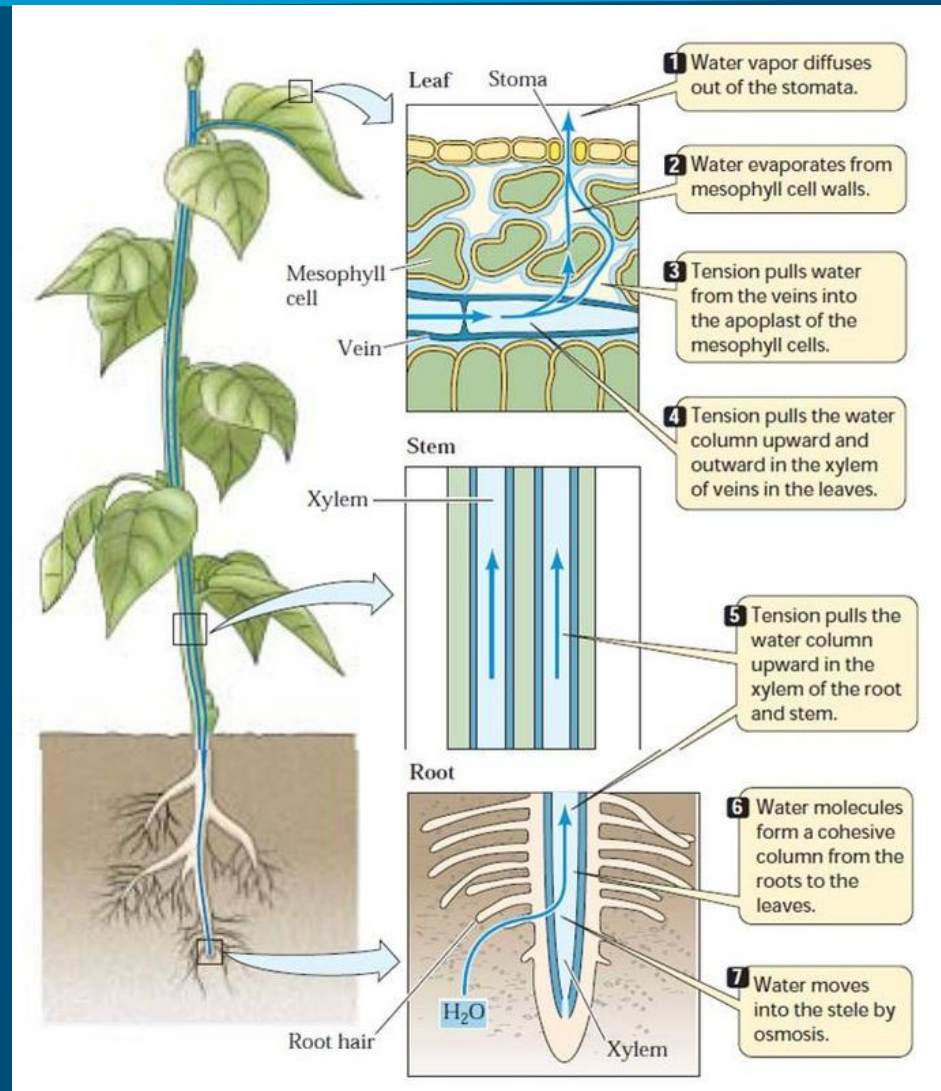


Εύκολα διαθέσιμο νερό

- Η απορρόφηση του νερού από τα φυτά οφείλεται:
 - στο **ωσμωτικό δυναμικό** των κυττάρων της ρίζας
 - πρέπει να είναι μεγαλύτερο από το δυναμικό του νερού που περιέχεται στους πόρους του υποστρώματος
- Για να έχουν τα φυτά εύκολα διαθέσιμο νερό, θα πρέπει η μύζηση που ασκεί το υπόστρωμα στο νερό να είναι όσο το **δυνατόν χαμηλότερη**
- η αλλαγή της περιεκτικότητας σε υγρασία οδηγεί σε μεταβολή της μύζησης

Τριχοειδές φαινόμενο

- Με τον συνδυασμό των δυνάμεων συνοχής και συνάφειας, επιτυγχάνεται η ανύψωση του νερού από τη ρίζα στο βλαστό και στα φύλλα των φυτών μέσω των αγγείων του φυτού σε πείσμα των νόμων της βαρύτητας
- **τριχοειδές φαινόμενο**



Εύκολα διαθέσιμο νερό

- Το νερό που βρίσκεται στο περιβάλλον του ριζικού συστήματος είναι το **εύκολα διαθέσιμο νερό** όταν:
 - Η τιμή της μύζησης που ασκείται από το υπόστρωμα είναι μεταξύ **1-5 kPa** (ή 10-50 cm στήλης νερού).
 - Σχετικά εύκολα διαθέσιμο νερό είναι και το νερό που συγκρατείται με τιμές μύζησης **5-10 kPa**.

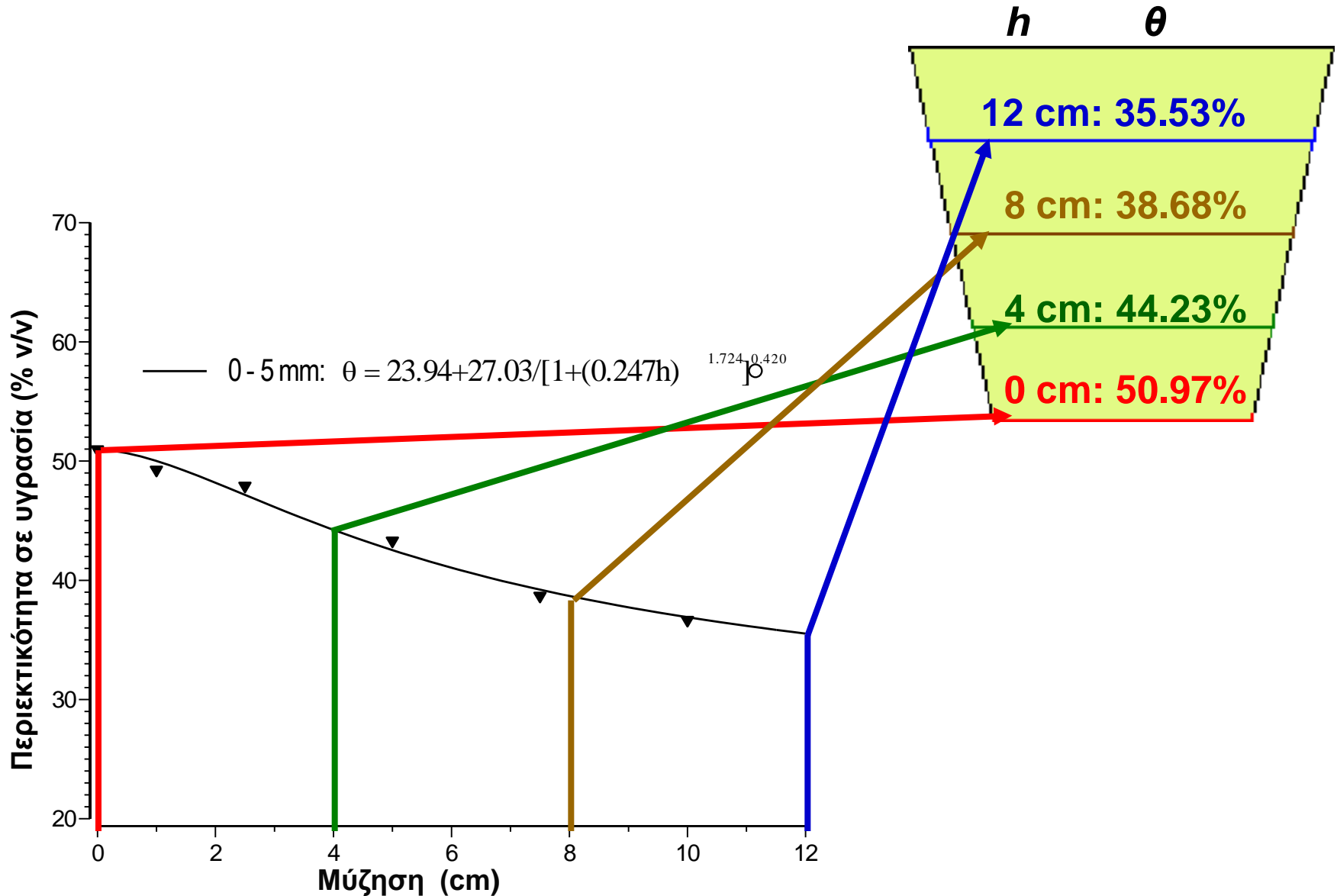
Χαρακτηριστικές καμπύλες υγρασίας

- Η σχέση που συνδέει την περιεκτικότητα ενός υποστρώματος σε υγρασία με την μύζηση αποδίδεται με τις **χαρακτηριστικές καμπύλες υγρασίας**
- Βάσει των καμπυλών, τα υποστρώματα αξιολογούνται ως προς την καλλιεργητική τους συμπεριφορά:



- φυσικές ιδιότητες
 - **διαθεσιμότητα νερού**
 - **διαθεσιμότητα οξυγόνου**

Η περιεκτικότητα ενός υποστρώματος σε υγρασία μεταβάλλεται με την αύξηση του ύψους



Χημικές ιδιότητες

- Χημική σύνθεση
- Ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων και ανιόντων (χημικά ενεργά)
- Ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC)
- Οξύτητα (pH)

Χημική σύνθεση

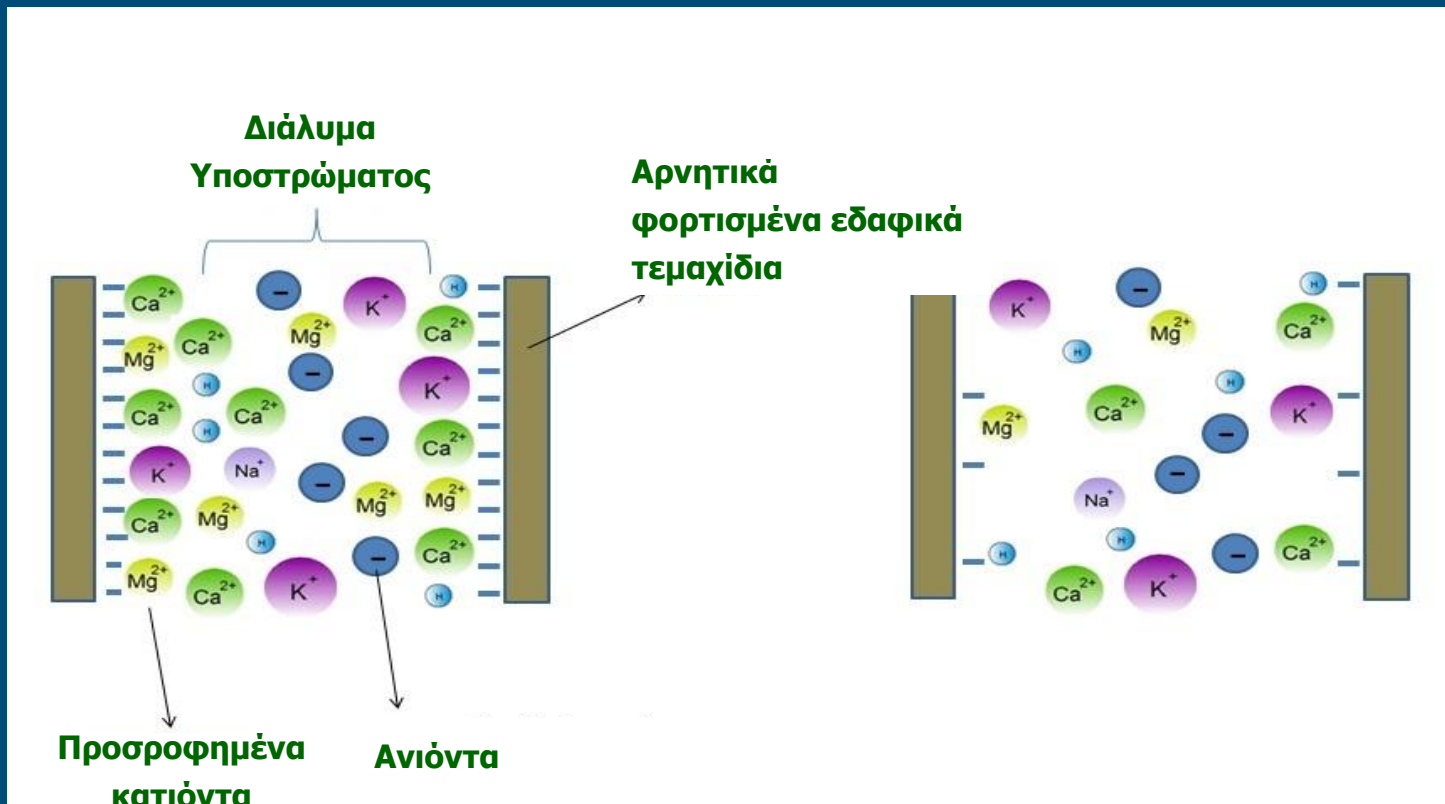
- Η % περιεκτικότητα των ανόργανων ή οργανικών συστατικών του.
- Προσδιορίζεται εργαστηριακά σε υδατικά εκχυλίσματα συγκεκριμένης αναλογίας υποστρώματος και νερού (συνήθως 1:1,5 κατ' όγκον).
- Εξαρτάται από την προέλευση υποστρωμάτων:
 - ανόργανα υλικά (ηφαιστειακά πετρώματα, ορυκτά, κλπ)
 - οργανικά υλικά (φυτικής ή ζωικής προελεύσεως)

Ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων-ανιόντων

- Ορίζεται ως η ικανότητα κάποιων στερεών τεμαχιδίων των υποστρωμάτων να συγκρατούν στην επιφάνειά τους κάποια ιόντα (κυρίως κατιόντα). Τα ιόντα αυτά ανταλλάσσονται μέσω των στερεών τεμαχιδίων και του υγρού μέσου που τα περιβάλλει.
- Υποστρώματα που έχουν αυτή την ιδιότητα λέγονται χημικά ενεργά
 - τύρφη, κόκκος, βερμικουλίτης
- Υποστρώματα που δεν έχουν αυτήν την ιδιότητα λέγονται **χημικά αδρανή** και είναι πιο διαδεδομένα σε επιχειρηματικές μονάδες
 - περλίτης, πετροβάμβακας, ελαφρόπετρα

Ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων

Ανταλλάξιμα Κατιόντα



Ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (CEC)

- ο Η συνολική ποσότητα των κατιόντων (σε meq / 100 g ή mmol_c / kg υποστρώματος) που μπορούν να προσροφηθούν στις αρνητικά φορτισμένες επιφάνειες.
- ο **Ανταλλάσσονται μεταξύ στερεάς και υγρής φάσεως στο υπόστρωμα (αντιστρεπτό φαινόμενο)**
- ο Αντικαθίστανται από άλλα ισοδύναμα ιόντα → **ιοντική ανταλλαγή.**
- ο Κυριότερα κατιόντα: Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺, NH₄⁺, H⁺, Al³⁺.
- ο Τα δισθενή ιόντα (Ca²⁺, Mg²⁺) συγκρατούνται ισχυρότερα από τα μονοσθενή.

Οξύτητα (pH)

- Προσδιορίζεται εργαστηριακά σε υδατικά εκχυλίσματα συγκεκριμένης αναλογίας υποστρώματος και νερού (συνήθως 1:1,5 κατ' όγκον).
- Προσδιορίζεται μόνο στα χημικά ενεργά υποστρώματα όπου πιθανόν να υπάρχουν μεταβολές.
- Δεν προσδιορίζεται στα χημικά αδρανή υποστρώματα (δεν το μεταβάλλουν).
- Θεωρείται μια από τις πλέον σημαντικές παραμέτρους

Ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC)

- Προσδιορίζεται εργαστηριακά σε υδατικά εκχυλίσματα συγκεκριμένης αναλογίας υποστρώματος και νερού (συνήθως 1:1,5 κατ' όγκον).
- Εκφράζει την συγκέντρωση των ανοργάνων αλάτων στα υποστρώματα.
- **Επιδιώκεται η χαμηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα**
- Σε περιπτώσεις υψηλής αγωγιμότητας πραγματοποιούνται εκπλύσεις του υποστρώματος με άφθονο νερό πριν από την εγκατάσταση της καλλιέργειας.

Αδρανή υποστρώματα

Τα κυριότερα αδρανή υποστρώματα

1. Άμμος (sand)
2. Διογκωμένος Περλίτης (Perlite)
3. Ελαφρόπετρα (Pumice)
4. Διογκωμένη άργιλος (Expanded clay)
5. Πετροβάμβακας (Rockwool)
6. Υαλοβάμβακας (Glasswool)
7. Χαλίκι (Gravel)

Άμμος (sand)

Κλάσμα του εδάφους με μέγεθος κόκκων $> 0,02 \text{ mm}$

Τύποι άμμου

- ⑩ λεπτόκοκκη (0,05-0,5 mm)
 - υψηλό πορώδες

- ⑩ χονδρόκοκκη (0,5-2mm)
 - χαμηλό πορώδες



Προτιμάται η κρυσταλλική άμμος (ποταμίσια)

Αποφυγή χρήσεως της θαλασσινής και της ασβεστολιθικής

Άμμος (sand)

Προέλευση-Ιδιότητες-Εφαρμογές

- Από κοιτή ποταμών (κρυσταλλική)
- Μηδενική ανταλλακτική ικανότητα
- Χρησιμοποιείται ως βάση για συνθετικά μείγματα (compost)
- Επηρεάζει τη σχέση νερού/ αέρα και τις υδατικές ιδιότητες των μειγμάτων



Πλεονεκτήματα της χρήσεως άμμου

- 👍 **Χαμηλό κόστος** σε σχέση με άλλα υποστρώματα
- 👍 Η διάθεση της χρησιμοποιημένης άμμου **δεν δημιουργεί περιβαλλοντικά προβλήματα.**
- 👍 Η απολύμανσή της γίνεται **ικανοποιητικά** με τη χρήση ατμού.
- 👍 Η χονδρόκοκκη άμμος παρέχει **καλό αερισμό του ριζικού συστήματος.**
- 👍 Θεωρητικά έχει **απεριόριστη διάρκεια ζωής.**

Μειονεκτήματα της χρήσεως άμμου

- ☞ Το **μεγάλο ειδικό της βάρος** δυσχεραίνει τους χειρισμούς.
- ☞ Παρουσιάζει **μειωμένη συγκράτηση νερού** (χονδρόκοκκο υλικό 0,2-5,0 mm)
- ☞ Η λεπτόκοκκη άμμος **δεν παρέχει καλό αερισμό της ρίζας.**
- ☞ **Κακή συμπεριφορά λόγω μειωμένης αεροπερατότητας**

Περιορισμένη εφαρμογή στην πράξη

Πρακτικές της χρήσεως άμμου

- Χρησιμοποιείται σε μείγματα υποστρωμάτων
 - παραγωγή σποροφύτων
 - καλλιέργεια γλαστρικών
- Η αμιγής χρήση της λεπτόκοκκης άμμου, προϋποθέτει την τοποθέτηση σε μεγαλύτερου ύψους στρώσεις σε σχέση με άλλα υποστρώματα:
 - **>20 cm.**
- Συχνή άρδευση με μικρές δόσεις διαλύματος σε κάθε άρδευση

Διογκωμένος Περλίτης (Perlite)

- Ηφαιστειακό υαλώδες αργιλλοπυριτικό ορυκτό.
- Εξόρυξη \Rightarrow θέρμανση (1000°C) \Rightarrow διόγκωση \Rightarrow ψύξη \Rightarrow δημιουργία πορώδους.
- Κόκκοι διαμέτρου 0-4 mm.
- Ελληνικό υπόστρωμα: κοιτάσματα στα νησιά Μήλο (κυρίως), Νίσσυρο, Αντίπαρο, Κω.
- Χημικά αδρανές με ουδέτερη αντίδραση
- Χρήση: αυτούσιος ή σε μείγματα



Διογκωμένος Περλίτης (Perlite)

- Στην υδροπονία χρησιμοποιείται η κοκκομετρία 0-2 ή 1,5-3 mm.
- Φαινόμενο Ειδικό Βάρος 0,06-0,15 g cm⁻³.
- Ολικό πορώδες 85-95%
- Μεγάλο ποσοστό του πορώδους από 1-10% αποτελείται από κλειστούς πόρους (δεν συγκρατείται νερό)
- Εύκολα διαθέσιμο νερό 20-30%

Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα διογκωμένου περλίτη

- 👍 Έχει **υψηλό πορώδες** και παρέχει στη ριζόσφαιρα ιδανική αναλογία αέρα και νερού.
- 👍 Παρουσιάζει **ιδανικές συνθήκες στράγγισης**.
- 👍 Έχει **ομοιομορφία**, καθιστώντας τις ρίζες πυκνότερες, με ομοιόμορφη κατανομή.
- 👍 **Η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων είναι σχεδόν μηδενική** (χημικά αδρανές υπόστρωμα).

Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα διογκωμένου περλίτη

- 👍 Εύκολη τοποθέτηση των σάκων
- 👍 Η ανακύκλωση του δεν δημιουργεί περιβαλλοντικά προβλήματα.
- 👍 Είναι ουδέτερο υπόστρωμα με pH 7,0-7,5.
- 👎 Δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πολλές καλλιέργειες γιατί οι κόκκοι του θρυμματίζονται (απώλεια δομής).

Ελαφρόπετρα (Pumice)

- Πορώδες χημικά αδρανές ηφαιστειογενές ορυκτό (κίσηρης).
- Χρήση χωρίς επεξεργασία με χαμηλό αποτύπωμα άνθρακα (παράγεται χωρίς θερμική επεξεργασία).
- Κλασμάτωση 5 μεγεθών (σε mm): 5-8, 0-5, 0-8, 0-16 και 20-70.
- 70-75% ολικό πορώδες.
- Χημικά αδρανές με pH περίπου 7-7,3
- Μεγάλη διάρκεια ζωής



Ελαφρόπετρα (Pumice)

- Εξόρυξη από την ΛΑΒΑ Μεταλλευτική & Λατομική
- Ιδρύθηκε το 1952 και εκμεταλλεύεται το Δημοτικό Ορυχείο ελαφρόπετρας που βρίσκεται στη νήσο Γυαλί βόρεια της Νισύρου.
- Η εταιρεία το 1977 εντάσσεται στον Όμιλο Εταιρειών ΗΡΑΚΛΗΣ
- Η ΛΑΒΑ το 1989 ξεκινά την εκμετάλλευση ορυχείου ποζολάνης στη Μήλο και το 1996 ξεκινά την εκμετάλλευση του ορυχείου πυριτικού.
- Το 2001 ο Όμιλος Εταιρειών ΗΡΑΚΛΗΣ γίνεται μέλος του πολυεθνικού Ομίλου Lafarge, ο οποίος έχει παρουσία σε 64 χώρες και ηγετική θέση παγκοσμίως στα δομικά υλικά.

Το 2010 διατίθεται στην ελληνική αγορά το υπόστρωμα ελαφρόπετρας agroLAVA για υδροπονικές καλλιέργειες.

Νήσος Γυαλί Νισύρου

- Κατέχει την πρώτη θέση στην εξαγωγή ελαφρόπετρας παγκοσμίως με 900.000 τόνους το χρόνο.
- Έκταση 5 km²
- Βρίσκεται μεταξύ Νισύρου και Κω
- Μαζί με τα μικρότερα νησιά Άγιος Αντώνιος και Στρογγύλη ανήκει διοικητικά στην Περιφέρεια Νοτίου Αιγαίου, Νομός Δωδεκανήσου, Δήμος Νισύρου.
- Εξαγωγές σε Ευρώπη, Β. Αμερική και Αραβικές χώρες.
- Μεγάλο κοίτασμα και σε περλίτη

Γυαλί Νισύρου



Γυαλί Νισύρου



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΛΑΧΑΝΟΚΟΜΙΑΣ

Γυαλί Νισύρου



Ελαφρόπετρα (Pumice)

- Από τους κοκκομετρικούς τύπους ο ασφαλέστερος είναι ο τύπος 0-8 mm.
- Σε χονδρόκοκκη ελαφρόπετρα εφαρμόζεται πιο συχνή άρδευση μικρότερες δόσεις.
- Η ελαφρόπετρα μπορεί να τοποθετηθεί σε διάφορους υποδοχείς



Τοποθέτηση ελαφρόπετρας σε κανάλια χύδην

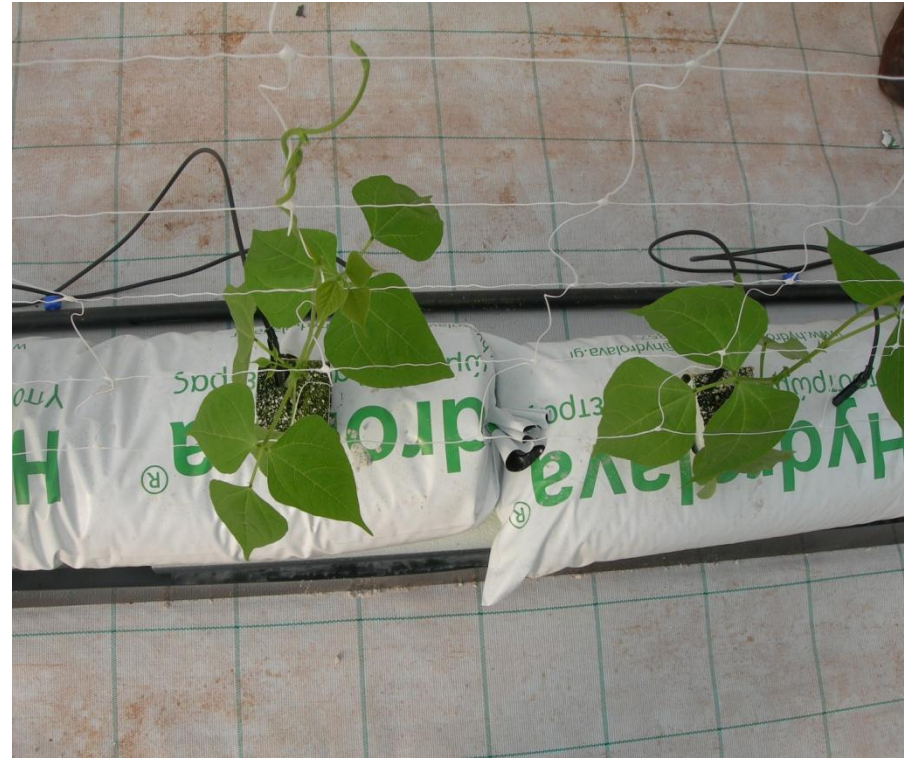


Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα χρήσης ελαφρόπετρας

- 👍 Ελληνικό υπόστρωμα
- 👍 Μεγάλη διάρκεια ζωής (αναφέρεται από παραγωγούς έως και 10 χρόνια)
- 👍 Μικρότερη πιθανότητα προσβολής από παθογόνα σε σχέση με τον πετροβάμβακα και τον περλίτη (συγκράτηση στο πορώδες και αδρανοποίηση)
- 👍 Χαμηλό κόστος
- 👍 Πολύ καλή καλλιεργητική συμπεριφορά
- 👍 Η διευθέτηση του υποστρώματος μετά τη χρήση του δεν προκαλεί περιβαλλοντική ρύπανση.

- 👎 Αυξημένο ειδικό βάρος (δύσκολοι χειρισμοί, υψηλότερο κόστος μεταφοράς).
- 👎 Μέτριες καμπύλες υγρασίας

Καλλιέργεια φασολιού σε σάκους ελαφρόπετρας



Πετροβάμβακας (Rockwool)

- Ινώδης υφή
- Παράγεται με θερμική επεξεργασία
- Μείγμα από:
 - 60% διαβάση
 - 20% ασβεστόλιθο
 - 20% άνθρακα (καύσιμη ύλη)
- Θέρμανση στους 1.600° C
- Περιστρεφόμενο τύμπανο
- Οι ίνες συγκολλούνται μέσω ρητίνης (βακελίτης)
- Προσκολλητικό για την μείωση της υδρόφοβης συμπεριφοράς

Πετροβάμβακας (Rockwool)

- Υλικό ομογενοποιημένο και αποστειρωμένο
- Φαινόμενο ειδικό βάρος περίπου 0,05-0,10 g/cm³.
- Φυσικές ιδιότητες: 95% ολικό πορώδες, 20% αέρας, 75% συγκράτηση νερού.
- Χημικά αδρανές, με αρχικό pH λίγο υψηλό (7,0-8,0).
- Δυνατότητα ανακύκλωσης



Τύποι Πετροβάμβακα

- Ορθογώνιες πλάκες



- Κύβοι



- Μικροτεμαχίδια



Τύποι πετροβάμβακα

- Πλάκες με επιθυμητό ύψος **7,5-10 cm** (μείωση της διαθεσιμότητας του νερού με το ύψος.
- Σε ύψος >10 cm η συγκέντρωση του αέρα αυξάνεται κατά πολύ



- Μειωμένη διαθεσιμότητα νερού λόγω μείωσης της υδραυλικής αγωγιμότητας
- Ύψος 10 cm επιλέγεται σε φυτά με ευαισθησία σε ασθένειες του λαιμού

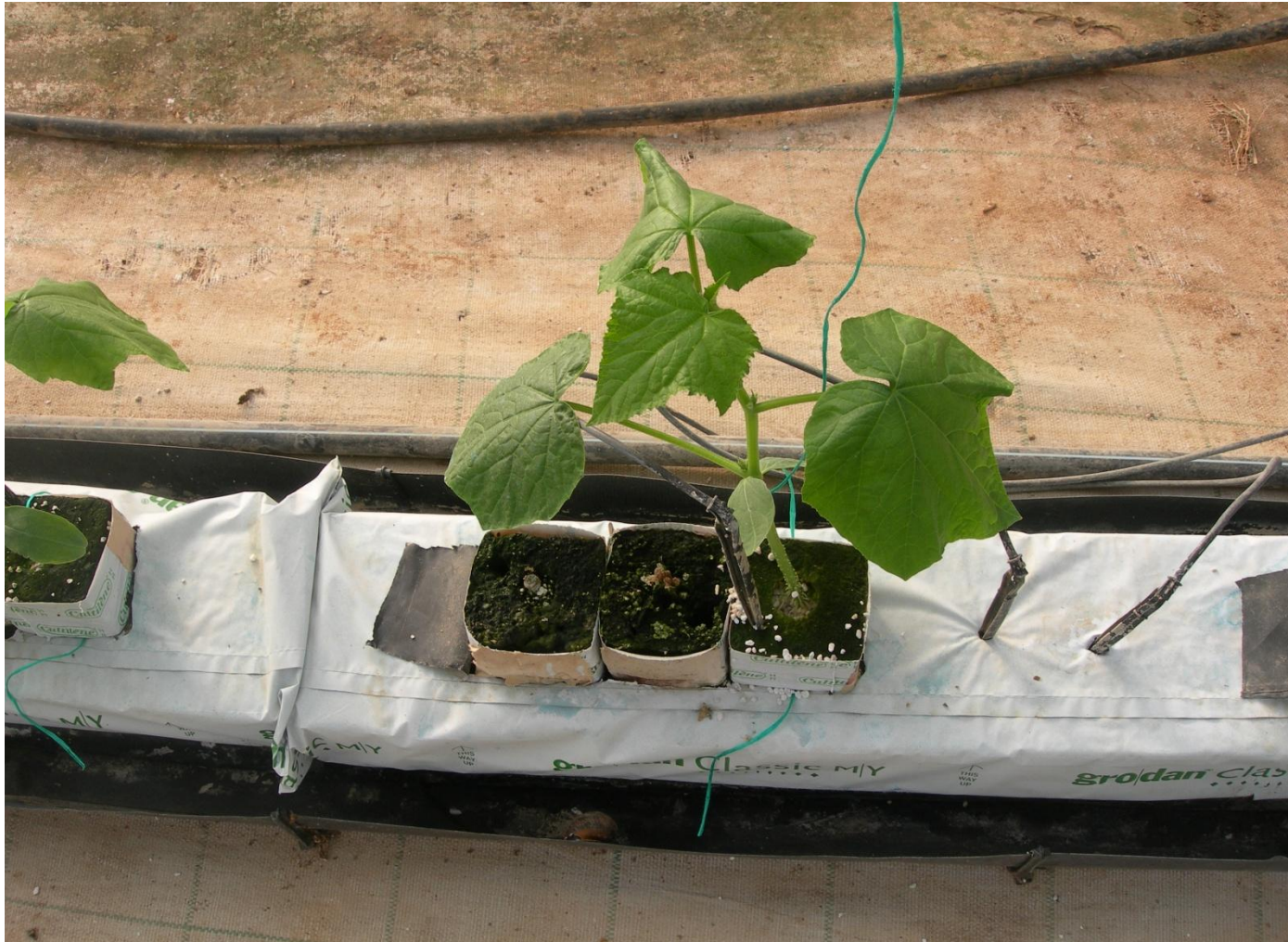
Τύποι πετροβάμβακα

- Στην αγορά υπάρχουν διάφοροι τύποι πλακών ανάλογα με:
 - τις διαστάσεις
 - το ειδικό βάρος (πυκνότερη ή αραιότερη πλέξη ινών)
 - μεγαλύτερη ή μικρότερη διάρκεια χρήσης (3-6 καλλιέργειες)
 - ανομοιόμορφη πλέξη ινών ανάλογα με το ύψος (πυκνότερη στο άνω τμήμα)
 - διεύθυνση ινών για καλύτερη στράγγιση (οριζόντια ή κάθετη)

Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα Πετροβάμβακα

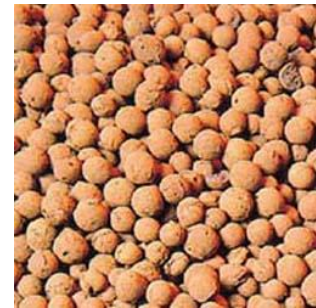
- 👍 **Η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων είναι μηδενική** (χημικά αδρανές υπόστρωμα).
 - 👍 Εύκολοι χειρισμοί των σάκων
 - 👍 Απουσία παθογόνων
 - 👍 Μεγάλη ικανότητα συγκρατήσεως νερού
 - 👍 Εύκολα διαθέσιμο νερό (34-66%)
 - 👍 Μη διαθέσιμο νερό <2%
-
- 👎 Εισαγόμενο προϊόν
 - 👎 Αυξημένο κόστος
 - 👎 Περιβαλλοντική επιβάρυνση μετά το πέρας της χρήσης του (αέριοι ρύποι κατά την ενσωμάτωση στο έδαφος)

Καλλιέργεια αγγουριού σε πετροβάμβακα



Διογκωμένη άργιλος (Expanded clay)

- Κοκκώδες προϊόν με κυψελοειδή δομή
- Μεγάλη ικανότητα συγκράτησης υγρασίας
- Μικρό ειδικό βάρος
- pH γύρω στο 7
- χρησιμοποιείται κυρίως σε ερασιτεχνικά υδροπονικά συστήματα και σε μείγματα με άλλα υποστρώματα
- Κοκκομετρία (σε mm): 0-4, 4-8 (κυρίως), κλπ.
- Πρέπει να τοποθετείται σε σάκκους μικρού ύψους (<8 εκ)



Πλεονεκτήματα & μειονεκτήματα διογκωμένης αργίλου

- 👍 Μεγάλη διάρκεια ζωής
- 👍 Μεγάλη αεροπερατότητα
- 👍 Μικρή περιεκτικότητα σε εύκολα διαθέσιμο νερό (1-4%)
- 👎 Υψηλό κόστος
- 👎 Εισαγόμενο προϊόν
- 👎 Αναγκαιότητα καθαρισμού και απολύμανσης κάθε χρόνο πριν από κάθε νέα καλλιέργεια.

Υαλοβάμβακας

- Το κόστος παραγωγής του υψηλότερο του πετροβάμβακα (παρόμοιο υλικό).
- Δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για περισσότερες από 1-2 καλλιεργητικές περιόδους
- 👉 Αποφυγή απολύμανσης στις επόμενες καλλιεργητικές περιόδους και η σιγουριά για την ποιότητα και την καλή κατάσταση του υποστρώματος.
- 👉 Προβλήματα συσσώρευσης μεγάλων ποσοτήτων – περιβαλλοντική ρύπανση
- 👉 Υψηλό κόστος.



Τα κυριότερα χημικώς ενεργά υποστρώματα

1. Ανόργανα Υποστρώματα

- Βερμικουλίτης

2. Οργανικά υποστρώματα

- Τύρφη (Peat)
- Κοκκοφοίνικας, Ίνες καρύδας (cocosoil, cocopeat)
- Υπολείμματα ξύλου (Sawdust, Tree waste products)
- Υπολείμματα ελαιουργίας

Βερμικουλίτης

- Φυσικό μετάλλευμα της αργίλου
- Αμιγής με χρήση κυρίως σε σπορεία και σε τραπέζια ριζοβολίας μοσχευμάτων
- pH: 7,0-7,5, χαμηλή EC και αρκετά υψηλή ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (65-140meq/100g υποστρώματος)
- Χρήση για 1 ή 2 καλλιεργητικές περιόδους.
- Καταστροφή της δομής του και μείωση του αερισμού και της αποστράγγισης σε μεγάλο βιολογικού κύκλου καλλιέργειες



Πλεονεκτήματα & Μειονεκτήματα Βερμικουλίτη

- 👍 Η διάθεσή του δεν δημιουργεί προβλήματα στο περιβάλλον.
- 👎 Η υψηλή ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων, δυσχεραίνει τον ακριβή έλεγχο της θρέψης των φυτών
- 👎 Η μικρή διάρκεια ζωής
- 👎 Το υψηλό του κόστος

Τύρφη (Peat)

- Αποτέλεσμα της μερικής αποσύνθεσης υδροχαρών φυτικών ιστών (καλάμια, βρύα κλπ).
- Αυξημένη περιεκτικότητα σε οργανική ουσία
- Οι τύποι τύρφης ποικίλουν ανάλογα με τον βαθμό αποσύνθεσής τους.
- Δεν δημιουργεί καμμία περιβαλλοντική επιβάρυνση και μπορεί να εφαρμοσθεί σε εδάφη με χαμηλή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία
- Αυξημένη περιεκτικότητα σε οργανική ουσία.



Κοκκοφοίνικας, Ίνες καρύδας (cocosoil, cocopeat)

- Προέλευση: φλοιός των καρύδων (μεσοκάρπιο)
- Αρκετά μεγάλη διάρκεια ζωής
- Αυξημένη υδατοϊκανότητα
- Χαμηλή EC και pH από 5,5 έως 6
- Προέλευση: Σρι Λάνκα, Ινδονησία
- Υπάρχουν διάφορα είδη ανάλογα με την προέλευση, κατεργασία, στάδιο αποσύνθεσης.
- Συμπιέζεται και κυκλοφορεί στην αγορά με μορφή πλακών ή σάκων. Διογκώνεται μετά την διαβροχή του.



Πλεονεκτήματα Κόκκου

👍 Η χρήση του δεν δημιουργεί συμπύκνωσή του λόγω ελαστικότητας.

👍 Καλές φυσικές ιδιότητες: μεγάλο ολικό πορώδες (~90%), εύκολα διαθέσιμο νερό ~35%, περιεκτικότητα σε νερό 75%.

👍 Η διάθεσή του δεν δημιουργεί προβλήματα στο περιβάλλον και μπορεί να εφαρμοσθεί σε εδάφη με χαμηλή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία

Μειονεκτήματα Κόκκου

✎ Υψηλή ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων:



✎ Δυσχέρεια στον ακριβή έλεγχο της θρέψης των φυτών (αυξημένες συγκεντρώσεις K, Na και περιορισμένη απορρόφηση Ca, Mg).

✎ Εισαγόμενο προϊόν.

✎ Ασταθή φυσικοχημικά χαρακτηριστικά

Συμπερασματικά για τα οργανικά υποστρώματα

- Τα οργανικά υποστρώματα είναι χημικώς ενεργά \Rightarrow λαμβάνεται υπόψη η σύσταση των υλικών αυτών σε διαθέσιμα για τα φυτά θρεπτικά στοιχεία.
- Χρησιμοποιούνται και ως συστατικά μειγμάτων με ανόργανα υποστρώματα:
 - βελτίωση των φυσικοχημικών ιδιοτήτων τους
 - βελτίωση της υδατοπερατότητας και της αεροπερατότητάς τους
- Αύξηση πιθανότητας προσβολής από φυτοπαθογόνα.
- Η ανοργανοποίηση των οργανικών υποστρωμάτων επιφέρει μεταβολή του pH (συνήθως πτώση)

Γενικά συμπεράσματα

- Για την τελική επιλογή του υποστρώματος που θα επιλεγεί θα πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν:
 - Οι συνθήκες της περιοχής καλλιέργειας
 - Η ποιότητα του νερού αρδεύσεως
 - Ο εξοπλισμός που απαιτείται
 - Το κόστος – το οποίο είναι **συνδεδεμένο με την ποιότητα των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν γενικότερα σε μια υδροπονική μονάδα.**

Υποδοχείς υποστρωμάτων

Προετοιμασία του εδάφους

Αρχικά το έδαφος του θερμοκηπίου:

- Ισοπεδώνεται,
- Συμπιέζεται,
- Δίνεται **κλίση 0,7-1%**
 - σε περιπτώσεις υδροκαλλιεργειών όπως το NFT επιδιώκεται μεγαλύτερη κλίση (1,5%) για την καλύτερη ελεύθερη ροή του διαλύματος

Υποδοχείς υποστρωμάτων

Προετοιμασία του εδάφους

- Στην συνέχεια πραγματοποιείται **επίστρωση** όλης της επιφάνειας του εδάφους με φύλλα πολυαιθυλενίου (διπλής όψεως με την λευκή επιφάνεια επάνω και την μαύρη κάτω):
 - Αποφυγή αναπτύξεως ζιζανίων
 - απομόνωση από πιθανά παθογόνα του εδάφους
 - αντανάκλαση της ηλιακής ακτινοβολίας στα κατώτερα φύλλα

Προετοιμασία για την τοποθέτηση των υποστρωμάτων

- **Καθαρισμός του θερμοκηπίου**
 - απομάκρυνση των φυτικών υπολειμμάτων της προηγούμενης καλλιέργειας
 - προφύλαξη, έλεγχος και ρύθμιση όλων των ευαίσθητων αισθητήρων
 - απολύμανση όλου του χώρου του θερμοκηπίου
 - έλεγχος του προστατευτικού πλαστικού του δαπέδου (δεν θα πρέπει να υπάρχει ακάλυπτο έδαφος).
 - απολύμανση του εξοπλισμού συγκομιδής και τυποποίησης
 - έλεγχος και καθαρισμός των δικτύων αποστράγγισης

Προετοιμασία για την τοποθέτηση των υποστρωμάτων

- **Καθαρισμός του αρδευτικού δικτύου**
 - εφαρμογή διαλύματος νιτρικού οξέος ή χλωρίνης (εφόσον επιτρέπεται από τον κατασκευαστή των υλικών (σταλάκτες, σωληνώσεις και έκπλυση με άφθονο νερό.
 - καθαρισμός των δεξαμενών πυκνών διαλυμάτων.
 - τελικός έλεγχος ομοιόμορφης κατανομής της αρδεύσεως.

Προετοιμασία των υποστρωμάτων (σάκων) για φύτευση

- Τοποθέτηση των σάκων στους αντιστοίχους υποδοχείς.
- Πλήρωση των σάκων (κορεσμός) με θρεπτικό διάλυμα τουλάχιστον 48 ώρες πριν την φύτευση.
- Πραγματοποίηση των σχισμών αποστράγγισης 24 ώρες πριν τη φύτευση.
- Οι σχισμές (μήκος 2-3 cm) πραγματοποιούνται στο **κάτω μέρος** των σάκων (μακριά από τον σταλλάκτη) με ανοδική κατεύθυνση. Πραγματοποιούνται 1-2 σχισμές ανά σάκο μήκους 1 m.
- Στο κατώτερο μέρος των σάκων δεν θα πρέπει να “λιμνάζει” το θρεπτικό διάλυμα:
 - μείωση του ωφέλιμου όγκου του υποστρώματος και
 - περιορισμός της αναπτύξεως και λειτουργίας του ριζικού συστήματος

Τοποθέτηση υποδοχέων υποστρωμάτων και θρεπτικού διαλύματος

Επιλογές τοποθετήσεως

- απευθείας στο έδαφος
- πάνω σε ειδικά διαμορφωμένους υποδοχείς ή πάγκους



Τοποθέτηση υποστρωμάτων



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΛΑΧΑΝΟΚΟΜΙΑΣ

Τοποθέτηση υποδοχέων - υποστρωμάτων



Τύποι υποδοχέων

Υδρορροές (κανάλια)

- συλλογή και ανακυκλοφορία του θρεπτικού διαλύματος σε κλειστά υδροπονικά συστήματα.
- υποδοχείς στερεών υποστρωμάτων που τοποθετούνται είτε υπό μορφή σάκων είτε χύδην

Φυτοδοχεία (μόνο υποδοχείς στερεών υποστρωμάτων)

- χρήση πλαστικών φυτοδοχείων με διάφορες χωρητικότητες
- κιβώτια επενδεδυμένα με πλαστικό φύλλο

Τοποθέτηση υποδοχέων - υποστρωμάτων



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΛΑΧΑΝΟΚΟΜΙΑΣ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΟΧΗ ΣΑΣ