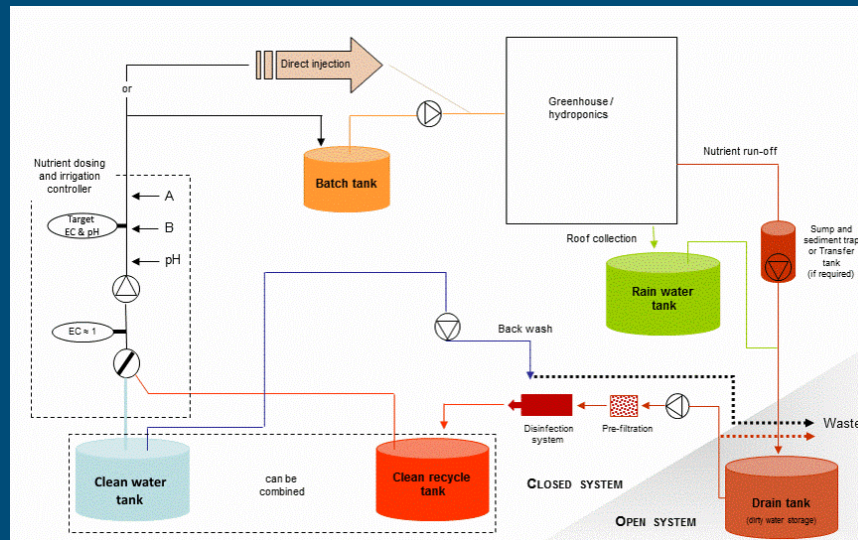


4^η Διάλεξη

Κλειστά υδροπονικά συστήματα

Απολύμανση των θρεπτικών διαλυμάτων



Αναστάσιος Ι. Κώσιρας
Αναπληρωτής Καθηγητής

Κλειστά Υδροπονικά Συστήματα

Το κλάσμα απορροής του θρεπτικού διαλύματος που απομακρύνεται από το ριζόστρωμα, συλλέγεται, συμπληρώνεται με θρεπτικά στοιχεία και νερό και επαναχρησιμοποιείται.

Κλειστά Υδροπονικά Συστήματα

- Το πλεονάζον θρεπτικό διάλυμα καταλήγει στο δίκτυο αγωγών συλλογής
- Επιστρέφει ξανά στην κεφαλή
- Αναπροσαρμόζονται οι τιμές “στόχοι”
- Επαναπροωθείται στην καλλιέργεια

Πλεονεκτήματα κλειστών συστημάτων

- Προστασία του περιβάλλοντος από τα απορρέοντα λιπάσματα (κυρίως ρύπανση με NO_3 και P)
- Μείωση του κόστους λιπάνσεως (μέχρι και 50%) ειδικά σε περιπτώσεις μεγάλων κλασμάτων απορροής
- Περιορισμός της σπατάλης νερού

Πλεονεκτήματα κλειστών συστημάτων

- Μεγάλη μείωση της απαιτήσεως προσθήκης Ca και Mg σε σχέση με K, NO₃, P.
- Τα στοιχεία Ca και Mg πρέπει να υπάρχουν **σε υψηλότερες συγκεντρώσεις** στο ριζόστρωμα σε σχέση με τις συγκεντρώσεις απορροφήσεώς τους
- Στα **ανοικτά συστήματα** για να διατηρηθούν σε υψηλό επίπεδο, επιβάλλονται σχετικά υψηλότερες συγκεντρώσεις Ca και Mg



Στα κλειστά συστήματα μείωση των ποσοτήτων Ca και Mg

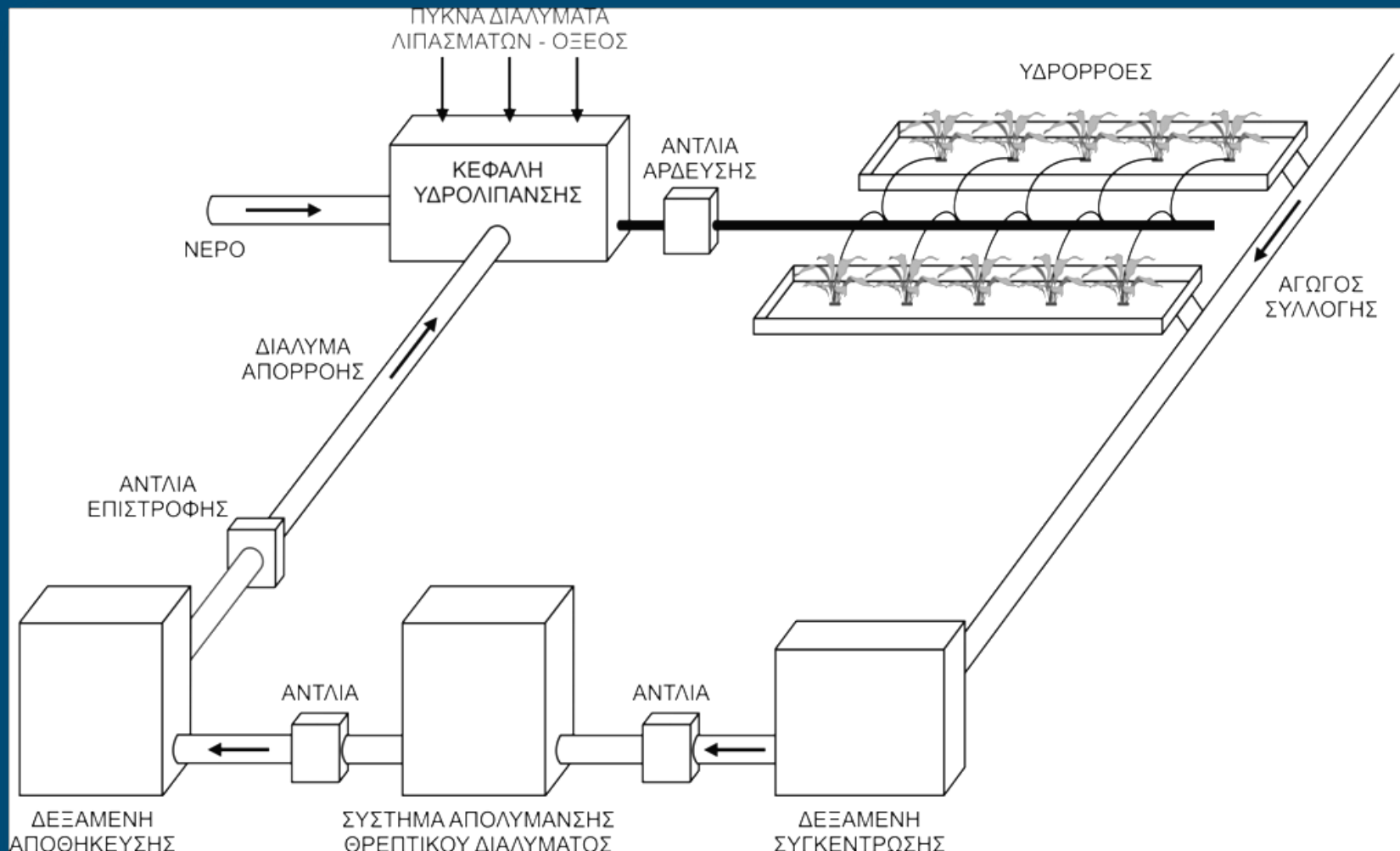
Μειονεκτήματα κλειστών συστημάτων

- Αν υπάρχουν παθογόνα του ριζικού συστήματος, η ανακύκλωση μπορεί να οδηγήσει στην διασπορά τους σε όλη την καλλιέργεια.
- Η σύνθεση του διαλύματος απορροής είναι διαφορετική από αυτήν του διαλύματος τροφοδοσίας



- **Δυσκολία στην επίτευξη τιμών στόχων επακριβώς**
- **Συχνότερες αναλύσεις**

Ανακύκλωση των θρεπτικών διαλυμάτων



Συστήματα Ανακυκλώσεως

1. **Συνεχής τροφοδοσία** και επανακυκλοφορία του θρεπτικού διαλύματος (υδροκαλλιέργειες πχ NFT)
2. **Διακοπτόμενη τροφοδοσία** θρεπτικού διαλύματος σε τακτά χρονικά διαστήματα μικρής διάρκειας και ανακύκλωση των απορροών (στερεά υποστρώματα)



Διαφορές στον τρόπο που συμπληρώνεται με νερό και θρεπτικά στοιχεία το διάλυμα απορροής

Ποσότητα του διαλύματος απορροής που συλλέγεται και επαναχρησιμοποιείται (στερεά υποστρώματα)

- Έκταση: 1.000 m²
- Αριθμός φυτών 3.000
- Θρεπτικό διάλυμα/φυτό/ημέρα: 3 λίτρα
- Κλάσμα απορροής: 30%
- Σύνολο ημερησίας ποσότητας: 9 m³
- Απορροφούμενη ποσότητα από τα φυτά: $0,7 \cdot 9 = 6,3$ m³
- Συνολική ποσότητα διαλύματος απορροής που ανακυκλώνεται: $0,3 \cdot 9 = 2,70$ m³

Ποσότητα του διαλύματος απορροής που συλλέγεται και επαναχρησιμοποιείται (NFT συνεχής ροή)

- Έκταση: 1.000 m², Συνολικό μήκος καναλιών 1.200 m, Μήκος ανά κανάλι 20 m.
- Αριθμός φυτών 3.000
- Παροχή διαλύματος ανά κανάλι: 0,15 m³/h
- Συνολική κατανάλωση/ημέρα/στρέμμα: 7,2 m³
- Αριθμός καναλιών στα 1.200 m: $1.200/20=60$
- Συνολικά διακινούμενη ποσότητα διαλύματος ανά ημέρα:
 $0,15*24*60=216$ m³
- Συνολική ποσότητα διαλύματος απορροής που ανακυκλώνεται: $216-7,2=$ **208,8 m³**

Τεχνικές ανακυκλώσεως

- **Απλή τεχνική:**
 - Επιστροφή όλης της ποσότητας της απορροής στην κεφαλή
 - Ανάμειξη με νέο θρεπτικό διάλυμα προκαθορισμένης συστάσεως
 - Σε αναλογία που εξαρτάται από την συνολική ποσότητα που χορηγείται στα φυτά
 - **Μειονέκτημα:** Δεν λαμβάνεται υπ' όψιν η μεταβολή της συστάσεως του διαλύματος απορροής (πέρασμα από το ριζόστρωμα)

Τεχνικές ανακυκλώσεως

- **Σύνθετη τεχνική**

- Στην πραγματικότητα: η διαδικασία είναι σύνθετη και λαμβάνονται υπ' όψιν η σύσταση και τα χαρακτηριστικά του διαλύματος απορροής:
 - EC απορροής, EC τροφοδοσίας
 - κλάσμα απορροής (υποστρώματα)
- Ρυθμίζεται η αναλογία αναμείξεως μεταξύ νωπού διαλύματος και διαλύματος απορροής

Τεχνικές ανακυκλώσεως

- Η παρασκευή και ανάμειξη του διαλύματος συμπληρώσεως είναι αυτοματοποιημένες:
 - μέτρηση EC, κλάσματος απορροής και μεταφορά των δεδομένων στην κεφαλή.
- Κεφαλή με κατάλληλο πρόγραμμα
- Διαφοροποίηση:
 - της συστάσεως του διαλύματος συμπληρώσεως
 - της αναλογίας αναμείξεως με το διάλυμα απορροής

Ανακύκλωση διαλύματος σε υποστρώματα

Τεχνικές αναμείξεως των διαλυμάτων:

1. **A.** Το διάλυμα απορροής αναμιγνύεται με νερό με αυτόματα μεταβαλλόμενη αναλογία: στόχος η προσέγγιση της τιμής της ζητούμενης EC.
B. Στην συνέχεια, το μείγμα περνά από την κεφαλή υδρολιπάνσεως όπου γίνεται η έγχυση των λιπασμάτων και παρασκευάζεται το τελικό διάλυμα τροφοδοσίας

Ανακύκλωση διαλύματος σε υποστρώματα

Τεχνικές αναμείξεως των διαλυμάτων:


2. A. Παρασκευάζεται αρχικά το νέο διάλυμα στην κεφαλή.

B. Στην συνέχεια, το διάλυμα αυτό αναμιγνύεται με το διάλυμα απορροής.

Γ. Αυτόματη μεταβολή της αναλογίας αναμείξεως μέχρι σταθεροποίησης της EC στο τελικό θρεπτικό διάλυμα

Ανακύκλωση διαλύματος σε υποστρώματα

Και στους δυο προηγούμενους τρόπους αναμείξεως της απορροής:

- Ανάμειξη απορροής με νερό
 - Ανάμειξη απορροής με νωπό θρεπτικό διάλυμα
- 
- Τα σύστημα αναμείξεως είναι ακριβώς το ίδιο
 - Απαραίτητος ο καθορισμός της τιμής της EC (διάλυμα απορροής-νερού, ή διάλυμα απορροής και νωπού διαλύματος)

Ανακύκλωση διαλύματος σε υδροκαλλιέργειες

Στόχος:

- Η συνεχής συμπλήρωση του θρεπτικού διαλύματος που ανακυκλώνεται, με νερό και θρεπτικά στοιχεία
- Εντοπίζονται διαφορές ανάλογα με το σύστημα καλλιέργειας
- Υπάρχουν δυο βασικές τεχνικές συμπληρώσεως

Ανακύκλωση διαλύματος σε υδροκαλλιέργειες

Τεχνική 1.

- Στο θρεπτικό διάλυμα που κυκλοφορεί στο κλειστό σύστημα γίνεται έγχυση των πυκνών διαλυμάτων βάσει των τιμών EC και pH που μετρώνται με αισθητήρες (NFT)
- Η εισαγωγή νερού ρυθμίζεται μέσω πλωτήρα ή αισθητήρα στάθμης (διατήρηση του όγκου του διαλύματος σε σταθερό επίπεδο μέσα στο κλειστό σύστημα)

Ανακύκλωση διαλύματος σε υδροκαλλιέργειες

Τεχνική 2.

- Μέσω της κεφαλής υδρολιπάνσεως γίνεται έγχυση των πυκνών διαλυμάτων στο νερό αρδεύσεως
- Το νωπό διάλυμα αποθηκεύεται σε δοχεία μεγάλου όγκου και εισάγεται στο κλειστό σύστημα για την αναπλήρωση νερού και θρεπτικών στοιχείων
- Χρησιμοποιούνται και εδώ πλωτήρες ή αισθητήρες στάθμης



Διαφορές στην θρέψη μεταξύ ανοικτών και κλειστών συστημάτων

Διαφορές στην θρέψη: ανοικτά-κλειστά

- Οι τιμές στόχοι των συγκεντρώσεων των θρεπτικών στοιχείων και στα ανοικτά και στα συστήματα είναι ίδιες για τα ίδια φυτά.
- Στην πράξη όμως, στα κλειστά συστήματα οι τιμές στόχοι είναι χαμηλότερες κυρίως στα δισθενή μακροστοιχεία
 - Τα φυτά έχουν την τάση να απορροφούν τα Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} σε μικρότερη αναλογία ως προς το νερό, σε σχέση με τις συγκεντρώσεις τους στο διάλυμα του ριζοστρώματος
 - **Τα στοιχεία αυτά τείνουν να συσσωρεύονται στο ριζόστρωμα**

Διαφορές στην θρέψη: ανοικτά-κλειστά

- Οι τιμές στόχοι των συγκεντρώσεων των θρεπτικών στοιχείων και στα ανοικτά και στα συστήματα είναι ίδιες για τα ίδια φυτά.
- Στην πράξη όμως, στα κλειστά συστήματα οι τιμές στόχοι είναι χαμηλότερες κυρίως στα δισθενή μακροστοιχεία
 - Τα φυτά έχουν την τάση να απορροφούν τα Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} σε μικρότερη αναλογία ως προς το νερό, σε σχέση με τις συγκεντρώσεις τους στο διάλυμα του ριζοστρώματος
 - **Τα στοιχεία αυτά τείνουν να συσσωρεύονται στο ριζόστρωμα**

Διαφορές στην θρέψη: ανοικτά-κλειστά

- Αντιστάθμιση της σταδιακής αύξησης της συγκεντρώσεως των ανεπιθύμητων ιόντων Na, Cl λόγω της επαναχρησιμοποίησης των απορροών
- Μετριασμός της σταδιακής αύξησης της EC
- Τελείως διαφορετικός ο τρόπος της δημιουργίας των επιθυμητών συγκεντρώσεων στο διάλυμα ριζοστρώματος
 - καθορίζεται κυρίως από την ανακύκλωση των απορροών

Διαφορές στην θρέψη: ανοικτά-κλειστά

- Η μεγαλύτερη διαφορά ανοικτών και κλειστών συστημάτων:
 - Η τάση για συσσώρευση στοιχείων που δεν απορροφώνται από τα φυτά στα κλειστά συστήματα
 - Η τάση για συσσώρευση στοιχείων που υπάρχουν στο νερό σε υψηλές συγκεντρώσεις (Ca, Mg)
 - Αντιμετωπίζεται πολλές φορές με περιοδική απόρριψη του διαλύματος απορροής (ημίκλειστο)
 - Σοβαρό πρόβλημα η συσσώρευση Na και Cl

Διαφορές στην θρέψη: ανοικτά-κλειστά

- Συσσώρευση οργανικών ουσιών που προέρχονται από την αποσύνθεση κάποιων ριζών
 - Οι ουσίες αυτές αποσυντίθενται και ανοργανοποιούνται γρήγορα
 - Δεν συσσωρεύονται σε μεγάλες συγκεντρώσεις στα διαλύματα απορροής
 - Ορισμένες πιθανόν να προκαλέσουν τοξικότητες (μεγαλύτερο το πρόβλημα στις υδροκαλλιέργειες)
 - Απόρριψη κάθε 2-3 μήνες

Διαφορές στην θρέψη: ανοικτά-κλειστά

- **Στα ανοικτά συστήματα** η σύσταση του διαλύματος εφαρμογής είναι σταθερή και ελέγχεται απολύτως από τον παραγωγό σε συνδυασμό με την ενδεδειγμένη συχνότητα και διάρκεια αρδεύσεως.
- **Στα κλειστά συστήματα** η σύσταση του διαλύματος εφαρμογής δεν ελέγχεται απολύτως και επηρεάζεται από την σύσταση του διαλύματος απορροής η οποία είναι ασταθής

Διαφορές στην θρέψη: ανοικτά-κλειστά

- **Στα κλειστά συστήματα** με τις σύγχρονες τεχνολογικές και επιστημονικές μεθόδους δεν είναι δυνατή η αυτόματη ανάλυση του διαλύματος απορροής, έτσι ώστε να αναμιγνύεται με τις ενδεδειγμένες κάθε φορά αναλογίες νερού και λιπασμάτων
- Έχουν δημιουργηθεί **μαθηματικές προσομοιώσεις** που εκτιμούν τις λιπαντικές ανάγκες των φυτών

Μέθοδοι συμπλήρωσης του διαλύματος απορροής με θρεπτικά στοιχεία και νερό

Συμπλήρωση των
θρεπτικών
στοιχείων με βάση
τις συγκεντρώσεις
απορρόφησης

Συμπλήρωση των
θρεπτικών
στοιχείων με βάση
το διάλυμα
απορροής

Ορισμοί για EC

E_t : EC στο διάλυμα τροφοδοσίας

E_r : EC στο διάλυμα ριζοστρώματος

E_d : EC στο διάλυμα απορροής

E_w : EC στο νερό άρδευσης

E_m : EC στο μίγμα νερού - διαλύματος απορροής

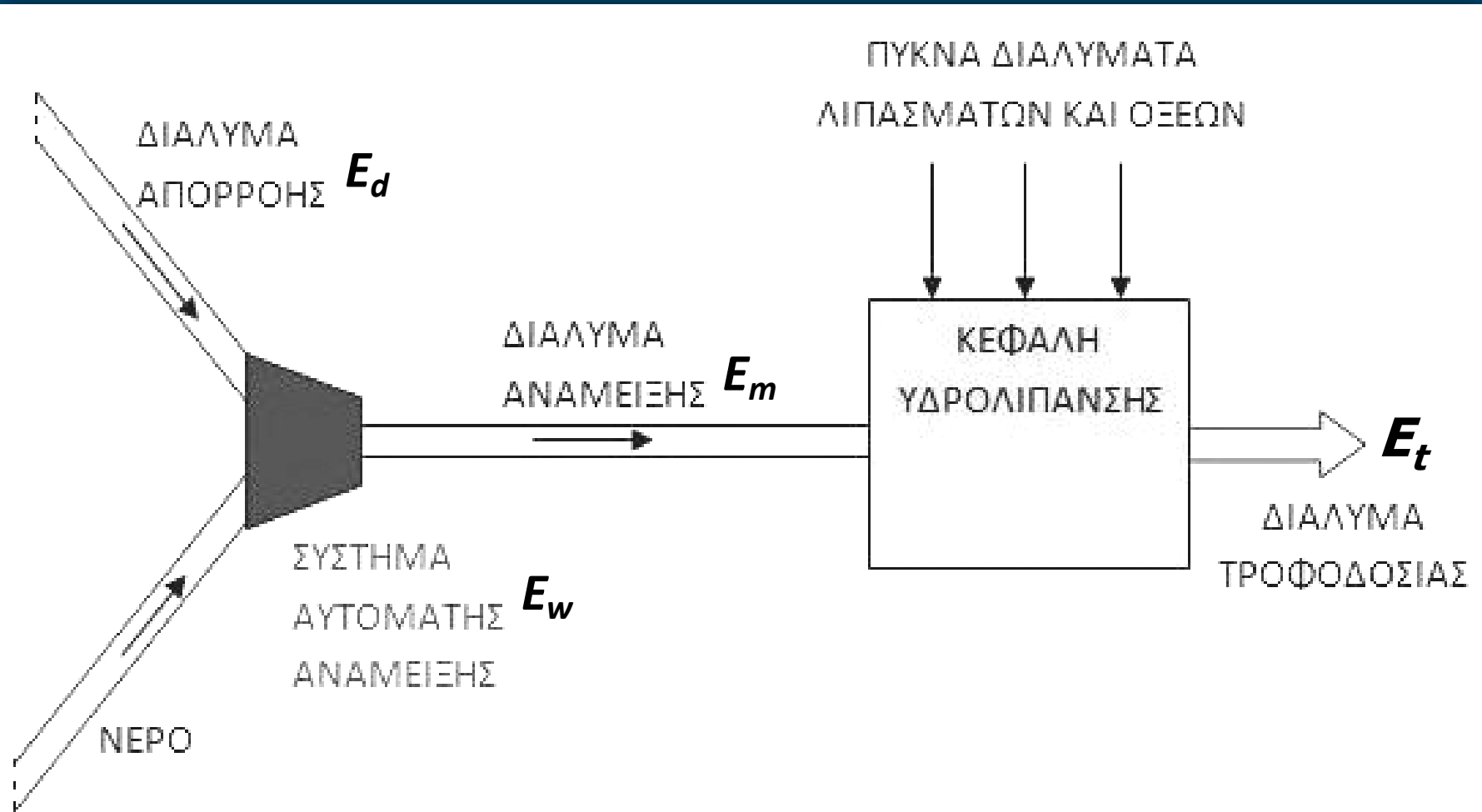
E_u : EC απορρόφησης

E_f : EC οφειλόμενη στην προσθήκη λιπασμάτων

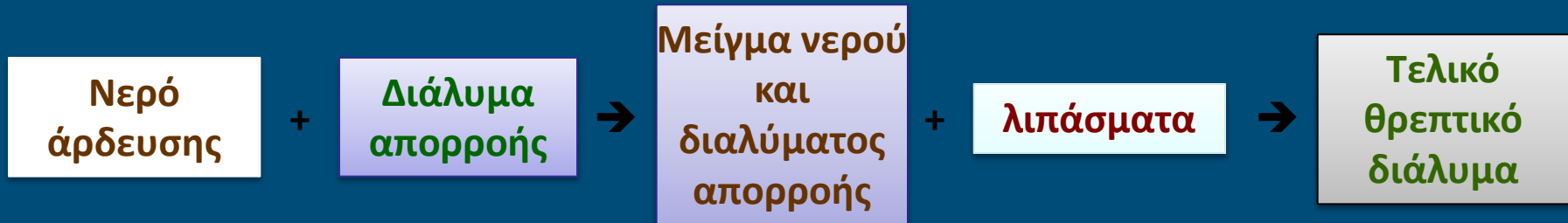
$$E_r = (E_t + E_d) / 2$$

Ανακύκλωση βάσει της συστάσεως του διαλύματος απορροής

Κεφαλή υδρολίπανσης μετά τον μείκτη



Συμπλήρωση θρεπτικών στοιχείων βάσει του διαλύματος απορροής Παρασκευή θρεπτικού διαλύματος



$$E_w + E_d \rightarrow E_m + E_f \rightarrow E_t$$

$$E_m = aE_d + (1 - a)E_w$$

a = το επιθυμητό κλάσμα του ανακυκλούμενου διαλύματος απορροής

Συμπλήρωση θρεπτικών στοιχείων με βάση την σύσταση του διαλύματος απορροής

ΚΛΕΙΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ - ΛΙΠΑΝΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΔΙΑΛΥΜΑ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ						
Πυκνά διαλύματα	V, m ³	A	Επιθυμητά χαρακτηριστικά Θ.Δ.	Μέγεθος	Νερό	Απορροή
Πυκνό διάλυμα A	1	100	E _t *	2.00 dS/m	EC	0.70 2.40 dS/m
Πυκνό διάλυμα B	1	100	pH opt.	5.6	pH	7.3 6.20
Πυκνό διάλυμα οξέως	1	100	[K]	4.500 mmol/l	Ca ²⁺	2.00 5.50 mmol/l
Επιλογή λιπάσματος φωσφόρου:			[Ca]	4.000 mmol/l	Mg ²⁺	0.50 3.00 mmol/l
Επιλέξτε 1 για φωσφορικό μονοκάλιο ή 2 για φωσφορικό οξύ	1		[Mg]	1.500 mmol/l	K ⁺	0.00 4.40 mmol/l
			[NO ₃]	11.500 mmol/l	NH ₄ ⁺	0.00 0.10 mmol/l
Επιλογή λιπάσματος βορίου:			[NH ₄]	1.000 mmol/l	Na ⁺	1.90 2.50 mmol/l
Επιλέξτε 1 για βορικό οξύ, 2 για τετραβορικό νάτριο (βόρακας) ή 3 για οκταβορικό νάτριο (solubor)	2		[H ₂ PO ₄ ⁻]	1.000 mmol/l	SO ₄ ²⁻	0.50 3.00 mmol/l
Επιλογή λιπάσματος μολυβδαινίου:			[Fe] _t	30.00 μmol/l	NO ₃ ⁻	0.00 13.80 mmol/l
Επιλέξτε 1 για επταμολυβδαινικό αμμώνιο ή 2 για μολυβδαινικό νάτριο	2		[Mn] _t	8.00 μmol/l	H ₂ PO ₄ ⁻	0.00 1.10 mmol/l
			[Zn] _t	5.00 μmol/l	HCO ₃ ⁻	3.60 0.80 mmol/l
			[Cu] _t	0.80 μmol/l	Cl ⁻	2.30 2.30 mmol/l
Επιθυμητές πμές K, Ca, Mg:			[B] _t	25.00 μmol/l	Fe	0.00 18.00 μmol/l
Επιλέξτε 1 για αναλογία K:Ca:Mg (mmol/mmol) ή 2 για συγκεντρώσεις (mmol/L)	2		[Mo] _t	0.50 μmol/l	Mn ²⁺	0.00 4.00 μmol/l
			[Si]	0.00 mmol/l	Zn ²⁺	2.50 7.00 μmol/l
Επιλέξτε 1 για εισαγωγή επιθυμητής πμής N/K (mmol/mmol) ή 2 για επιθυμητή συγκέντρωση NO ₃ (mmol/L)	2		% καθαρό λίπασμα		Cu ²⁺	0.00 1.00 μmol/l
			καθαρό HNO ₃	58 (% w/w)	B	0.00 30.00 μmol/l
			καθαρό H ₃ PO ₄	85 (% w/w)	Mo	0.00 0.50 μmol/l
Επιλέξτε 1 για εισαγωγή επιθυμητής πμής NH ₄ /(NH ₄ +NO ₃) (mmol/mmol) ή 2 για επιθυμητή συγκέντρωση NH ₄ (mmol/L)	2		Fe σε χηλικό Fe	6.5 (% w/w)	Si	0.00 0.00 mmol/l
			E _r	2.30	Σcat _w	6.90 24.00 meq/l
			α	0.20	Σan _w	6.90 24.00 meq/l
ρH _m	7.08		λιπάσματα (kg/δοχείο)	44.264	E _{t(actual)}	2.04 dS/m

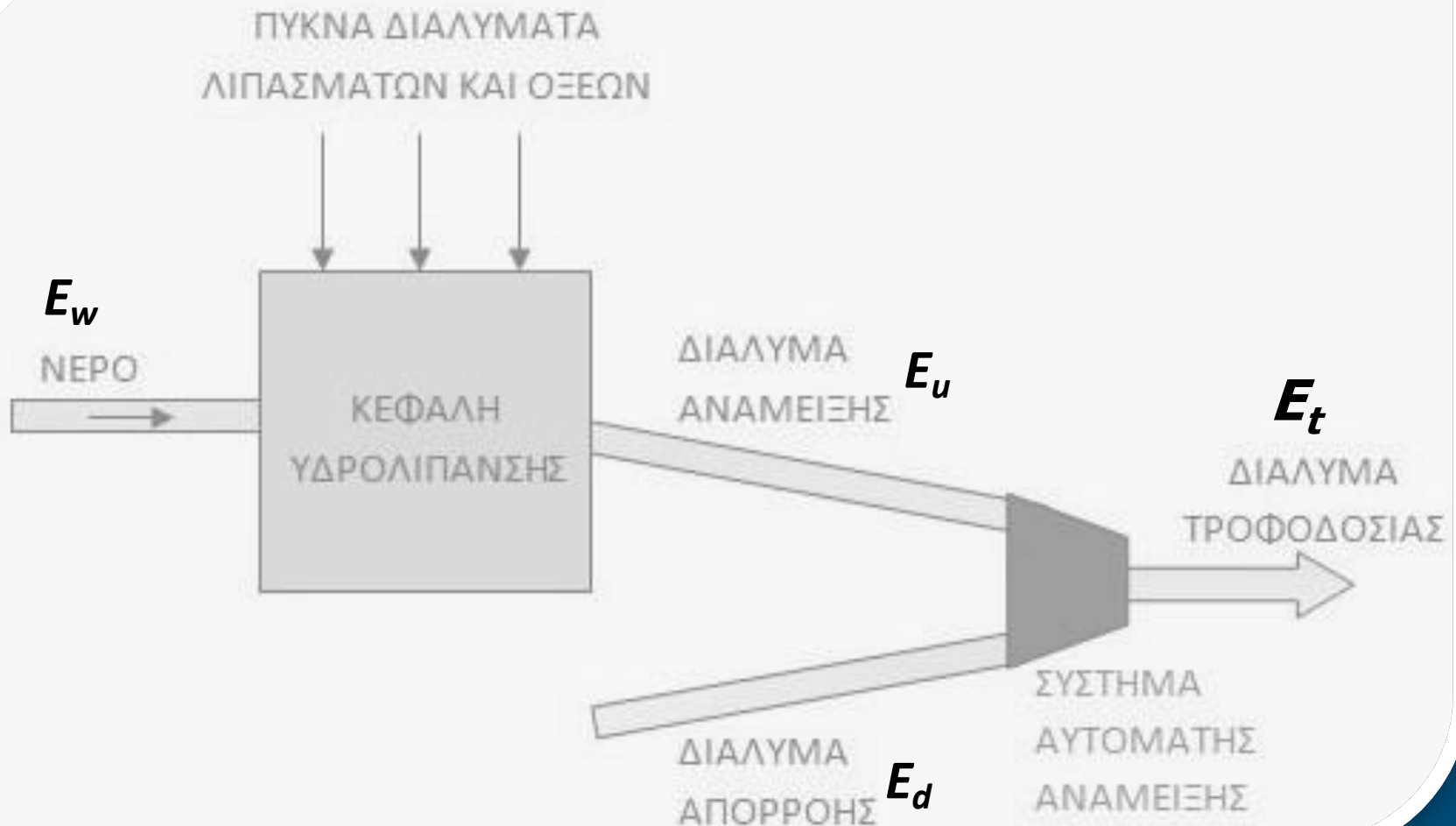
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ									
Κατιόντα/ανιόντα	C.C.S	C.C.W	C.A.F.	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	Si
C.A.S.	18.52			3.02	11.50	1.00	0.70	2.30	0.00
C.A.W.		10.32		2.00	2.76	0.22	3.04	2.30	0.00
A.A.F.			10.54	1.02	8.74	0.78	0.00	0.00	0.00
Ca ²⁺	8.00	5.40	2.60	0.00	2.60	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg ²⁺	3.00	2.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K ⁺	4.50	0.88	3.62	0.02	2.82	0.78	0.00	0.00	0.00
NH ₄ ⁺	1.00	0.02	0.98	0.00	0.98	0.00	0.00	0.00	0.00
Na ⁺	2.02	2.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H ⁺	0.00	0.00	2.34	0.00	2.34	0.00	0.00	0.00	0.00

* Σημαντική παρατήρηση: Επιθυμητή τιμή ηλεκτρικής αγωγιμότητας (E_v) εισάγεται μόνο όταν καθορίζονται επιθυμητές αναλογίες για τα μακροκατιόντα (K:Ca:Mg). Όταν εισάγονται επιθυμητές συγκεντρώσεις K, Ca, Mg, τότε το πρόγραμμα θα υπολογίσει αυτόματα την EC που αντιστοιχεί σε αυτές τις συγκεντρώσεις.

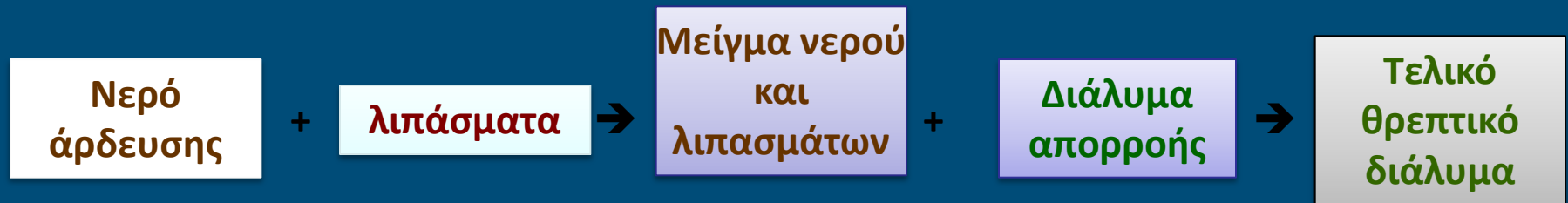
Καλλιεργητής:	Πολιουδάκης	
Καλλιέργεια:	Τριαντάφυλλο (Λατζιμάς)	
Τύπος σχήματος θρέψης:	Κανονική (κόκος - ανακύκλωση)	
Ημερομηνία:	16/6/2011	
ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΜΑΖΕΣ ΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ		
EC-στόχος για μείκτη	1.07 dS/m	
EC-στόχος για κεφαλή υδρολίπανσης	2.04 dS/m	
pH	5.60	
Πυκνό διάλυμα A 1000 ΛΙΤΡΑ		
1 Νιτρικό ασβέστιο	28.093 Kg	
2 Νιτρικό κάλιο	7.827 Kg	
3 Νιτρικό αμμώνιο	5.764 Kg	
4 Χηλικός σίδηρος	2.580 Kg	
Πυκνό διάλυμα B 1000 ΛΙΤΡΑ		
1 Νιτρικό κάλιο	20.669 Kg	
2 Θεϊκό μαγνήσιο	12.315 Kg	
3 Νιτρικό μαγνήσιο	0.000 Kg	
4 Φωσφορικό μονοκάλιο	10.616 Kg	
5 Θεϊκό κάλιο	0.187 Kg	
6 Φωσφορικό οξύ	0.000 λίτρα	
7 Θεϊκό μαγγάνιο	135 g	
8 Θεϊκός ψευδάργυρος	72 g	
9 Θεϊκός χαλκός	20 g	
10 Βορικό οξύ	0 g	
11 Βόρακας	238 g	
12 Solubor	0 g	
13 Επταμολυβδαινικό αμμώνιο	0 g	
14 Μολυβδαινικό νάτριο	12 g	
Πυκνό διάλυμα οξέως 1000 ΛΙΤΡΑ		
1 Νιτρικό οξύ	17.911 λίτρα	
Υπολογισμοί (C _b) για προσθήκη οξέως		
[H ₃ O ⁺] _m	8.31764E-08	
B _m	7.029226641	
[CO ₃ ²⁻]+[HCO ₃ ⁻]+[H ₂ CO ₃]	0.004199621	
[H ₃ O ⁺] _(n.s.)	2.51189E-06	
B _(n.s.)	1.199530213	
[K]	#DIV/0!	Σ _{cation(n.s)} 18.52
[NH ₄ ⁺]	51.75	Σ _{anion(n.s.)} 18.52

Ανακύκλωση βάσει των συγκεντρώσεων απορρόφησης

Κεφαλή υδρολίπανσης πριν τον μείκτη



Συμπλήρωση θρεπτικών στοιχείων βάσει των συγκεντρώσεων απορρόφησης Κεφαλή υδρολίπανσης πριν τον μείκτη



$$E_w + E_f \rightarrow E_u + E_d \rightarrow E_t$$

$$E_t = aE_d + (1 - a)E_u$$

a = το επιθυμητό κλάσμα του ανακυκλούμενου διαλύματος απορρόφησης

Συμπλήρωση θρεπτικών στοιχείων με βάση τις συγκεντρώσεις απορρόφησης

ΚΛΕΙΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ - ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ (D + W)										
ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ										
Πυκνά διαλύματα	V, m ³	A	Επιθυμητά χαρακτηριστικά Θ.Δ.			Χημική σύσταση νερού				
Πυκνό διάλυμα A	1	100	E _u *	1.70 dS/m	E _w	0.70 dS/m				
Πυκνό διάλυμα B	1	100	pH opt.	5.6	pH	7.3				
Πυκνό διάλυμα οξέως	1	100	[K]	4.500 mmol/l	Ca ²⁺	2.00 mmol/l				
Επιλογή λιπάσματος φωσφόρου: Επιλέξτε 1 για φωσφορικό μονοκάλιο ή 2 για φωσφορικό οξύ	1		[Ca]	2.500 mmol/l	Mg ²⁺	0.50 mmol/l				
			[Mg]	1.400 mmol/l	K ⁺	0.00 mmol/l				
			[NO ₃]	9.000 mmol/l	NH ₄ ⁺	0.00 mmol/l				
Επιλογή λιπάσματος βορίου: Επιλέξτε 1 για βορικό οξύ, 2 για τετραβορικό νάτριο (βόρακας) ή 3 για οκταβορικό νάτριο (solubor)	2		[NH ₄]	1.000 mmol/l	Na ⁺	1.90 mmol/l				
			[H ₂ PO ₄ ⁻]	1.000 mmol/l	SO ₄ ²⁻	0.50 mmol/l				
			[Fe] _t	30.00 μmol/l	NO ₃ ⁻	0.00 mmol/l				
Επιλογή λιπάσματος μολυβδαινίου: Επιλέξτε 1 για επαμολυβδαινικό αμμώνιο ή 2 για μολυβδαινικό νάτριο	2		[Mn] _t	8.00 μmol/l	H ₂ PO ₄ ⁻	0.00 mmol/l				
			[Zn] _t	5.00 μmol/l	HCO ₃ ⁻	3.60 mmol/l				
			[Cu] _t	0.80 μmol/l	Cl ⁻	2.30 mmol/l				
Επιθυμητές πμές K, Ca, Mg: Επιλέξτε 1 για αναλογία K:Ca:Mg (mmol/mmol) ή 2 για συγκεντρώσεις (mmol/L)	2		[B] _t	25.00 μmol/l	Fe	0.00 μmol/l				
			[Mo] _t	0.50 μmol/l	Mn ⁺⁺	0.00 μmol/l				
			[Si]	0.00 mmol/l	Zn ⁺⁺	2.50 μmol/l				
Επιλέξτε 1 για εισαγωγή επιθυμητής πμής N/K (mmol/mmol) ή 2 για επιθυμητή συγκέντρωση NO ₃ ⁻ (mmol/L)	2		% καθαρό λίπασμα			Cu ⁺⁺	0.00 μmol/l			
			καθαρό HNO ₃	58 (% w/w)	B	0.00 μmol/l				
			καθαρό H ₃ PO ₄	85 (% w/w)	Mo	0.00 μmol/l				
			Fe σε χηλικό Fe	6.5 (% w/w)	Si	0.00 mmol/l				
Επιλέξτε 1 για εισαγωγή επιθυμητής πμής NH ₄ ⁺ /(NH ₄ ⁺ +NO ₃ ⁻) (mmol/mmol) ή 2 για επιθυμητή συγκέντρωση NH ₄ ⁺ (mmol/L)	2		α	0.20	Σcat _w	6.90 meq/l				
			λιπάσματα (kg/δοχείο)			46.254	E _t	2.00 dS/m		
E _{au}	1.70	dS/m								
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ										
Κατιόντα/ανιόντα	C.C.S	C.C.W.	C.A.F.	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	Si	
C.A.S.	15.20			2.24	9.00	1.00	0.66	2.30	0.00	
C.A.W.		6.90		1.00	0.00	0.00	3.60	2.30	0.00	
A.A.F.			11.24	1.24	9.00	1.00	0.00	0.00	0.00	
Ca ²⁺	5.00	4.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Mg ²⁺	2.80	1.00	1.80	1.24	0.56	0.00	0.00	0.00	0.00	
K ⁺	4.50	0.00	4.50	0.00	3.50	1.00	0.00	0.00	0.00	
NH ₄ ⁺	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Na ⁺	1.90	1.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
H ⁺	0.00	0.00	2.94	0.00	2.94	0.00	0.00	0.00	0.00	
* Σημαντική παρατήρηση: Επιθυμητή τιμή ηλεκτρικής αγωγιμότητας (E _v) εισάγεται μόνο όταν καθορίζονται επιθυμητές αναλογίες για τα μακροκατιόντα (K:Ca:Mg). Όταν εισάγονται επιθυμητές συγκεντρώσεις K, Ca, Mg, τότε το πρόγραμμα θα υπολογίσει αυτόματα την EC που αντιστοιχεί σε αυτές τις συγκεντρώσεις.										
Καλλιεργητής:	Πολιουδάκης									
Καλλιέργεια:	Τριαντάφυλλο (Λατζιμάς)									
Τύπος σχήματος θρέψης:	Κανονική (κόκος - ανακύκλωση)									
Ημερομηνία:	16/6/2011									
ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΜΑΖΕΣ ΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ										
E.C. διαλύματος ανάμειξης				1.20 dS/m						
E.C. τελικού διαλύματος				2.00 dS/m						
pH				5.60						
Πυκνό διάλυμα A 1000 ΛΙΤΡΑ										
1 Νιτρικό ασβέστιο				10.805			Kg			
2 Νιτρικό κάλιο				25.665			Kg			
3 Νιτρικό αμμώνιο				7.205			Kg			
4 Χηλικός σίδηρος				2.580			Kg			
Πυκνό διάλυμα B 1000 ΛΙΤΡΑ										
1 Νιτρικό κάλιο				9.720			Kg			
2 Θεικό μαγνήσιο				15.279			Kg			
3 Νιτρικό μαγνήσιο				7.167			Kg			
4 Φωσφορικό μονοκάλιο				13.610			Kg			
5 Θεικό κάλιο				0.000			Kg			
6 Φωσφορικό οξύ				0.000			λίτρα			
7 Θεικό μαγνήσιο				135			g			
8 Θεικός ψευδάργυρος				72			g			
9 Θεικός χαλκός				20			g			
10 Βορικό οξύ				0			g			
11 Βόρακας				238			g			
12 Solubor				0			g			
13 Επαμολυβδαινικό αμμώνιο				0			g			
14 Μολυβδαινικό νάτριο				12			g			
Πυκνό διάλυμα οξέως 1000 ΛΙΤΡΑ										
1 Νιτρικό οξύ				22.494			λίτρα			
Υπολογισμοί (C _b) για προσθήκη οξέως										
[H ₃ O ⁺] _w				5.01187E-08						
B _w				11.01						
[CO ₃ ²⁻]+[HCO ₃ ⁻]+[H ₂ CO ₃]				0.0039636						
[H ₃ O ⁺] _(n.s.)				2.51189E-06						
B _(n.s.)				1.199530213						
[K]	#DIV/0!			Σ _{cation(n.s.)}			15.20			
[NH ₄ ⁺]	40.5			Σ _{anion(n.s.)}			15.20			

Απολύμανση των θρεπτικών διαλυμάτων

Απολύμανση των θρεπτικών διαλυμάτων

- Πολλοί μύκητες, βακτήρια και ιοί είναι πιθανόν να μεταφερθούν στα κλειστά υδροπονικά συστήματα μέσω της ανακυκλώσεως.

Μέθοδοι απολυμάνσεως θρεπτικού διαλύματος

Μέθοδος απολυμάνσεως

Συνθήκες εφαρμογής της μεθόδου

Παστερίωση με θέρμανση

95°C για 15'' (για όλα τα παθογόνα) 85°C για 3 min
(Fusarium, ToMV)

Εφαρμογή υπεριώδους ακτινοβολίας

200-280 nm, 250 mJ/cm²

Αργή διήθηση μέσω άμμου

Ρυθμός διήθησης: 0,1-0,3 m/h.

Κοκκομετρία άμμου: 0,2-0,6 mm

Μικροδιήθηση μέσω μεμβρανών

Για την απομάκρυνση του *Fusarium oxysporum* απαιτείται μέγεθος πόρων 0,05 μm

Απολύμανση με όζον(O₃)

10-20 ppm για 1 ώρα (οξειδοαναγωγικό δυναμικό 754 mV) σε χαμηλό pH (~ 4,7)

Ενεργό υπεροξείδιο του υδρογόνου

Θανάτωση *Fusarium oxysporum*: 50-100 ppm για 5 λεπτά. Εξόντωση ιών (TMV): 400 ppm

Απολύμανση με ιώδιο

Θανάτωση του *Fusarium oxysporum*: 0,7 ppm

Απολύμανση στην πράξη

- Παστερίωση με θέρμανση.
- Υπεριώδης ακτινοβολία
- Αργή διήθηση μέσω πορωδών φίλτρων
- Απολύμανση με όζον

Παστερίωση με θέρμανση

- Θανάτωση μόνο των παθογόνων μικροοργανισμών.
- Κατάλληλη ρύθμιση της θερμοκρασίας και του χρόνου διατηρήσεώς της.
- Προσπάθειες μείωσης του κόστους με μείωση της θερμοκρασίας και αύξηση του χρόνου (85°C για 3 λεπτά)

Παστερίωση με θέρμανση

- Τα συστήματα περιλαμβάνουν δυο εναλλάκτες θερμότητας
 - ο δεύτερος εναλλάκτης θερμαίνει στην καθορισμένη θερμοκρασία (μέσω σωλήνων ζεστού νερού)
 - το νερό που θερμαίνει το θρεπτικό διάλυμα ψύχεται και επιστρέφει για επαναθέρμανση
 - Το θερμό θρεπτικό διάλυμα επιστρέφει πίσω στο πρώτο εναλλάκτη και αποδίδει μέρος της θερμότητας στο νεοεισερχόμενο διάλυμα
 - Κατ' αυτόν τον τρόπο ψύχεται

Παστερίωση με θέρμανση

- **Πλεονεκτήματα:**

- αποτελεσματική εναντίον όλων των παθογόνων (μύκητες, βακτήρια, ιοί)
- απλή τεχνολογία
- δεν δημιουργεί φυτοτοξικότητες
- τον χειμώνα υποστηρίζεται από το σύστημα θέρμανσεως του θερμοκηπίου



Παστερίωση με θέρμανση

- **Μειονεκτήματα:**

- υψηλό κόστος λειτουργίας (υψηλές θερμοκρασίες).
- θανατώνονται και οι μη παθογόνοι μικροοργανισμοί, αλλοιώνεται η μικροχλωρίδα και η καλλιέργεια είναι πιο ευάλωτη σε νέες προσβολές.
- προβλήματα ψύξεως του θρεπτικού διαλύματος απορροής κυρίως τους θερινούς μήνες

Υπεριώδης ακτινοβολία

Σύστημα απολυμάνσεως με UV σε μεγάλη μονάδα στην Β. Ελλάδα



Υπεριώδης ακτινοβολία

- Συνολικό φάσμα της UV: 200-400 nm
- Μικροβιοκτόνος δράση στην περιοχή 200-315 nm
- Μέγιστη δράση στην περιοχή 250-260 nm
- Χρησιμοποιούνται λυχνίες ατμών υδραργύρου χαμηλής ή υψηλής πίεσεως
- Πρέπει να χορηγηθεί η κατάλληλη ποσότητα ενέργειας ανά μονάδα επιφανείας (jm^{-2})

Υπεριώδης ακτινοβολία

- Η ακτινοβολία που φθάνει στους μικροοργανισμούς λέγεται **δραστική ακτινοβολία**
- Είναι ανάλογη:
 - με την ένταση εκπομπής
 - την διάρκεια παροχής της
 - τον συντελεστή διαπερατότητας του θρεπτικοπάχους στρώματος που ρέει στην περιοχή εκπομπής)
- Το ύψος της δραστικής ακτινοβολίας που οδηγεί σε θανάτωση του 99,99% το μικροοργανισμών λέγεται **θανατηφόρος δόση**



Υπεριώδης ακτινοβολία

- **Πλεονεκτήματα:**

- Μεγάλη αποτελεσματικότητα όταν εφαρμόζεται σωστά

- **Μειονεκτήματα:**

- Η UV οξειδώνει τον σίδηρο (πιο σταθερός ο Fe-EDDHA)

- σημαντικό κόστος αγοράς-συντηρήσεως

- οι εναποθέσεις αλάτων στην εξωτερική επιφάνεια των λυχνιών μειώνουν βαθμιαία την διαπερατότητά τους

- περιορισμένη διάρκεια ζωής των λυχνιών

Αργή διήθηση μέσω πορώδους στήλης

Φίλτρο άμμου σε μονάδα στην Μεσσηνία



Αργή διήθηση μέσω πορώδους στήλης

- Το πιο συνηθισμένο πορώδες μέσο είναι η άμμος
- Αργή διήθηση μέσω άμμου
- **Μηχανική συγκράτηση των μικροοργανισμών σε στενώσεις του πορώδους**
- Για αποτελεσματική συγκράτηση: μέγεθος πόρων του φίλτρου 1-10 μm
- **Ανάπτυξη μιας προστατευτικής ανταγωνιστικής προς τα παθογόνα μικροχλωρίδας στην ανώτερη επιφάνεια αλλά και μέσα στο πορώδες**

Αργή διήθηση μέσω πορώδους στήλης

- Τα φίλτρα αργής διήθησεως αποτελούνται από 2-3 κατώτερες στρώσεις αποστραγγίσεως και μια στήλη πορώδους υλικού.
- Το συνολικό ύψος των στρώσεων αποστραγγίσεως είναι 35-40 εκ.
- Όσο μικρότερο είναι το μέγεθος των κόκκων της άμμου και όσο πιο αργή η ταχύτητα διήθησης τόσο πιο καλή προστασία παρέχει το φίλτρο άμμου

Αργή διήθηση μέσω πορώδους στήλης

- Το ύψος της κύριας πορώδους στήλης πρέπει να είναι 80-120 εκ.
- Η κοκκομετρία της ανώτερης στήλης πρέπει να είναι 2-8 mm
- Η κοκκομετρία της ενδιάμεσης και της κατώτερης στήλης πρέπει να είναι αντιστοίχως από 8-16 και 16-32 mm.
- Στην κύρια στήλη χρησιμοποιούνται λεπτόκοκκα υλικά με μέγεθος κόκκων 0,15-0,35 mm
- Σημαντικό ρόλο παίζει και η κοκκομετρική **κατανομή** των μεγεθών

Αργή διήθηση μέσω πορώδους στήλης

- Για την κοκκομετρική κατανομή χρησιμοποιούνται δυο μεγέθη:
 - Δραστικό μέγεθος (ES ή D_{10})
 - Συντελεστής ομοιομορφίας (UC) που ορίζεται ως ο λόγος D_{60}/D_{10}
- Για την καταλληλότητα ενός τύπου άμμου για κύρια στρώση θα πρέπει το δραστικό του μέγεθος να είναι μεταξύ 0,15-0,4 mm.
- Ο συντελεστής ομοιομορφίας θα πρέπει να μην είναι >3

Τεχνικά χαρακτηριστικά φίλτρων άμμου

- Δραστικό μέγεθος (ES ήD10): 0.15-0.40 mm
- Συντελεστής ομοιομορφίας: (UC: D60/D10): >3 (αποδεκτή), >2 (επιθυμητή).
- Στάθμη νερού πάνω από το φίλτρο: 21 -56 mm.
- Επιθυμητή ταχύτητα διήθησης: 0.1-0.3 m/h.

Αποτελεσματικότητα αργής διηθήσεως

- Όσο μικρότερο είναι το μέγεθος των κόκκων της άμμου
- Όσο πιο αργή η ταχύτητα διήθησης



Τόσο αποτελεσματικότερη προστασία παρέχει το φίλτρο άμμου εναντίον των παθογόνων.

Πλεονεκτήματα αργής διηθήσεως

- Σχετικά απλή τεχνολογία,
- Τυχόν προβλήματα λειτουργίας είναι απλά και επιλύονται εύκολα.
- Χαμηλό κόστος λειτουργίας και συντηρήσεως.
- Βασίζεται κυρίως στην ανάπτυξη ανταγωνιστικής μικροχλωρίδας προς τα παθογόνα και επομένως είναι φιλική προς το περιβάλλον
- Το διάλυμα απορροής καθαρίζεται και από αιωρούμενα σωματίδια.

Μειονεκτήματα αργής διηθήσεως

- Η αποτελεσματικότητά του έναντι του *Fusarium* και μερικών ιών δεν είναι μεγάλη.
- Δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιοδήποτε είδος άμμου για την κατασκευή του.
- Καταλαμβάνει αρκετά μεγάλο χώρο.

Υπολογισμός επιφανείας φίλτρου άμμου

Δεδομένα:

- Καλλιέργεια: τομάτα
- (1) Καλλιεργούμενη έκταση: 8.000 m²
- (2) Πυκνότητα φυτών: 2,5 φυτά/m²
- (3) Συνολικός αριθμός φυτών: 20.000
- (4) Μέγιστη ημερήσια κατανάλωση νερού: 3 L/φυτό
- (5) Μέγιστο κλάσμα απορροής: 0,7 (70%)
- (6) Επιθυμητή ταχύτητα διηθήσεως: 0,1 m/h (2,4 m/ημέρα)

Υπολογισμός επιφανείας φίλτρου άμμου

Υπολογισμοί:

Από (3), (4) και (5) □ (7) $V_r (\max) = 42 \text{ m}^3$

Από (6) και (7) □ $S_{sf} = 42/2,4 = 17,5 \text{ m}^2$

Συμβολισμοί: $V_r (\max)$ = Μέγιστος όγκος ανακυκλούμενου διαλύματος απορροής ανά ημέρα

S_{sf} = Απαιτούμενη έκταση φίλτρου άμμου

Χημική απολύμανση θρεπτικών διαλυμάτων

Εφαρμογή φυτοπροστατευτικών σκευασμάτων στο θρ. διάλυμα

- Συνιστά μία φιλική προς το περιβάλλον και ασφαλή για τον παραγωγό μέθοδο εφαρμογής.
- Είναι αποτελεσματική μέθοδος σε χαμηλές δόσεις και για μεγάλα χρονικά διαστήματα.
- Για τις καλλιέργειες καρποδοτικών λαχανικών πρέπει να ελεγχθεί τι υπολείμματα ανιχνεύονται στα βρώσιμα τμήματα.
- Δεν συνιστάται για φυλλώδη λαχανικά όπως το μαρούλι.

Απολύμανση με διήθηση μέσω μεμβρανών

Διήθηση μέσω μεμβρανών

- Σημαντικό το μέγεθος των πόρων της μεμβράνης.
- Υπάρχουν τρεις κατηγορίες διηθήσεως:
 - Μικροδιήθηση (1-0,1 μm) (βακτήρια)
 - Υπερδιήθηση (0,1-0,01 μm) (μύκητες, ιοί)
 - Νανοδιήθηση (0,01-0,001 μm) (απομάκρυνση σακχάρων ή οργανικών μορίων)
- Ένα μικρό μέρος του διαλύματος περνά από τις μεμβράνες και το υπόλοιπο απορρίπτεται (μειονέκτημα)

Διήθηση μέσω μεμβρανών

- Συχνές εμφράξεις των μεμβρανών και διαρροές
- Υψηλό κόστος αγοράς και συντηρήσεως
- Δεν απομακρύνονται όλα τα παθογόνα
- Δεν χρησιμοποιείται ο τρόπος αυτός συχνά στην καλλιεργητική πρακτική
- Χρησιμοποιείται σε πειραματικό επίπεδο

Απολύμανση με όζον (O₃)

Απολύμανση με όζον

- Προκαλεί βλάβες στους μικροοργανισμούς που έρχεται σε επαφή
- Το τελικό προϊόν από την διάσπασή του (O_2) είναι χρήσιμο για την αναπνοή των ριζών
- Καλή δραστικότητα απέναντι σε μύκητες και σε βακτήρια, όχι τόσο σε ιούς
- Αποτελεσματικό και κατά των νηματωδών σε υψηλότερες δόσεις

Απολύμανση με όζον

- Απαιτούμενη δόση 10-20 ppm.
- Χρόνος εκθέσεως 60 min
- Η δραστικότητα και σταθερότητα του όζοντος αυξάνεται όταν το pH του διαλύματος είναι χαμηλό (4-4,7)
- Μετά την εφαρμογή του όζοντος το pH ρυθμίζεται πάλι γύρω στο 5,5 με προσθήκη ΚΟΗ.
- Η μορφή του Fe σε DTFA είναι ανθεκτική στην επίδραση του όζοντος

Απολύμανση με υπεροξείδιο του υδρογόνου (H₂O₂)

Απολύμανση με (H₂O₂)

- Αποδιοργανώνει άμεσα κάθε οργανική ένωση που συναντά (μικροοργανισμοί)
- Στην πράξη, η εφαρμογή του συνοδεύεται και από κάποιο ασθενές οξύ (μυρμηγκικό, βενζοϊκό, οξικό) το οποίο δρα ως ενεργοποιητής (πτώση του pH)
- Δόσεις: 50-100 ppm για 5 min (μύκητες)
- Όχι τόσο αποτελεσματικό για ιούς, νηματώδεις
- Χαμηλού κόστους μέθοδος
- Προκαλεί φυτοτοξικότητα σε μεγάλες συγκεντρώσεις

Απολύμανση με Χλώριο

Απολύμανση με χλώριο

- Προσθήκη υποχλωριώδους νατρίου (NaClO) (χλωρίνη)
- Συγκεντρώσεις χλωρίου: 2,5-5 ppm (προσθήκη χλωρίνης) είναι αποτελεσματικές για μύκητες και βακτήρια
- Μικρή αποτελεσματικότητα εναντίον των ιών
- >5 ppm φυτοτοξικότητα στα περισσότερα λαχανικά
- Συχνή εφαρμογή: συσσώρευση Na και Cl στα κλειστά συστήματα
- Χαμηλό κόστος, Καλή αποτελεσματικότητα, Εύκολη εφαρμογή