

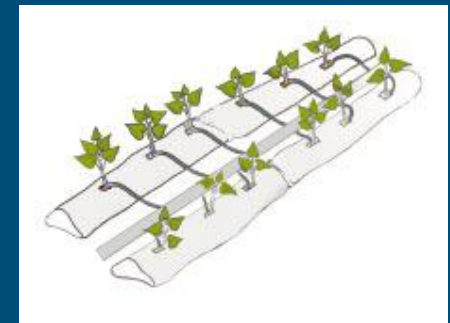
# Εξοπλισμός υδροπονικών εγκαταστάσεων

## 3<sup>η</sup> Διάλεξη

**Μεταφορά-Εφαρμογή-Διαχείριση θρεπτικού διαλύματος**

**Υποδοχείς θρεπτικού διαλύματος-στερεών υποστρωμάτων**

Αναστάσιος Ι. Κώτσιρας  
Αναπληρωτής Καθηγητής



# Αρχές αρδεύσεως στην υδροπονία

- Η ανάπτυξη των φυτών στα υδροπονικά συστήματα εξαρτάται από την εφαρμογή:
- νερού
- θρεπτικών στοιχείων
- οξυγόνου

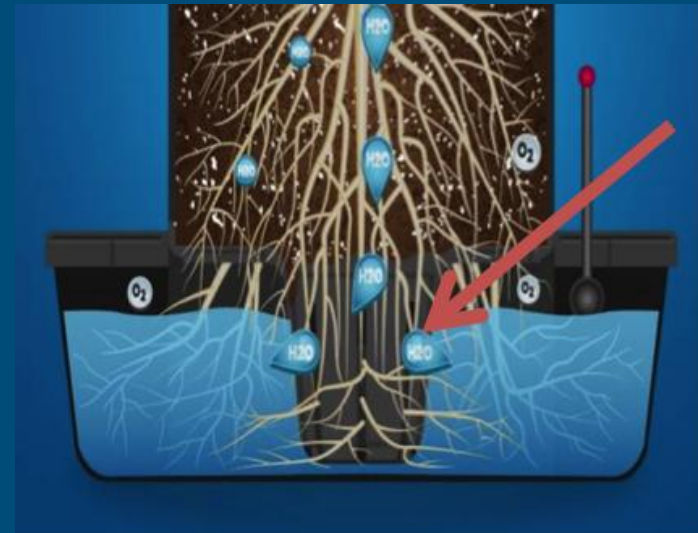
Σημαντικές παράμετροι καθώς:

το ριζικό σύστημα αναπτύσσεται σε περιορισμένο όγκο

# Αρχές αρδεύσεως στην υδροπονία

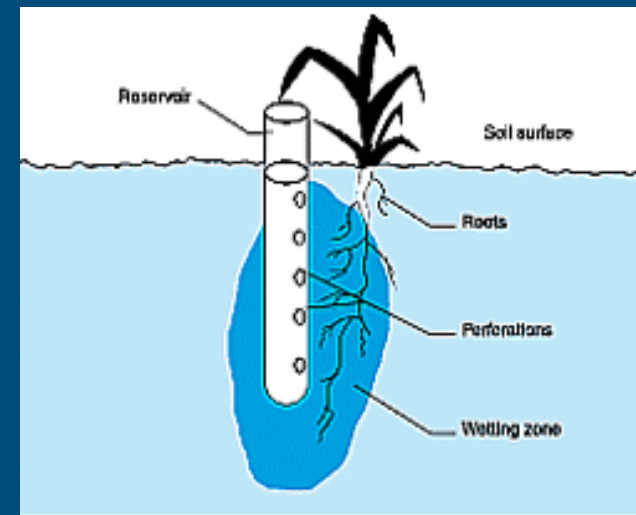
Υπάρχουν δυο αλληλένδετα χαρακτηριστικά της ζώνης της ριζόσφαιρας:

1. η δράση της σαν **δεξαμενή νερού** η οποία θα πρέπει να συμπληρώνεται κάθε φορά που αδειάζει:
  - **αποθηκεύονται** διάφορα θρεπτικά στοιχεία
  - κάθε φορά που εξαντλείται κάποιο στοιχείο, θα πρέπει να **αναπληρώνεται** με την άρδευση
  - στην περίπτωση που κάποιο στοιχείο είναι σε υπερεπάρκεια, τότε μέσω της αρδεύσεως **ξεπλένεται ή αραιώνεται**



# Αρχές αρδεύσεως στην υδροπονία

- 2. σχηματίζει έναν **αγωγό** μέσω του οποίου τα θρεπτικά στοιχεία φθάνουν στην επιφάνεια της ρίζας:
  - αυτά που είναι κοντά στην επιφάνεια της ριζόσφαιρας είναι διαθέσιμα στα φυτά και απορροφώνται
  - η διάχυση έχει σαν αποτέλεσμα την αναπλήρωση και την μεταφορά προς την ρίζα από περιοχές με μεγαλύτερη συγκέντρωση.

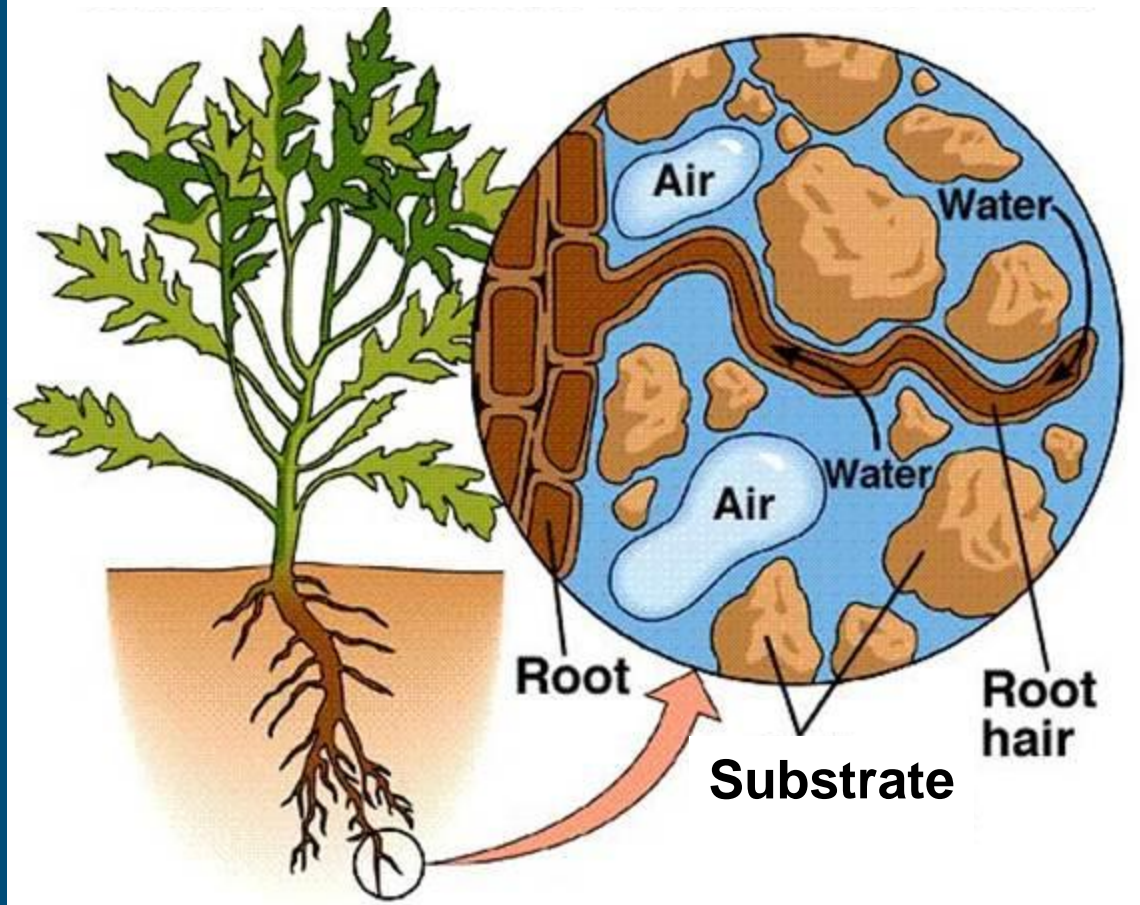


# Αρχές αρδεύσεως στην υδροπονία

- εάν ο ρυθμός της μεταφοράς δεν είναι επαρκής, θα υπάρχουν ελλείψεις θρεπτικών στοιχείων και νερού, ακόμα και εάν υπάρχουν ικανοποιητικά αποθέματα στην δεξαμενή.
- αυτή η ανεπιθύμητη κατάσταση αντιστρέφεται με την έναρξη της αρδεύσεως:
  - **εκτοπίζει** το χρησιμοποιημένο θρεπτικό διάλυμα γύρω από τις ρίζες
  - **το αντικαθιστά** με φρέσκο άριστα ισορροπημένο μέσω του σχήματος θρέψης


# Απορρόφηση νερού και θρεπτικών στοιχείων

Οι ρίζες απορροφούν νερό και θρεπτικά στοιχεία με διαφορετικό ρυθμό



# Αρχές αρδεύσεως στην υδροπονία

## Σημαντικά σημεία:

- Το φυτό απορροφά νερό και θρεπτικά στοιχεία επιλεκτικά με διαφορετικό ρυθμό.
- 
- Αποτέλεσμα: η αναλογία θρεπτικών στοιχείων και νερού στον χώρο της ριζόσφαιρας μπορεί να είναι χαμηλότερη (ή υψηλότερη) απ' ό,τι στο εφαρμοζόμενο διάλυμα
    - η σταδιακή αύξηση των στοιχείων σημαίνει **αύξηση της EC** με δυσμενείς συνέπειες
    - η σταδιακή μείωση των στοιχείων σημαίνει ελλείψεις και ανισορροπίες στην θρέψη

**Όλα αυτά μπορούν να συμβούν ακόμη και εάν η διαθεσιμότητα του νερού είναι ικανοποιητική!!**

# Αρχές αρδεύσεως στην υδροπονία

Συμπερασματικά:


- Το αρδευτικό σύστημα στα υδροπονικά συστήματα εκπληρώνει **δυσκοποούς**:
- **ανανεώνει-συμπληρώνει** τα διάφορα θρεπτικά στοιχεία που είναι αποθηκευμένα στον χώρο της ριζόσφαιρας
- εξασφαλίζει την **μαζική ροή** των θρεπτικών στοιχείων μέσω του αγωγού της ζώνης της ριζόσφαιρας.
- καθώς η **μαζική ροή** είναι πολύ πιο γρήγορη διαδικασία στην μετακίνηση των θρεπτικών στοιχείων σε σχέση με την **διάχυση**:
- η **συχνότητα της αρδεύσεως μπορεί να εφαρμοσθεί ως μέθοδος μετακινήσεως των θρεπτικών στοιχείων στην επιφάνεια των ριζών**



# Αρχές αρδεύσεως στην υδροπονία

- Στην υδροπονία αυτός ο τρόπος ελέγχου είναι **εύκολα εφικτός** καθώς όλες οι μεταβλητές ελέγχονται επαρκώς.
- Στις καλλιέργειες στο έδαφος η αύξηση της συχνότητας των αρδεύσεων δεν αποτελεί πάντα αποτελεσματικό τρόπο διαχείρισεως της μετακινήσεως των θρεπτικών στοιχείων:
  - μπορεί να δημιουργηθούν προβλήματα ασφυξίας των ριζών (υποξίας)

# Αρχές αρδεύσεως στην υδροπονία

- Μια από τις παραμέτρους που είναι υπεύθυνες για την αύξηση των αποδόσεων στην υδροπονία σε σχέση με το έδαφος, είναι:  

- ο εντατικός έλεγχος και η αποτελεσματική διαχείριση της αρδεύσεως που δημιουργούν:
  - άριστο, υγιές και αναπτυγμένο ριζικό σύστημα που με την σειρά του είναι υπεύθυνο για την σωστή ανάπτυξη και παραγωγή

# Αρχές αρδεύσεως στην υδροπονία

- **Η αποδοτικότητα της χρήσεως νερού είναι μεγάλη:**
  - το θρεπτικό διάλυμα εφαρμόζεται απ' ευθείας στην ρίζα
- **Η αποδοτικότητα της χρήσεως λιπασμάτων είναι μεγάλη:**
  - καλύτερη αξιοποίηση και μικρότερες απώλειες των θρεπτικών στοιχείων

# Χαρακτηριστικά του αρδευτικού δικτύου

- Τα αρδευτικά συστήματα είναι υδραυλικά συστήματα μεταφοράς νερού-θρεπτικού διαλύματος από την “πηγή” στο φυτό.
- Τα αρδευτικά συστήματα πρέπει να χαρακτηρίζονται από **ομοιομορφία και σταθερότητα**.
- Στο τελικό σημείο θα πρέπει να υπάρχει ένας διανεμητής έτσι ώστε το νερό-θρεπτικό διάλυμα να μεταφερθεί στο ριζόστρωμα.
- Όλα τα αρδευτικά συστήματα απαιτούν μια συγκεκριμένη **πίεση** για την μεταφορά του νερού-θρεπτικού διαλύματος
- Σημαντική παράμετρος η **δυναμικότητα** του συστήματος έτσι ώστε να καλύπτει τις ανάγκες της μονάδας

# Μεταφορά του θρεπτικού διαλύματος

## Κύριοι και δευτερεύοντες αγωγοί

- κατασκευή από PVC (σκληροί) ή PE (εύκαμπτοι)
- αντοχή σε υψηλές πιέσεις
- ο προσανατολισμός των δευτερευόντων αγωγών είναι κάθετος προς τους κύριους και παράλληλος στις γραμμές φυτεύσεως
- χρώμα απαραίτητως μη περατό από την ηλιακή ακτινοβολία (μαύρο)

# Μεταφορά του θρεπτικού διαλύματος

- Υπολογισμός του μήκους και της διατομής των αγωγών πριν από την εγκατάσταση του εξοπλισμού
- Σκοπός: η ομοιόμορφη παροχή

# Μέγιστα επιτρεπόμενα μήκη σταλακτηφόρων σωλήνων

ΜΕΓΙΣΤΟ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΟ ΜΗΚΟΣ – ΚΛΙΣΗ 0% - ΑΠΟΚΛΙΣΗ ΠΑΡΟΧΗΣ 15%

ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ	ΠΑΡΟΧΗ	ΙΣΟΔΥΝΑΜΕΣ ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ/ ΜΕΓΙΣΤΟ ΜΗΚΟΣ																	
		m	ft	m	ft	m	ft	m	ft	m	ft	m	ft	m	ft	m	ft	m	ft
mm	lt/h	0,25	0,82	0,30	0,98	0,33	1,08	0,40	1,31	0,50	1,64	0,60	1,97	0,75	2,46	0,80	2,62	1,00	3,28
16	2	76	249,3	86	282,2	90	295,3	103	337,9	119	390,4	134	439,6	154	505,2	161	528,2	185	606,9
16	4	46	150,9	52	170,6	56	183,7	62	203,4	71	232,9	80	262,5	93	305,1	97	318,2	111	364,2
20	2	103	337,9	116	380,6	122	400,3	140	459,3	161	528,2	180	590,6	208	682,4	216	708,7	251	823,5
20	4	73	239,5	82	269,0	86	610,2	98	321,5	113	370,7	127	416,7	147	482,3	152	498,7	177	580,7

πχ: για μια απόσταση 25 εκ. από σταγόνα σε σταγόνα σε αγωγό Ø20 ονομαστικής παροχής 4 λίτρων / ώρα, τότε το μέγιστο μήκος σε οριζόντιο επίπεδο για ομοιόμορφη άρδευση γραμμής φυτών είναι 73 μέτρα.

# Μεταφορά και διανομή του νερού

- Η διατομή των αγωγών εξυπηρετεί τις απαιτήσεις της μεγαλύτερης ζώνης αρδεύσεως.
- Οι κύριοι και οι δευτερεύοντες αγωγοί είναι συνήθως διατομής  $\varnothing 50 - \varnothing 150$
- Οι σωλήνες εφαρμογής είναι συνήθως διατομής  $\varnothing 16 - \varnothing 32$



Διατομές σωλήνων PE 6 atm με τη μέγιστη παροχή που μπορούν να μεταφέρουν ( $U=1,5\text{m/s}$ ).  $U$  = ταχύτητα ροής μέσα στο σωλήνα.



Εξωτερική διατομή (σε χιλιοστά)	Μέγιστη παροχή (λίτρα / ώρα)
$\varnothing 16$	580
$\varnothing 20$	1.100
$\varnothing 25$	1.800
$\varnothing 32$	3.050
$\varnothing 40$	5.400
$\varnothing 50$	8.400
$\varnothing 63$	13.500
$\varnothing 75$	18.200
$\varnothing 90$	27.200
$\varnothing 110$	41.000



# Μεταφορά του θρεπτικού διαλύματος

Συνάρτηση από το υδροπονικό σύστημα:

## Υδροκαλλιέργειες

- κυκλοφορία στις λεκάνες καλλιέργειας (DFT)
- κυκλοφορία στο δάπεδο του θερμοκηπίου (επιδ. υδροπ.)
- κυκλοφορία στα κανάλια καλλιέργειας (NFT)

**Σε κάθε σύστημα υδροκαλλιέργειας το σύστημα μεταφοράς είναι διαφορετικό**

# Μεταφορά του θρεπτικού διαλύματος

## Άρδευση στα Στερεά Υποστρώματα

- αγωγοί που μεταφέρουν το θρεπτικό διάλυμα από την κεφαλή στις γραμμές της καλλιέργειας
- διανεμητές του θρεπτικού διαλύματος στα φυτά
- αγωγοί συλλογής και επιστροφής του θρεπτικού διαλύματος απορροής σε μονάδες που χρησιμοποιούν ανακύκλωση
- αγωγοί συλλογής και απορρίψεως του θρεπτικού διαλύματος απορροής σε ανοικτά συστήματα

# Τεχνική αρδεύσεως καταιονισμού σε υπαίθρια υδροπονική μονάδα σε στερεά υποστρώματα



[http://www.munckhof.com/silviculture/greenhouse\\_irrigation](http://www.munckhof.com/silviculture/greenhouse_irrigation)

Για την **πλήρη επικάλυψη** των αρδευομένων φυτών, οι εκτοξευτήρες τοποθετούνται σε αποστάσεις που ανέρχονται στο 60% της διαμέτρου διαβροχής των ακροφυσίων τους.

# Τεχνική αρδεύσεως καταιονισμού σε υπαίθρια υδροπονική μονάδα σε στερεά υποστρώματα

## Μειονεκτήματα

- σπατάλη θρεπτικού διαλύματος
- δημιουργία στρώματος αλάτων στα φύλλα
- λόγω παρατεταμένης διαβροχής του φυλλώματος
- αυξημένη πιθανότητα αναπτύξεως μυκητολογικών και άλλων ασθενειών



[http://www.diytrade.com/china/pd/10469829/Greenhouse\\_wit\\_h\\_Micro\\_Sprinkler\\_Irrigation\\_System.html](http://www.diytrade.com/china/pd/10469829/Greenhouse_wit_h_Micro_Sprinkler_Irrigation_System.html)

# Τεχνική αρδεύσεως με σταγόνα

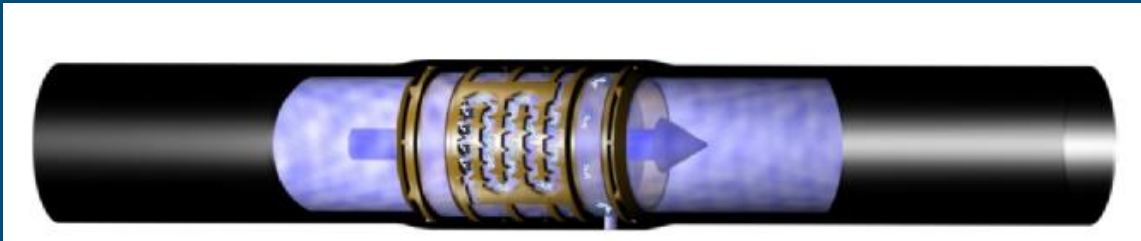
- Η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη σε επιχειρηματική κλίμακα
- Ο αγωγός εφαρμογής τροφοδοτεί μία ή περισσότερες γραμμές. Πάνω στον αγωγό φέρονται σταλάκτες, μέσω των οποίων γίνεται η εφαρμογή του θρεπτικού διαλύματος στα φυτά.

Μικροσωλήνες οποίοι στερεώνονται με λόγχες κοντά στο λαιμό του φυτού:  
Η «μέδουσα»



# Τεχνική αρδεύσεως με σταγόνα

- Στην περίπτωση που το υπόστρωμα είναι τοποθετημένο χύδην σε κανάλι/ υποδοχέα, η άρδευση μπορεί να γίνεται με σωλήνες με ενσωματωμένους σταλάκτες (σταλακτηφόροι)
- Ποικιλία αποστάσεων εκροής της σταγόνας



Ενσωματωμένος  
σταλάκτης μαιανδρικής  
διαδρομής

Η απόσταση των σταλακτών μπορεί να είναι ανά 10 εκ. μέχρι και 1 μ., ανάλογα με την καλλιέργεια (αποστάσεις φυτεύσεως). Συνήθως υπάρχει ένας σταλάκτης ανά φυτό ή ανά δύο φυτά.

# Σταλακτηφόρος αγωγός σε κανάλι ελαφρόπετρας



# Σταλακτηφόροι αγωγοί σε κανάλι ελαφρόπετρας

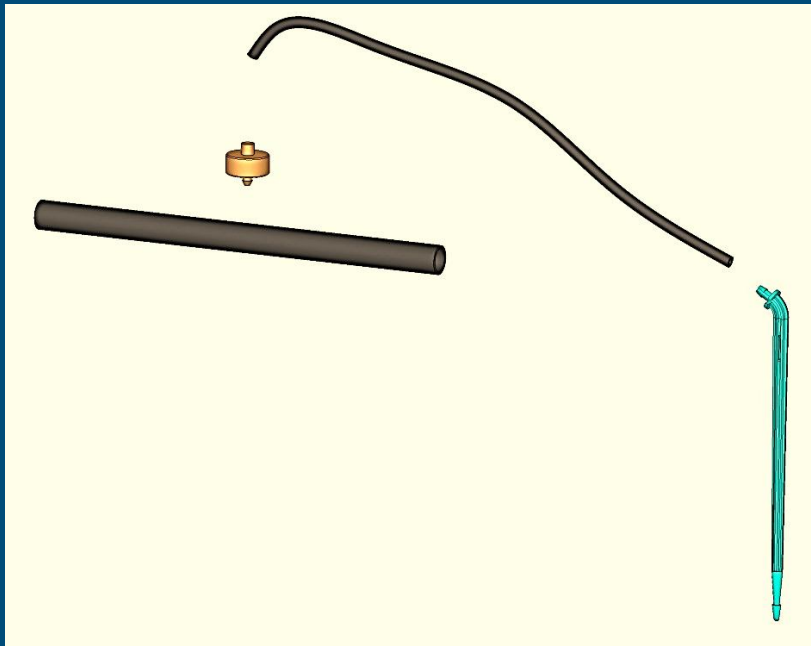




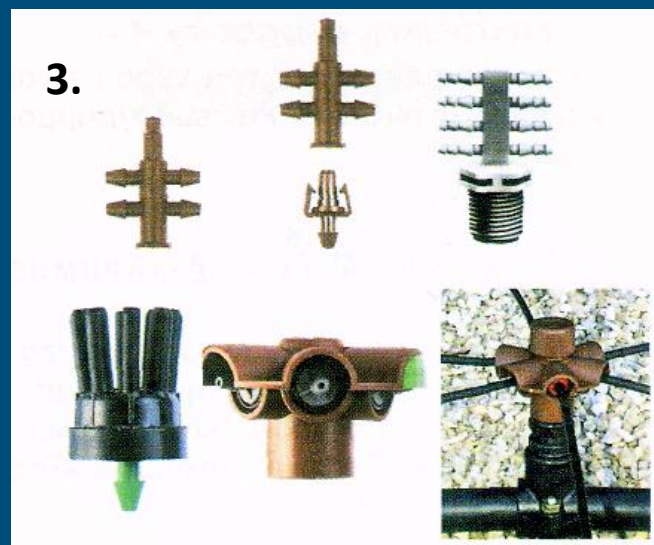
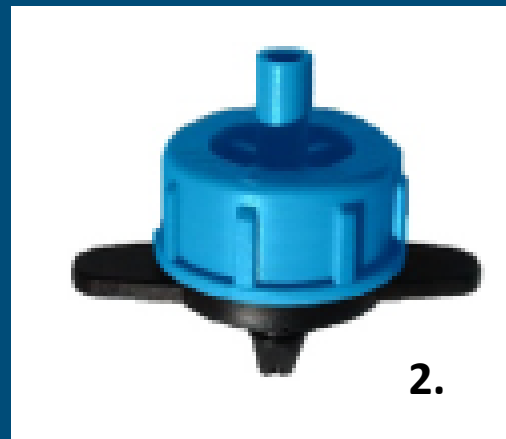
# Σταλακτηφόροι αγωγοί



# Τοποθέτηση σταλάκτη – μικροσωλήνα - λόγχης



# Διάφοροι διανεμητές για καλλιέργειες εκτός εδάφους



1. Ρυθμιζόμενης παροχής
2. Αυτορρυθμιζόμενος
3. Πολλαπλής εξόδου

# Μεταφορά του θρεπτικού διαλύματος

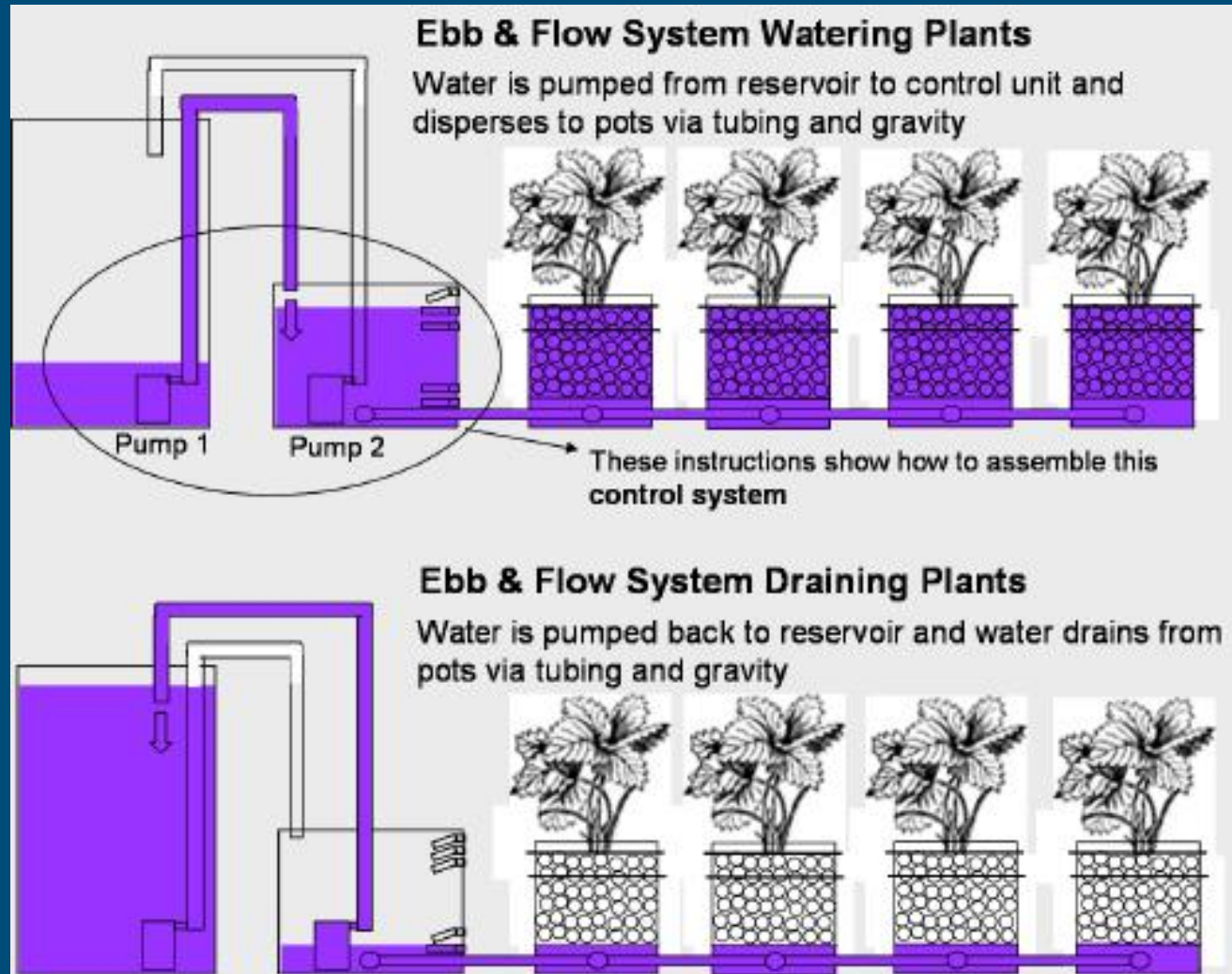


# Μεταφορά του θρεπτικού διαλύματος



# Άρδευση με κατάκλυση από κάτω και αποστράγγιση (Ebb & flow)

Η διάρκεια του κάθε κύκλου κατακλύσεως είναι όπως στην περίπτωση της άρδευσης με σταγόνα. Γενικά, ο κύκλος διαρκεί 5 -10 λεπτά.



# Επιδαπέδια άρδευση σε φυτώριο



Κατάκλυση και αποστράγγιση  
(παλίρροια)

# Άρδευση επιδαπέδια με καταιονιστήρες (μικροεκτοξευτήρες)

- Κατάλληλο για περιπτώσεις πυκνών φυτεύσεων (πχ ρόκα, μαϊντανός)





# Δίκτυο επιστροφής του θρεπτικού διαλύματος

- Συλλογή του θρεπτικού διαλύματος που απορρέει από το ριζόστρωμα.
- Επιστροφή σε δεξαμενή συλλογής και επαναχρησιμοποίησή του.
- Το δίκτυο ανακυκλώσεως συμπεριλαμβάνει:
  - τις υδρορροές
  - τους αγωγούς συλλογής
  - την δεξαμενή συλλογής
  - το σύστημα απολυμάνσεως
  - την δεξαμενή αποθηκεύσεως
  - τις αντλίες και τους αγωγούς συνδέσεως με την κεφαλή

# Υδρορροές

- Ανοικτοί ορθογώνιοι αγωγοί.
- Τοποθέτηση υποστρώματος σε σάκους ή χύδην
- Τοποθέτηση άλλου είδους υποδοχέων ή φυτοδοχείων
- Χρησιμοποιούνται επίσης για την ροή του θρεπτικού διαλύματος.

# Υδρορροές

- Αρχικά βρήκαν εφαρμογή σε συστήματα NFT (1979)
- Αργότερα για υποστρώματα χύδην (άμεσοι υποδοχείς υποστρωμάτων)
- **Ύψος στρώσης υποστρώματος: 8-20 εκ.**
  - καθορίζεται κυρίως από τις ιδιότητες του υποστρώματος

# Υδρορροές

## Μειονεκτήματα της χύδην εφαρμογής υποστρώματος:

- Χρήση μεγάλου όγκου υποστρώματος
- Λόγω μεγάλου μήκους και κλίσεως:
  - μικρή περιεκτικότητα σε υγρασία στο ανώτερο τμήμα
  - μεγάλη περιεκτικότητα σε υγρασία στο κατώτερο

# Υδρορροές-Κανάλια NFT




# Υδρορροές με περλίτη χύδην



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΛΑΧΑΝΟΚΟΜΙΑΣ

# Μεταφορά του θρεπτικού διαλύματος

- Απαραίτητη **η κλίση** στο δάπεδο κατά μήκος των γραμμών για την κίνηση του θρεπτικού διαλύματος
- **Ενδειγμένη κλίση (slope) 0,5-1,5%**
- Μεγάλες κλίσεις πρέπει να αποφεύγονται
  - **ανομοιόμορφη παροχή του διαλύματος** 
- Μικρές κλίσεις δυσχεραίνουν την απορροή

# Μεταφορά του θρεπτικού διαλύματος

- Πλάτος υδρορροών 15-40 εκ.
  - Για καλλιέργεια καρποδοτικών λαχανικών πλάτος 15-25 εκ.
  - Για καλλιέργεια φυλλωδών λαχανικών, γαρύφαλλου πλάτος 30-40 εκ.
- Ύψος υδρορροών 6-15 εκ.
- Υλικό κατασκευής: πολυπροπυλένιο (PP) ή PVC



# Μεταφορά του θρεπτικού διαλύματος

- Σε ορισμένες περιπτώσεις, χρησιμοποιείται και πολυαιθυλένιο (PE αδιαφανές)
  - μειονέκτημα η αστάθεια των πλευρικών τοιχωμάτων
  - ενδείκνυται η τοποθέτησή του πάνω σε φύλλα φελιζόλ (θερμική μόνωση)
- Αποφεύγεται η χρήση μεταλλικών υδρορροών
  - χρησιμοποιούνται μόνο πλαστικοποιημένες

# Μεταφορά του θρεπτικού διαλύματος

Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται υδρορροές όπου για την διευκόλυνση της ροής ανυψώνεται ο πυθμένας και στις δυο άκρες υπάρχουν αυλάκια από τα οποία απορρέει το θρεπτικό διάλυμα.

**αποφυγή του κινδύνου μόλυνσews στο ίδιο κανάλι**



# Αποθήκευση του θρεπτικού διαλύματος

- Αποθήκευση του θρεπτικού διαλύματος που απορρέει σε δεξαμενές συγκεντρώσεως
- Αποθήκευση του απολυμασμένου θρεπτικού διαλύματος σε ανάλογες δεξαμενές



# Υπολογισμός του όγκου του δοχείου συλλογής

$$V = StNEAF / (6 * 10^3)$$

- $V$  = η ζητούμενη χωρητικότητα σε λίτρα
- $S$  = η παροχή των σταλακτών (L/h)
- $t$  = η διάρκεια του κάθε κύκλου αρδεύσεως (min)
- $N$  = ο αριθμός των διανεμητών
- $E$  = η έκταση της καλλιέργειας (στρέμματα)
- $A$  = το μέγιστο αναμενόμενο ποσοστό απορροής (%)
- $F$  = συντελεστής ασφαλείας (>2)

Δίνονται οι μέγιστες τιμές των παραπάνω μεταβλητών

# Υπολογισμός του όγκου του δοχείου συλλογής

$$V = StNEAF / (6 * 10^3)$$

- $V$  = η ζητούμενη χωρητικότητα σε λίτρα
- $S$  = η παροχή των σταλακτών (L/h)
- $t$  = η διάρκεια του κάθε κύκλου αρδεύσεως (min)
- $N$  = ο αριθμός των διανεμητών
- $E$  = η έκταση της καλλιέργειας (στρέμματα)
- $A$  = το μέγιστο αναμενόμενο ποσοστό απορροής (%)
- $F$  = συντελεστής ασφαλείας ( $>2$ )

Δίνονται οι μέγιστες τιμές των παραπάνω μεταβλητών

# Κλάσμα απορροής (leaching fraction)

- Ο λόγος του όγκου του θρεπτικού διαλύματος απορροής προς τον συνολικό όγκο που χορηγείται.
- Καθορίζει τον βαθμό εκπλύσεως των αλάτων από το ριζόστρωμα
- Το ποσοστό του κλάσματος απορροής εξαρτάται από την περιεκτικότητα του θρεπτικού διαλύματος σε άλατα.
- Αν η ποιότητα του νερού είναι καλή, το κλάσμα μπορεί να είναι μεταξύ 20-35%

# Κλάσμα απορροής (leaching fraction)

- Σε περιπτώσεις κακής ποιότητας νερού το κλάσμα απορροής μπορεί να ανέλθει και μεταξύ 30-40% (ή και 50%!!) της συνολικής παροχής.
- Το “φρεσκάρισμα” του διαλύματος στο ριζόστρωμα, διατηρεί την EC στα επιθυμητά επίπεδα
- Αν η EC απορροής είναι σε υψηλά επίπεδα και το κλάσμα απορροής είναι χαμηλό, τότε αυξάνεται η συχνότητα αρδεύσεως **→ αύξηση του κλάσματος απορροής** **→ αύξηση της καταναλώσεως λιπασμάτων** **→ περιβαλλοντική (N, P) και οικονομική επιβάρυνση**



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΛΑΧΑΝΟΚΟΜΙΑΣ**