

5^η Διάλεξη

Υδροκαλλιέργειες

NFT-NGS

Αναστάσιος Ι. Κώτσιρας
Αναπληρωτής Καθηγητής

Υδροκαλλιέργειες

- Από όλα τα συστήματα καλλιεργειών εκτός εδάφους, οι υδροκαλλιέργειες εξ ορισμού αποτελούν την **αληθινή υδροπονία** (true hydroponics)
- Οι ρίζες των φυτών αναπτύσσονται εντός του θρεπτικού διαλύματος διαφορετικού όγκου
 - μικρού όγκου (NFT)
 - μεγάλου όγκου (επίπλευση, DFT)
- Το υπέργειο τμήμα των φυτών στηρίζεται σε διάφορα υλικά (διογκωμένη πολυστερίνη, πλαστικά καλύμματα, κλπ)

Υδροκαλλιέργειες

Υποκαθιστούν τα τελευταία χρόνια την κλασσική υδροπονία σε υποστρώματα στις καλλιέργειες των φυλλωδών λαχανικών

Τύποι υδροκαλλιεργειών

- Καλλιέργεια σε λεπτή μεμβράνη (ρηχό ρεύμα) θρεπτικού διαλύματος (NFT)
- Αεροπονία (Aeroponic technique, Root Mist Technique).
- Σύστημα επιπλεύσεως ή καλλιέργεια σε βαθύ νερό (Deep water culture, Deep Flow Technique, Floating Technique).

Διάκριση των συστημάτων υδροκαλλιέργειών

Συστήματα χωρίς ανακύκλωση

- χαμηλή τεχνολογία
- μικρός βιολογικός κύκλος φυτών

Συστήματα με ανακύκλωση

- υψηλή τεχνολογία
- μικρός ή και μεγάλος βιολογικός κύκλος φυτών

Απαραίτητες Προϋποθέσεις

Αερισμός των ριζών: Δυο τρόποι

- **δυναμικός αερισμός** (αεραντλία, αεροσυμπιεστής ή venturi) με εισαγωγή αέρα υπό μορφή φουσαλίδων είτε στο δοχείο αναμείξεως είτε απευθείας στον πυθμένα του καναλιού της καλλιέργειας
- **ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος** με αντλία (1-2 πλήρεις κύκλοι την ώρα ανά κανάλι

Απαραίτητες Προϋποθέσεις

Σκίαση των ριζών

- Η ύπαρξη φωτός **προάγει την ανάπτυξη αλγών** τα οποία έχουν αρνητικές επιδράσεις στην ανάπτυξη των φυτών:
 - ανταγωνισμός για τα θρεπτικά στοιχεία και το οξυγόνο
 - μείωση της οξύτητας του διαλύματος
 - παραγωγή τοξικών ουσιών κατά την αποσύνθεσή τους

Απαραίτητες Προϋποθέσεις

Μέσα στηρίξεως των φυτών

- Στηρίζουν τα φυτά, αποτρέπουν την είσοδο φωτός και λειτουργούν ως μονωτικά
 - Διογκωμένη ή εξηλασμένη πολυστερίνη (επίπλευση)
 - Καλύμματα από πλαστικές ύλες (NFT)

**ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΣΕ ΡΗΧΟ ΡΕΥΜΑ ΘΡΕΠΤΙΚΟΥ
ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ (NFT)**

NUTRIENT FILM TECHNIQUE

NFT

- Τύπος υδροκαλλιέργειας
- Οι ρίζες των αναπτύσσονται σε σταθερά πλαστικά κανάλια
- Μέσα στα κανάλια υπάρχει συνεχόμενη ροή του θρεπτικού διαλύματος

NFT ιστορικά στοιχεία

- Το επινόησε ο Allen Cooper το 1965 στην Αγγλία.
- Πραγματοποίησε διάφορες τροποποιήσεις μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 80.
- Το 1982 στην περιοχή του Littlehampton καλλιεργούνται περίπου 450 στρέμματα τομάτας και μαρουλιού

NFT εξέλιξη

- Πραγματοποιήθηκαν πολλές μετατροπές μέχρι να φθάσει στην τελική του μορφή:
- Προβλήματα που έπρεπε να λυθούν:
 - αύξηση της συγκεντρώσεως οξυγόνου στο θρεπτικό διάλυμα
 - μείωση της συγκεντρώσεως αιθυλενίου
 - τελειοποίηση καναλιών

NFT σημαντικά σημεία

- Λεπτή μεμβράνη θρεπτικού διαλύματος (πάχους περίπου 2-4 mm)
- Προτιμάται το ορθογώνιο σχήμα των καναλιών
- Το θρεπτικό διάλυμα θα πρέπει να είναι σε **συνεχή ροή**
- Κλίση 1-2 % (εξασφάλιση της ροής)
- Μέγιστο μήκος καναλιού **18-20 μέτρα** (προβλήματα οξυγονώσεως)
- **Παροχή 1,5 - 3 λίτρα/ λεπτό**

Τύποι NFT

NFT τύποι

Υπάρχουν διάφορες παραλλαγές:

– Ανάλογα με τον τύπο των καναλιών

- Διάταξη-Στήριξη
- Υλικό κατασκευής
- Σχήμα (ορθογώνιο ή κυκλικό)
- Χρώμα (συνήθως λευκό)

– Υπαίθριες ή υπό κάλυψη μονάδες

Nutrient flow technique

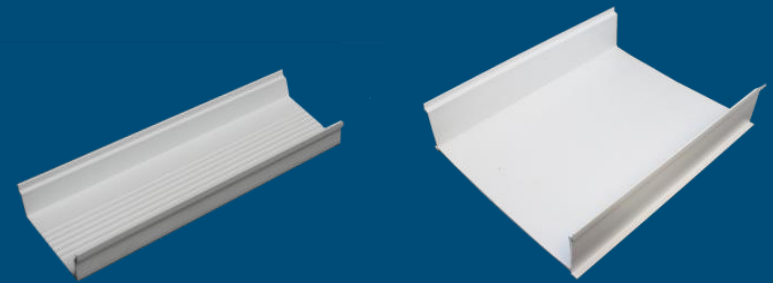
(Vertical pipes, Cascade systems)

- χρησιμοποιείται για παραγωγή φυλλωδών λαχανικών, φράουλας, κολοκυθιού, κλπ.
- ενδείκνυται για παραγωγή λαχανικών πολλαπλών συγκομιδών
- τα κανάλια καλλιέργειας έχουν διάμετρο 7-8 εκ και στηρίζεται το ένα πάνω στο άλλο (έως 8 επίπεδα)



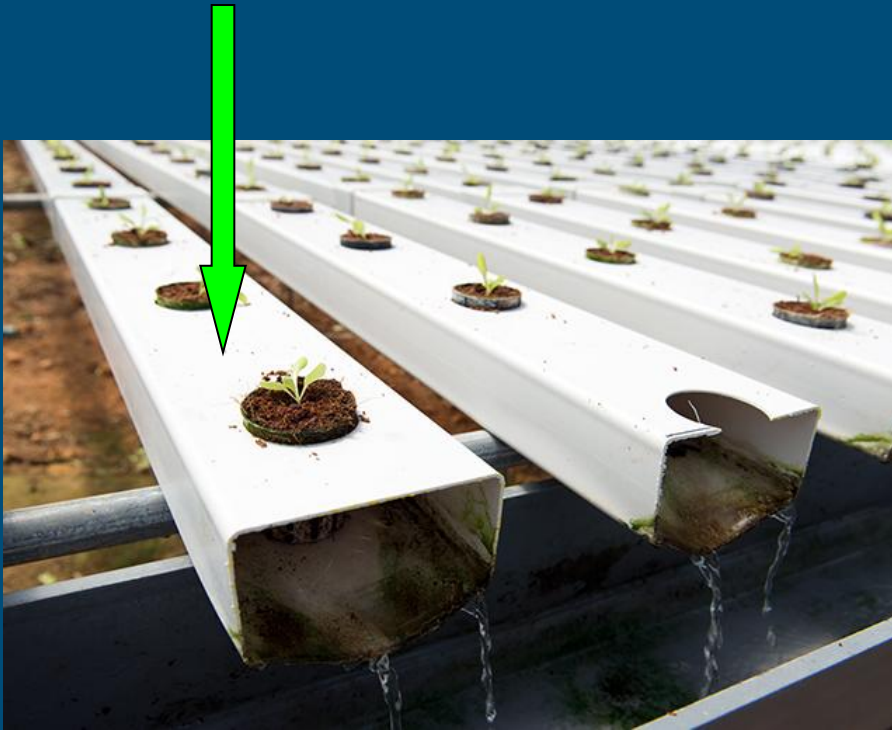
NFT Channel systems

- χρησιμοποιούνται κανάλια καλλιέργειας με διάφορα πλάτη από 9-25 εκ, ανάλογα με την καλλιέργεια.
- το ύψος είναι συνήθως 4-5 εκ.
- το μήκος των καναλιών δεν θα πρέπει να ξεπερνά τα 15 μ (ελλιπής οξυγόνωση, προβλήματα ροής).
- τα κανάλια στηρίζονται σε μεταλλικά πλαίσια (μέσου ύψους για διευκόλυνση των εργασιών)



NFT Channel systems

Τα κανάλια καλύπτονται με πλαστικά καλύμματα αδιαφανή για την αποτροπή εισόδου του φωτός



Αποστάσεις φυτεύσεως:

Μαρούλι: 20 εκ επί της γραμμής,
απόσταση των καναλιών 15-25 εκ
(κέντρο με κέντρο).

Το σύστημα αυτό αξιοποιεί περίπου το 80% της επιφάνειας του δαπέδου του θερμοκηπίου

NFT Channel systems

Τμήματα

- Κανάλια από PVC
- Ροή διαλύματος με ρυθμό 90-180 λίτρα την ώρα
- Κεφαλή υδρολίπανσης:
 - παρασκευή και διανομή θρεπτικού διαλύματος
- Εγκαταστάσεις συλλογής και ανακυκλοφορίας του διαλύματος
- Πλάτος καναλιών 20-30 εκ για τομάτα, αγγούρι



NFT Channel systems

- **Στάδιο 1.** Τα φυτάρια προετοιμάζονται σε κύβους πετροβάμβακα διαφόρων διαστάσεων
- **Στάδιο 2.** Μεταφυτεύονται μετά από 8-20 ημέρες στα **κανάλια του φυτωρίου**
 - τα κανάλια αυτά έχουν θέσεις φυτεύσεως ανά 5 εκ επί της γραμμής και απέχουν μεταξύ τους (κέντρο με κέντρο) 10 εκ.
- **Στάδιο 3.** Τελική παραγωγική μονάδα: 20 εκ επί της γραμμής, απόσταση των καναλιών 15-25 εκ (κέντρο με κέντρο).



NFT Channel systems

Παράδειγμα φυτεύσεως μαρουλιού

- Σπορά σε κύβους πετροβάμβακα (2,5 εκ)
- **Στάδιο 1.** Ανάπτυξη των φυταρίων για περίπου 18-20 ημέρες
- **Στάδιο 2.** 1^η μεταφύτευση στα κανάλια φυτωρίου για 16-18 ημέρες
- **Στάδιο 3.** 2^η μεταφύτευση στα τελικά κανάλια περίπου 34-38 ημέρες από την σπορά
 - Ανάπτυξη για περίπου 20-25 ημέρες (14-18 παραγωγές ανά έτος)

Σύνολο ημερών από την σπορά μέχρι την συγκομιδή: 54-63

NFT Channel systems

- Η συγκομιδή των φυτών γίνεται επιλεκτικά αναλόγως του μεγέθους
- Τα κανάλια μετακινούνται, καθαρίζονται, απολυμαίνονται και επανατοποθετούνται στην οριστική τους θέση για να δεχθούν τα επόμενα φυτά
- Καλλιεργούνται συνήθως φυλλώδη λαχανικά και αρωματικά φυτά (μαρούλι, ρόκα, microgreens, κλπ)
- Επίσης καλλιεργούνται και καρποδοτικά λαχανικά μεγάλου βιολογικού κύκλου (τομάτα, πιπεριά, μελιτζάνα, κλπ)

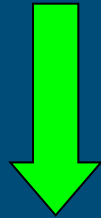
NFT A-Frame

- Τοποθέτηση των καναλιών σε πυραμιδοειδή διάταξη
- Εκμετάλλευση του όγκου του θερμοκηπίου με μεγάλες πυκνότητες φυτεύσεως
- Καλλιέργεια φυτών χαμηλής αναπτύξεως (μαρούλι, ρόκα, αρωματικά, microgreens)
- Εφαρμόζεται σε μικρές μονάδες



Αρχή του συστήματος NFT

- Το ύψος των ριζών σε ανεπτυγμένα φυτά φθάνει τα 2-3 εκ.
- Σημαντικό μέρος της ρίζας βρίσκεται **εκτός** του ρέοντος διαλύματος και **οξυγονώνεται επαρκώς**.
- Εσωτερικά το πλέγμα των ριζών παραμένει υγρό λόγω:
 - της ανοδικής κινήσεως του διαλύματος μέσω των τριχοειδών που σχηματίζονται από τα κενά μεταξύ των ριζικών τριχιδίων



Οι ρίζες μέσα στα κανάλια προσλαμβάνουν νερό, θρεπτικά στοιχεία και οξυγόνο

Τοποθέτηση των φυτών

- Τα φυτά δεν τοποθετούνται γυμνόρριζα στα κανάλια (κύβοι τύρφης, κλπ).
- Επίστρωση του πυθμένα του καναλιού με υλικό τριχοειδών ιδιοτήτων (χαρτί κουζίνας) για την ομοιόμορφη κατανομή του διαλύματος σε όλο το πλάτος.
- Όταν οι ρίζες μεγαλώσουν **παρεμποδίζεται η ροή** και ένα μέρος του διαλύματος παραμένει στο κανάλι ακόμη και μετά από διακοπή της ροής.
- Επομένως μπορεί να εφαρμοσθεί για πολύ μικρά διαστήματα διακοπτόμενη ροή (στην πράξη δεν συνιστάται)

ΑΝΑΠΛΗΡΩΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ ΣΤΟ NFT

Δοχείο παροχής = Δοχείο συλλογής

1. Αναπλήρωση του διαλύματος με τον κλασσικό τρόπο:

- Ανάμειξη με νερό-πυκνά διαλύματα-οξύ

2. Αναπλήρωση του διαλύματος με τροποποιημένες τεχνικές:

- Ανάμειξη με έτοιμο διάλυμα συμπλήρωσεως

ΑΝΑΠΛΗΡΩΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ ΣΤΟ NFT

Όγκος του δοχείου παροχής:

- Σε καλλιέργεια τομάτας ο **ελάχιστος ημερήσιος όγκος** του διαλύματος είναι περίπου **3 λίτρα** ανά φυτό.
- Κατά την λειτουργία του NFT:
 - **μικρό μέρος** του διαλύματος βρίσκεται στο δοχείο παροχής
 - **μεγάλο μέρος** βρίσκεται σε συνεχή κυκλοφορία (κανάλια, αγωγοί)
- Αν σταματήσει η λειτουργία του συστήματος:
 - **το δοχείο παροχής πρέπει να έχει επαρκή χωρητικότητα για την συλλογή όλου του διαλύματος**

ΑΝΑΠΛΗΡΩΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ ΣΤΟ NFT

Ο όγκος του δοχείου παροχής πρέπει να είναι μεγάλος

Παραδείγματα:

- Για 2.000 φυτά τομάτας ανά στρέμμα με 3 λίτρα ημερησίως ανά φυτό
 - απαιτείται δοχείο όγκου 6 m^3 για κάθε στρέμμα
 - για μια μονάδα 5 στρεμμάτων απαιτείται δοχείο όγκου 30 m^3 .
- Για 25.000 φυτά μαρουλιού ανά στρέμμα με 0,2 λίτρα ημερησίως ανά φυτό
 - απαιτείται δοχείο όγκου 5 m^3 για κάθε στρέμμα
 - για μια μονάδα 5 στρεμμάτων απαιτείται δοχείο όγκου 25 m^3 .

Αναπλήρωση του διαλύματος με τον κλασσικό τρόπο

- Το θρεπτικό διάλυμα που κυκλοφορεί επιστρέφει στο **δοχείο παροχής**.
- Πραγματοποιείται συμπλήρωση του διαλύματος που απορροφήθηκε μέσω:
 - Προσθήκης νερού
 - Προσθήκης πυκνών διαλυμάτων και οξέος
 - Η προσθήκη του νερού ελέγχεται από αισθητήρα στάθμης (πλωτήρα)
 - Η προσθήκη των πυκνών διαλυμάτων και του οξέος ελέγχεται από τους αισθητήρες pH και EC της κεφαλής που είναι ρυθμισμένοι σε προκαθορισμένα όρια και καταγράφουν αδιαλείπτως τις τιμές.
- **Προβλήματα αξιοπιστίας σε μεγάλες μονάδες σε συνθήκες συνεχούς λειτουργίας**

Αναπλήρωση του διαλύματος με τροποποιημένες τεχνικές

- Η κεφαλή δεν λειτουργεί συνεχώς.
- Πραγματοποιείται **προγραμματισμένη προσθήκη** θρεπτικών στοιχείων.
- Η κεφαλή παρασκευάζει **θρεπτικό διάλυμα συμπλήρωσης** τακτικά και το στέλνει σε ένα δοχείο αποθήκευσης.
- Το διάλυμα που επιστρέφει από τα φυτά μεταφέρεται στο **δοχείο παροχής**.
- Το θρεπτικό διάλυμα που απορροφά η καλλιέργεια **αναπληρώνεται μέσω της αυτόματης εισόδου του θρεπτικού διαλύματος συμπλήρωσης στο δοχείο παροχής** (αντί για νερό και θρεπτικά διαλύματα).
- **Μεγαλύτερη αξιοπιστία**

Δεξαμενές συστήματος NFT

Οι δεξαμενές είναι υπόγειες:

- ❑ Εύκολη επιστροφή του διαλύματος μέσω βαρύτητας.
- ❑ Οικονομία χώρου.
- ❑ Σταθερότητα της θερμοκρασίας του θρεπτικού διαλύματος:
 - αποφυγή μεγάλης ανόδου κατά την θερμή περίοδο
 - αποφυγή μεγάλης πτώσης κατά την ψυχρή περίοδο

Πλεονεκτήματα NFT

- ❑ Η απουσία στερεού υποστρώματος → μηδενικό κόστος αγοράς-αντικατάστασης
- ❑ Μειωμένη κατανάλωση νερού και λιπασμάτων
- ❑ Φιλικό στο περιβάλλον (κλειστό)



Μειονεκτήματα NFT

- Δυσκολία διατηρήσεως της λεπτής στοιβάδας και της ροής του θρεπτικού διαλύματος καθώς αυξάνεται το ριζικό σύστημα.
- Αυξημένη θερμοκρασία θρ. δ/τος κατά τους θερινούς μήνες.
- Αυξημένες ανάγκες τεχνικής υποστήριξης.
- Υψηλός κίνδυνος κατάρρευσης της καλλιέργειας σε περίπτωση βλάβης των αντλιών ανακυκλοφορίας.
- Δυσχέρεια και αυξημένο κόστος απολύμανσης του θρεπτικού διαλύματος
- Πιθανότητα συσσώρευσης ιόντων Na και Cl



Μειονεκτήματα NFT

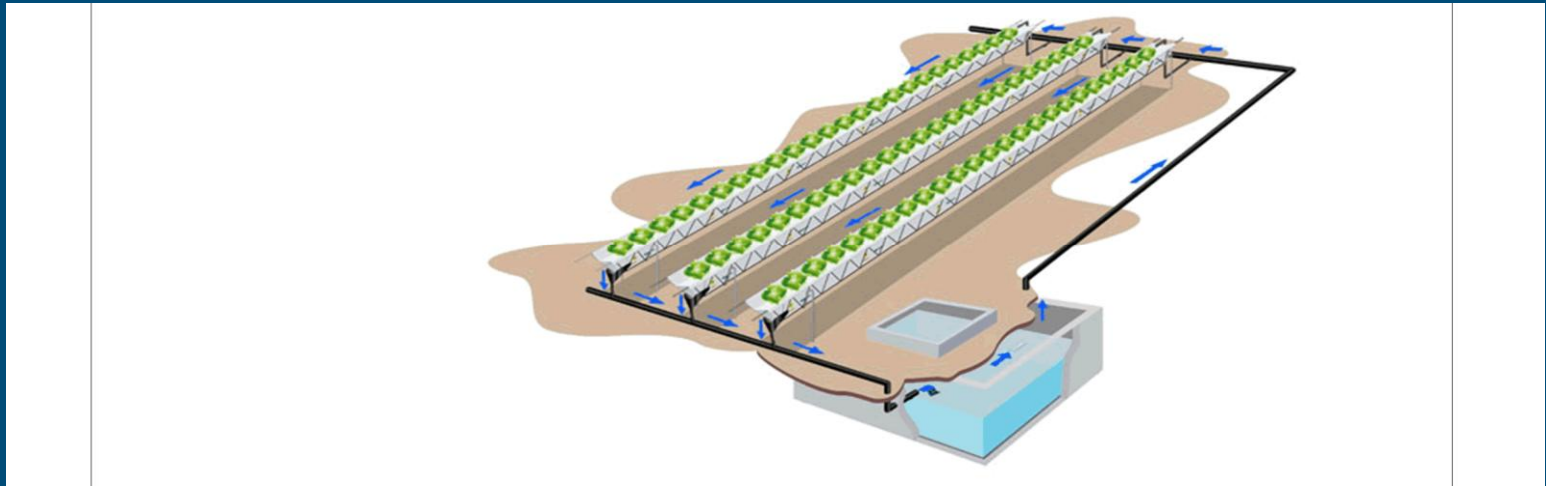
- ο Δημιουργία αλγών σε εκτεθειμένες επιφάνειες



- ο Αναγκαιότητα συχνών αναλύσεων και αλλαγών της συστάσεως του θρεπτικού διαλύματος



NGS (New Growing System)



NGS

- Παραλλαγή του NFT
- Εξελίχθηκε αρκετά στην Ισπανία
- Βασίζεται στην ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος μέσω ειδικά κατασκευασμένου καναλιού

NGS

- Κατασκευή από μαλακό πλαστικό
- Αποτελείται από πολλές διαδοχικές στρώσεις (όροφοι)
- Η κάθε στρώση επικοινωνεί με τις άνω και κάτω με ανοίγματα
- Το θρεπτικό διάλυμα, ξεκινώντας από την ανώτερη στρώση, καταλήγει στην κατώτερη μέσω φυσικής ροής.
- Από την κατώτερη, κατευθύνεται στο τέλος του καναλιού και ανακυκλώνεται

NGS

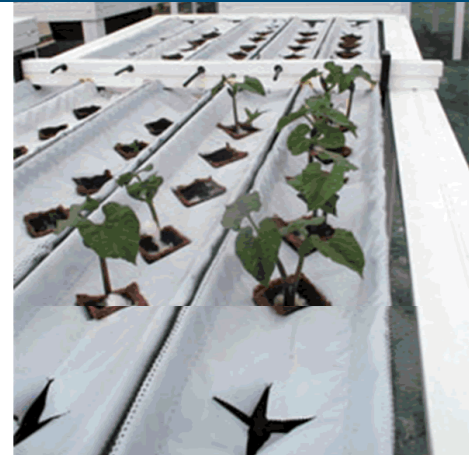
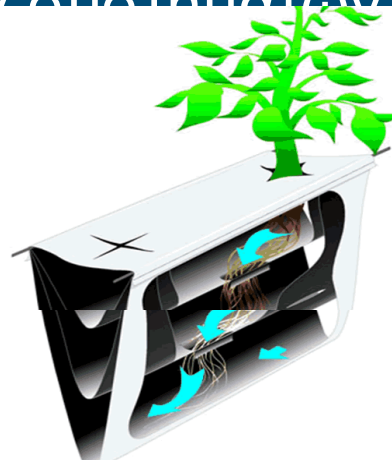
- Η συνεχόμενη κίνηση του θρεπτικού διαλύματος από τις ανώτερες στις κατώτερες στρώσεις διασφαλίζει την επάρκεια υγρασίας στο ριζόστρωμα
- Το NGS παρέχει καλύτερες συνθήκες οξυγονώσεως του θρεπτικού διαλύματος σε σχέση με το NFT.
- Μειονεκτεί σε σχέση με την διαθεσιμότητα νερού στο ριζικό σύστημα
- Στο περιβάλλον της ρίζας οι συνθήκες είναι ανομοιόμορφες

NGS

- Η άρδευση πραγματοποιείται με σταλάκτες ανά 0,5 μ.
- Οι διαστάσεις των καναλιών διαφέρουν ανάλογα με το είδος της καλλιέργειας
- Όπως και το NFT παρουσιάζει όλα τα πλεονεκτήματα των κλειστών συστημάτων:
 - πλήρης αξιοποίηση νερού και θρεπτικών στοιχείων
 - μηδενικές απώλειες στο περιβάλλον

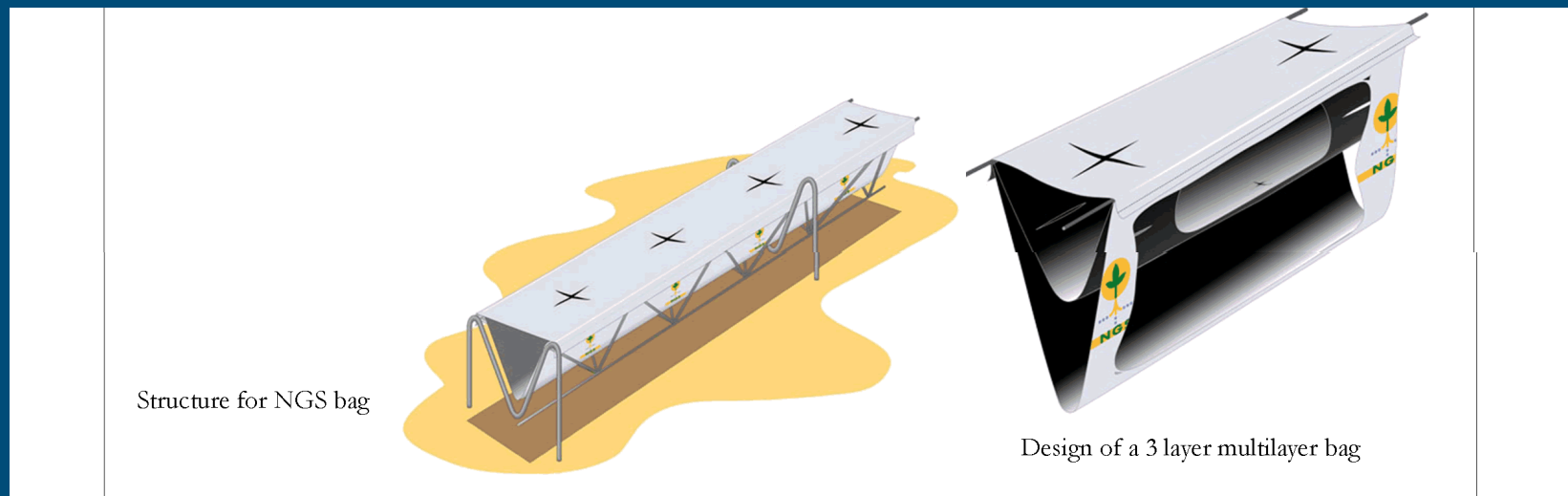
NGS

- Η άρδευση πραγματοποιείται με σταλάκτες ανά 0,5 μ.
- Οι διαστάσεις των καναλιών διαφέρουν ανάλογα με το είδος της καλλιέργειας
- Όπως και στο NFT παρουσιάζει όλα τα πλεονεκτήματα των κλειστών συστημάτων



Περιγραφή του συστήματος

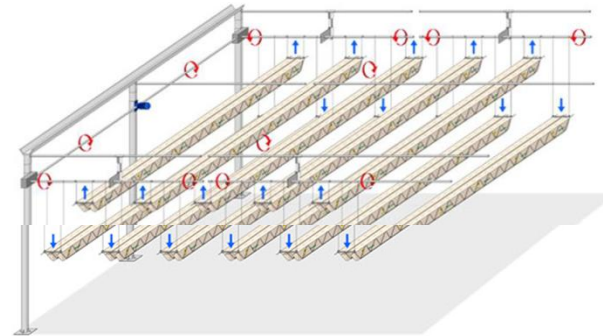
- Μεταλλικά στηρίγματα των καναλιών



NGS

Περιγραφή του συστήματος

- Μεταλλικά στηρίγματα των καναλιών



Καλλιέργειες

CATALOGUE OF CROPS

Cherry tomato crop



Pitenza tomato crop



The bags are extraordinarily well adapted to heavy weight fruit crops such as melons, allowing the plants to be established at different heights