Ανακύκλωση θρεπτικών διαλυμάτων σε κλειστά υδροπονικά συστήματα

Κλειστά υδροπονικά συστήματα

Πλεονεκτήματα

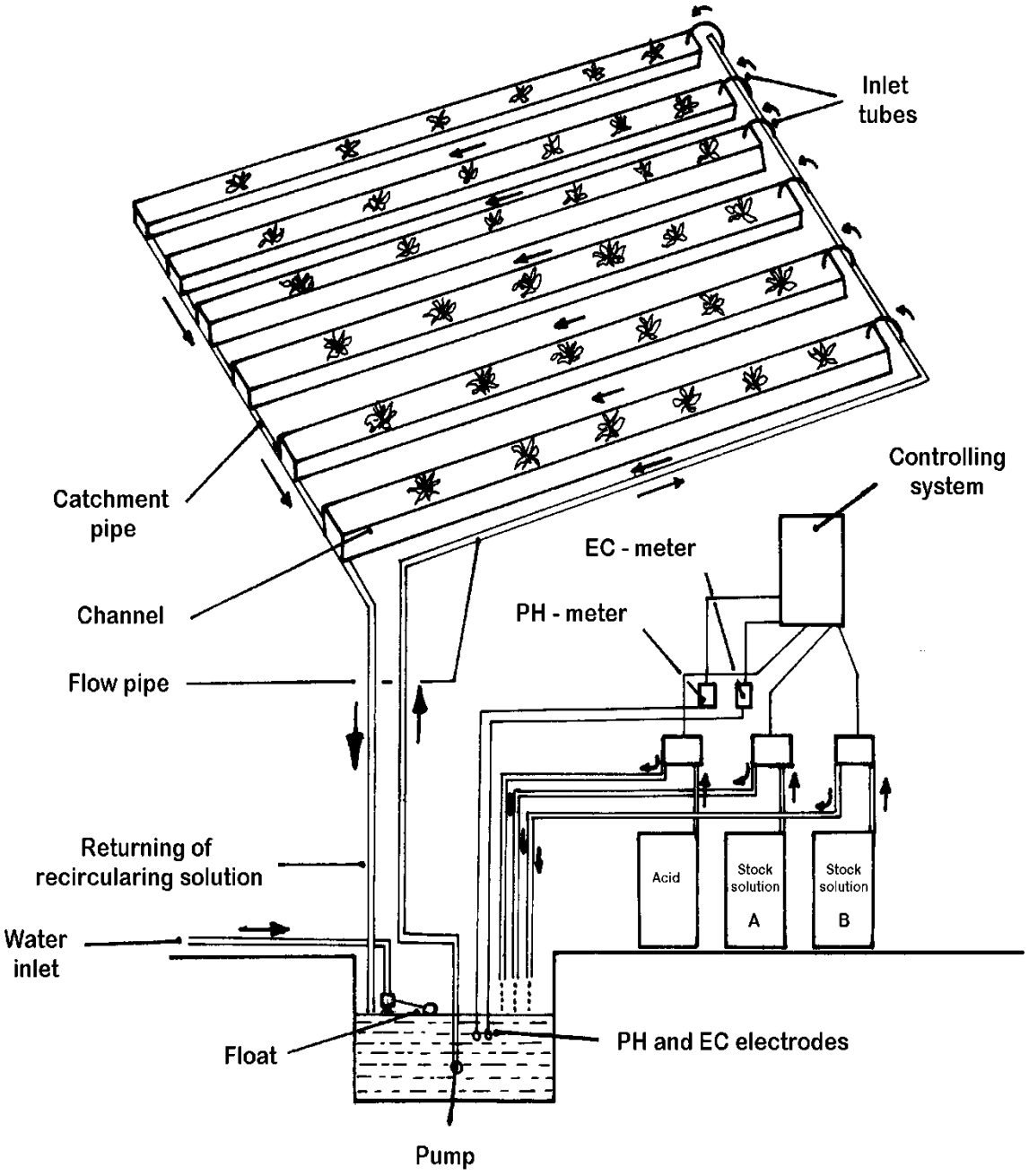
- Εξοικονόμηση λιπασμάτων και νερού
- Μείωση απορροής υπολειμμάτων λιπασμάτων (νιτρικά, φωσφορικά) στα επιφανειακά και υπόγεια νερά
- Δυνατότητα εφαρμογής φυτοφαρμάκων μέσω θρεπτικού διαλύματος

Συστήματα ανακύκλωσης

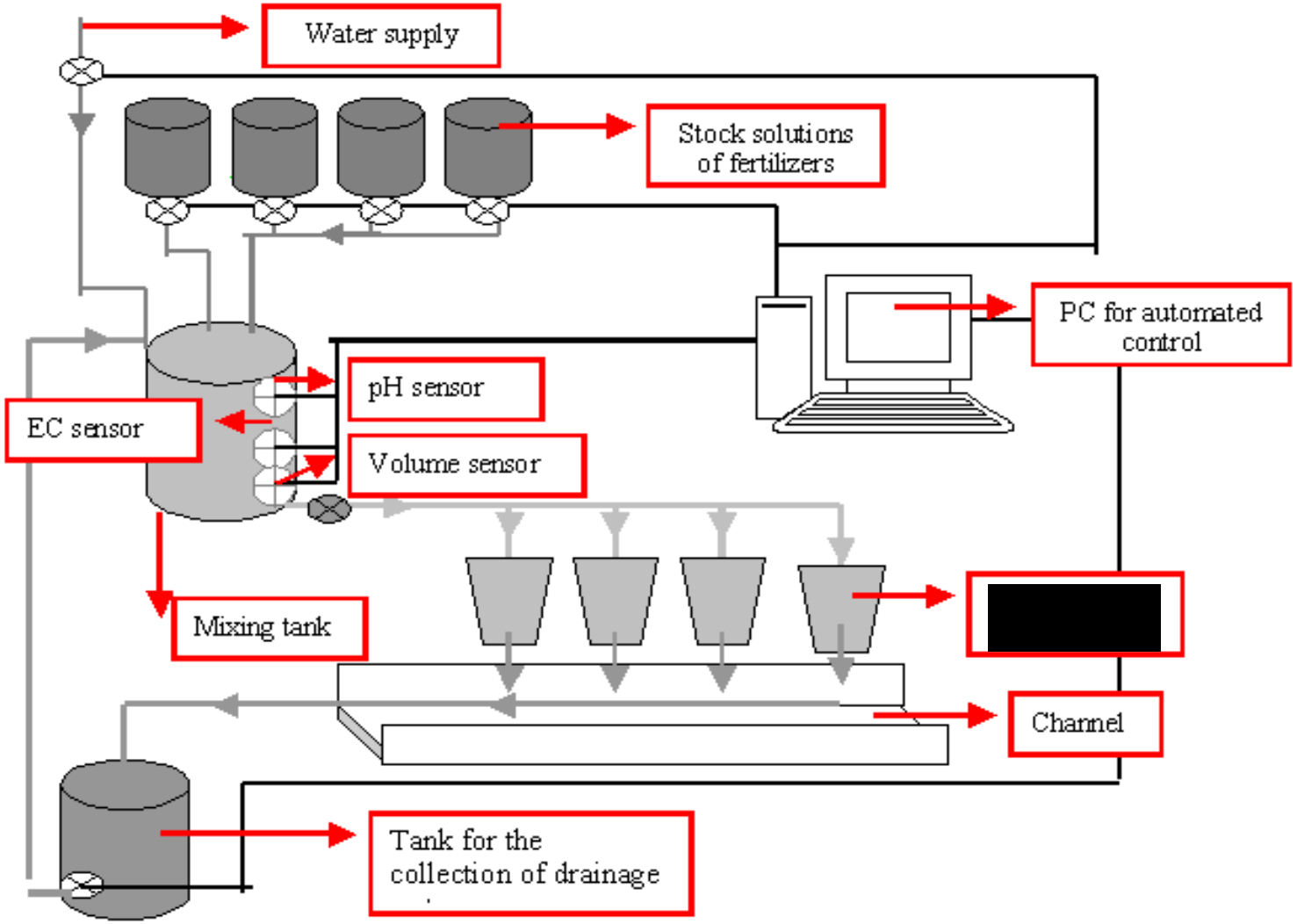
- **Συνεχής ανακύκλωση (επανακυκλοφορία)**

- **Συλλογή και ανακύκλωση απορροών (επαναλαμβανόμενα ποτίσματα μικρής διάρκειας)**

Σχηματική αναπαράσταση ενός υδροπονικού συστήματος με αδιάλειπτη επανακυκλοφορία του θρεπτικού διαλύματος



Σχηματική αναπαράσταση ενός υδροπονικού συστήματος με επαναλαμβανόμενα ποτίσματα μικρής διάρκειας



Ημερήσιος όγκος επαναχρησιμοποιούμενου διαλύματος απορροής σε μία καλλιέργεια τομάτας η οποία τροφοδοτείται με θρεπτικό διάλυμα μέσω συχνών, μικρής διάρκειας ποτισμάτων.

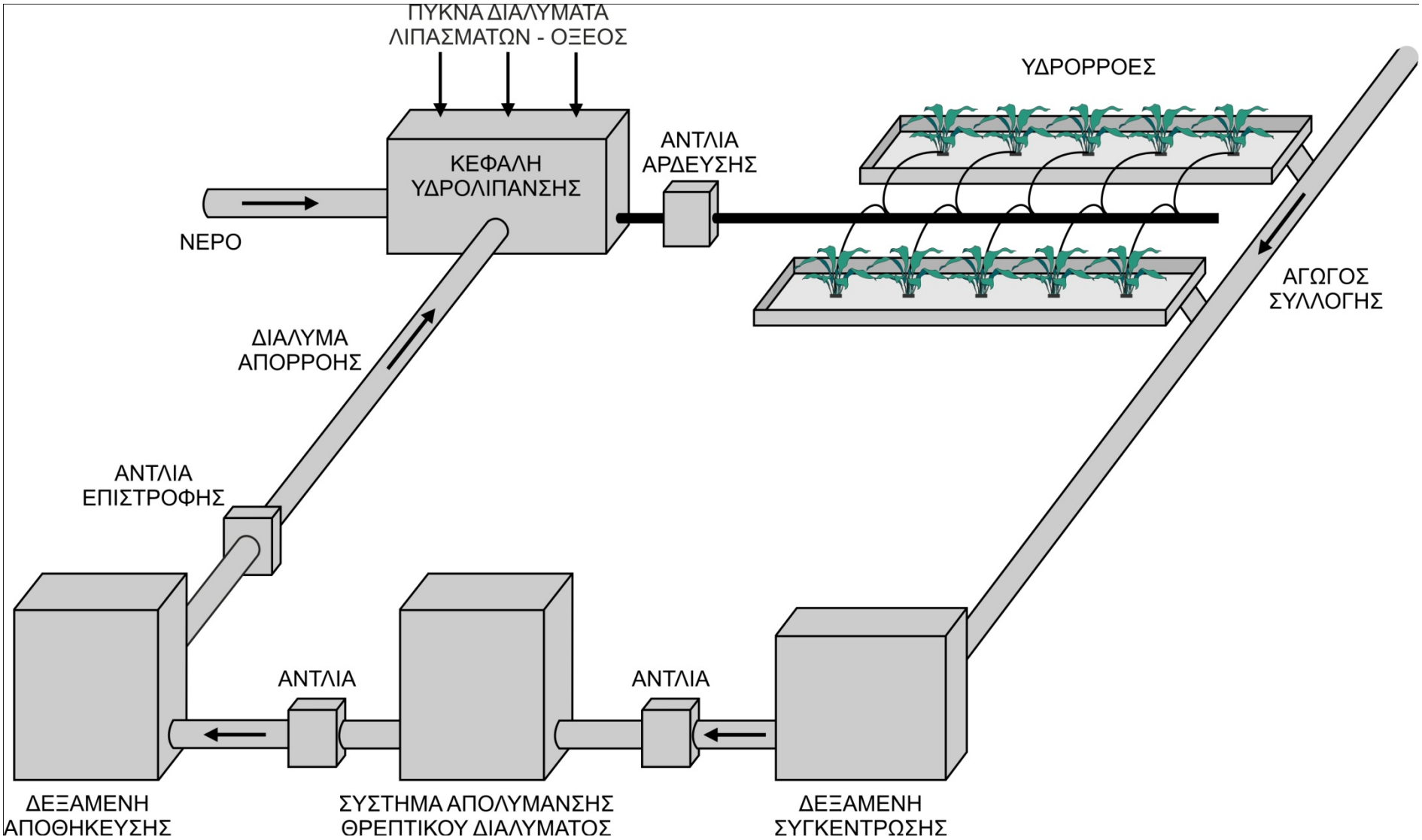
Έκταση	**1,0 ha**
Συνολικός αριθμός φυτών	**25.000**
Παροχή θρεπτικού διαλύματος ανά φυτό & ημέρα	**4 L**
Συνολική ημερήσια παροχή θρεπτικού διαλύματος	**100 m^3**
Κλάσμα απορροής	**0.3 (30%)**
Συνολικός όγκος διαλύματος απορροής που ξαναχρησιμοποιείται ανά εκτάριο & ημέρα	**30 m^3**

Ημερήσιος όγκος επαναχρησιμοποιούμενου διαλύματος απορροής σε μία καλλιέργεια τομάτας με συνεχή κυκλική κυκλοφορία του θρεπτικού διαλύματος

Έκταση	**1,0 ha**
Συνολικός αριθμός φυτών	**25.000**
Αριθμός φυτών ανά m στο κανάλι	**2,5**
Συνολικό μήκος καναλιών	**10.000 m**
Μήκος ανά κανάλι	**25 m**
Αριθμός καναλιών	**400**
Παροχή θρεπτικού διαλύματος ανά κανάλι	**3,5 lit/min***
Συνολικός όγκος θρεπτικού διαλύματος που παρέχεται στα φυτά ανά ημέρα	**2.016 m^3**

***1140 min per day**

Σχηματική απεικόνιση κλειστού συστήματος



Δυσκολίες που παρουσιάζει η ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος

- **Η σύνθεση του διαλύματος απορροής μεταβάλλεται σημαντικά σε σύγκριση με το διάλυμα τροφοδοσίας**

- **Η ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος μπορεί να οδηγήσει και σε ανακύκλωση παθογόνων**

Ορισμοί για EC

E_t : EC στο διάλυμα τροφοδοσίας

E_d : EC στο διάλυμα απορροής

E_u : EC απορρόφησης

E_m : EC στο μίγμα νερού - διαλύματος απορροής

Ορισμοί συγκεντρώσεων

C_{it} : **Συγκέντρωση στο διάλυμα τροφοδοσίας**

C_{id} : **Συγκέντρωση στο διάλυμα απορροής**

C_{iu} : **Συγκέντρωση απορρόφησης**

a : **Κλάσμα απορροής (0 - 1)**

$$C_{it} = C_{iu} + a(C_{id} - C_{iu})$$

$$\downarrow$$

$$C_{iu} = \frac{C_{it} + aC_{id}}{1 - a}$$

Τυπική σύνθεση θρεπτικού διαλύματος για αγγούρι

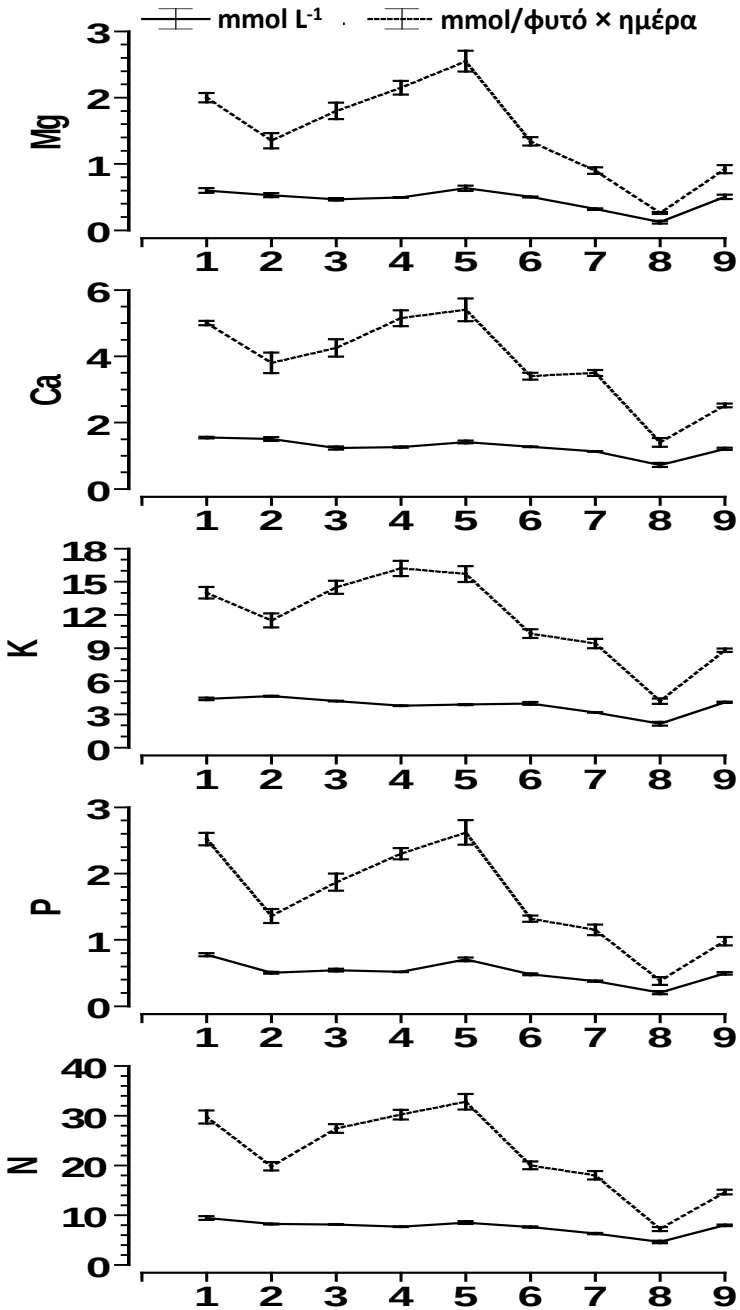
Επιθυμητά χαρακτηριστικά	Διαβροχή υποστρώματος	Βλαστικό στάδιο			Στάδιο καρποφορίας		
		Δ.Τ.	Σ.Α.	Δ.Ρ.	Δ.Τ.	Σ.Α.	Δ.Ρ.
EC	2,30	2,20	1,80	2,50	2,10	1,70	2,70
pH	5,60	5,60	-	5,60 – 6,60	5,60	-	6,00 - 6,70
$[K^+]$	5,70	5,40	5,30	6,00	5,80	6,00	5,50
$[Ca^{2+}]$	5,30	4,65	3,15	6,50	4,50	2,70	7,25
$[Mg^{2+}]$	1,65	1,60	1,10	2,00	1,40	1,00	2,00
$[NH_4^+]$	0,50	1,20	1,40	<0,60	0,60	0,80	<0,40
$[SO_4^{2-}]$	2,00	1,85	1,00	2,70	1,75	1,00	3,10
$[NO_3^-]$	14,40	13,70	11,60	15,60	13,00	10,60	16,00
$[H_2PO_4^-]$	1,20	1,20	1,10	1,20	1,20	1,10	1,10
[Fe]	20,0	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
[Mn]	12,00	10,00	10,00	6,00	10,00	10,00	5,00
[Zn]	6,00	5,00	4,00	7,00	5,00	4,00	8,00
[Cu]	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,70	0,80
[B]	45,00	30,00	30,00	80,00	30,00	25,00	80,00
[Mo]	0,50	0,50	0,50	-	0,50	0,50	-
		C_t	C_u	C_r	C_t	C_u	C_r

Συμπλήρωση θρεπτικών στοιχείων με βάση τις συγκεντρώσεις απορρόφησης
Επεξήγηση προτύπου

C_{uptake} = 3 mmol L^{-1}

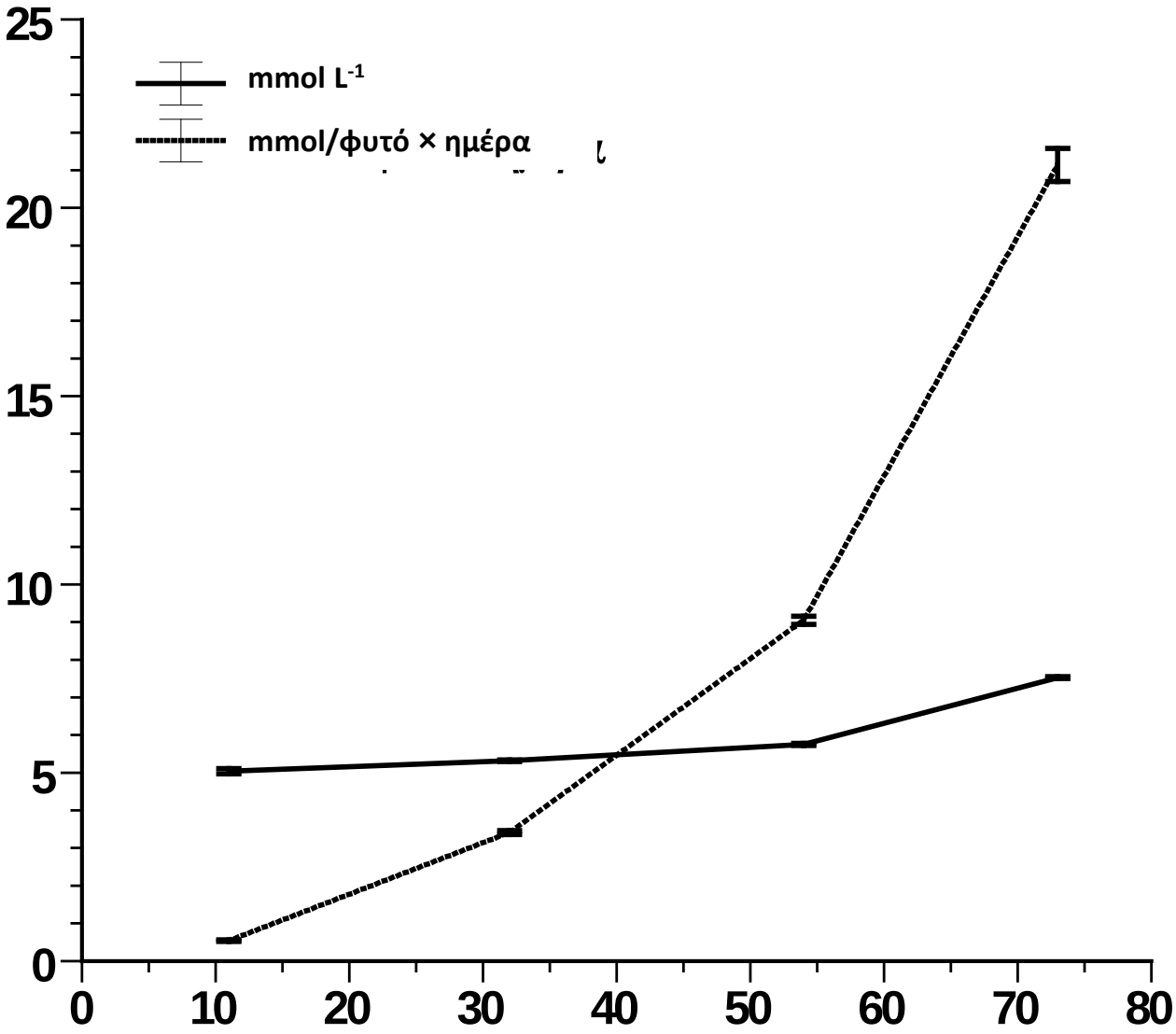
C_{input} = 3 mmol L^{-1} → C_{root} = 5 mmol L^{-1}

Συνεπώς, η συγκέντρωση στο διάλυμα συμπλήρωσης (NSCS) πρέπει να είναι ίση με την συγκέντρωση απορρόφησης



Σύγκριση συγκεντρώσεων απορρόφησης με ημερήσια πρόσληψη θρεπτικών στοιχείων σε μελιτζάνα

Σύγκριση συγκέντρωσης απορρόφησης K με ημερήσια πρόσληψη K σε τομάτα



Η κεφαλή υδρολίπανσης προηγείται του μίκτη

ΚΛΕΙΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ - ΛΙΠΑΝΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Πυκνά διαλύματα	V, m^3	A
Πυκνό διάλυμα Α	1	100
Πυκνό διάλυμα Β	1	100
Πυκνό διάλυμα οξέως	1	100
Επιλογή λιπάσματος φωσφόρου: Επιλέξτε 1 για φωσφορικό μονοκάλιο ή 2 για φωσφορικό οξύ	1	
Επιλογή λιπάσματος βορίου: Επιλέξτε 1 για βορικό οξύ, 2 για τετραβορικό νάτριο (βόρακας) ή 3 για οκταβορικό νάτριο (solubor)	2	
Επιλογή λιπάσματος μολυβδαινίου: Επιλέξτε 1 για επταμολυβδαινικό αμμώνιο ή 2 για μολυβδαινικό νάτριο	2	
Επιθυμητές τιμές K, Ca, Mg: Επιλέξτε 1 για αναλογία K:Ca:Mg (mmol/mmol) ή 2 για συγκεντρώσεις (mmol/L)	2	
Επιλέξτε 1 για εισαγωγή επιθυμητής τιμής N/K (mmol/mmol) ή 2 για επιθυμητή συγκέντρωση NO_3 (mmol/L)	2	
Επιλέξτε 1 για εισαγωγή επιθυμητής τιμής $NH_4/(NH_4+NO_3)$ (mmol/mmol) ή 2 για επιθυμητή συγκέντρωση NH_4 (mmol/L)	2	
Όταν η κεφαλή υδρολίπανσης προηγείται του μείκτη της απορροής εισάγετε 1, στην αντίθετη περίπτωση εισάγετε 2	1	

Επιθυμητά χαρακτηριστικά Θ.Δ.		
E_u *	2.00	dS/m
pH opt.	5.6	
[K]	6.300	mmol/l
[Ca]	3.200	mmol/l
[Mg]	1.500	mmol/l
[NO3]	12.000	mmol/l
[NH4]	1.600	mmol/l
$[H_2PO_4^-]$	1.300	mmol/l
$[Fe]_t$	15.00	μmol/l
$[Mn]_t$	10.00	μmol/l
$[Zn]_t$	4.00	μmol/l
$[Cu]_t$	0.80	μmol/l
$[B]_t$	20.00	μmol/l
$[Mo]_t$	0.50	μmol/l
[Si]	0.00	mmol/l
% καθαρό λίπασμα		
καθαρό HNO_3	58	(%w/w)
καθαρό H_3PO_4	85	(%w/w)
Fe σε χηλικό Fe	6.5	(%w/w)
α	0.40	
E_{au}	1.95	dS/dm
λιπάσματα (kg/δοχείο)	81.509	

Χημική σύσταση νερού		
E_w	0.26	dS/m
pH	7.38	
Ca^{2+}	0.37	mmol/l
Mg^{2+}	0.45	mmol/l
K^+	0.05	mmol/l
NH_4^+	0.00	mmol/l
Na^+	0.40	mmol/l
SO_4^{2-}	0.19	mmol/l
NO_3^-	0.05	mmol/l
$H_2PO_4^-$	0.00	mmol/l
HCO_3^-	0.90	mmol/l
Cl^-	0.76	mmol/l
Fe	0.00	μmol/l
Mn^{++}	0.00	μmol/l
Zn^{++}	0.00	μmol/l
Cu^{++}	0.00	μmol/l
B	25.93	μmol/l
Mo	0.00	μmol/l
Si	0.00	mmol/l
E_d	3.00	dS/m
Σcat_w	2.10	meq/l
Σan_w	2.09	meq/l

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Κατιόντα/ανιόντα	C.C.S	C.C.W.	C.A.F.	SO_4^{2-}	NO_3^-	$H_2PO_4^-$	HCO_3^-	Cl^-	Si
C.A.S.	17.70			3.48	12.00	1.30	0.16	0.76	0.00
C.A.W.		2.10		0.38	0.05	0.00	0.90	0.76	0.00
A.A.F.			16.35	3.10	11.95	1.30	0.00	0.00	0.00
Ca^{2+}	6.40	0.75	5.65	0.00	5.65	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg^{2+}	3.00	0.91	2.09	2.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K^+	6.30	0.05	6.25	1.01	3.94	1.30	0.00	0.00	0.00
NH_4^+	1.60	0.00	1.60	0.00	1.60	0.00	0.00	0.00	0.00
Na^+	0.40	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H^+	0.00	0.00	0.74	0.00	0.74	0.00	0.00	0.00	0.00

* Σημαντική παρατήρηση: Επιθυμητή τιμή ηλεκτρικής αγωγιμότητας (E_u) 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:	ΙΓΕ
Καλλιέργεια:	Τομάτα
Τύπος σχήματος θρέψης:	Βλαστικό στάδιο
Ημερομηνία:	6/12/2011

ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΜΑΖΕΣ ΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ

EC-στόχος για κεφαλή υδρολίπανσης	1.95	dS/m
EC-στόχος για μείκτη	2.37	dS/m
pH	5.60	

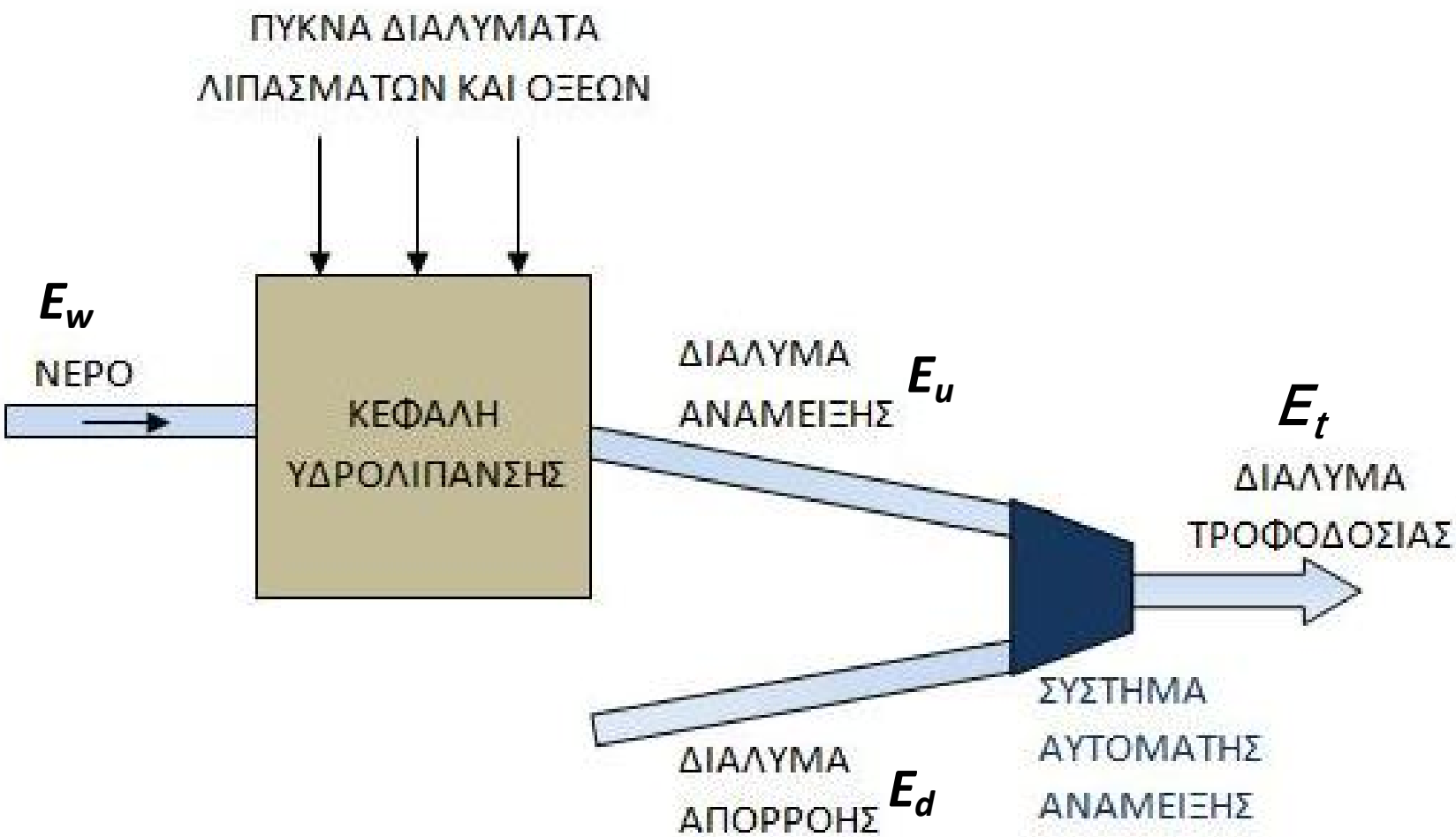
Πυκνό διάλυμα Α		1000 ΛΙΤΡΑ	
1	Νιτρικό ασβέστιο	61.068	Kg
2	Νιτρικό κάλιο	10.867	Kg
3	Νιτρικό αμμώνιο	8.284	Kg
4	Χηλικός σίδηρος	1.290	Kg

Πυκνό διάλυμα Β		1000 ΛΙΤΡΑ	
1	Νιτρικό κάλιο	28.984	Kg
2	Θειικό μαγνήσιο	25.796	Kg
3	Νιτρικό μαγνήσιο	0.000	Kg
4	Φωσφορικό μονοκάλιο	17.693	Kg
5	Θειικό κάλιο	8.777	Kg
6	Φωσφορικό οξύ	0.000	λίτρα
7	Θειικό μαγγάνιο	169	g
8	Θειικός ψευδάργυρος	115	g
9	Θειικός χαλκός	20	g
10	Βορικό οξύ	0	g
11	Βόρακας	-56	g
12	Solubor	0	g
13	Επταμολυβδαινικό αμμώνιο	0	g
14	Μολυβδαινικό νάτριο	12	g

Πυκνό διάλυμα οξέως		1000 ΛΙΤΡΑ	
1	Νιτρικό οξύ	5.653	λίτρα

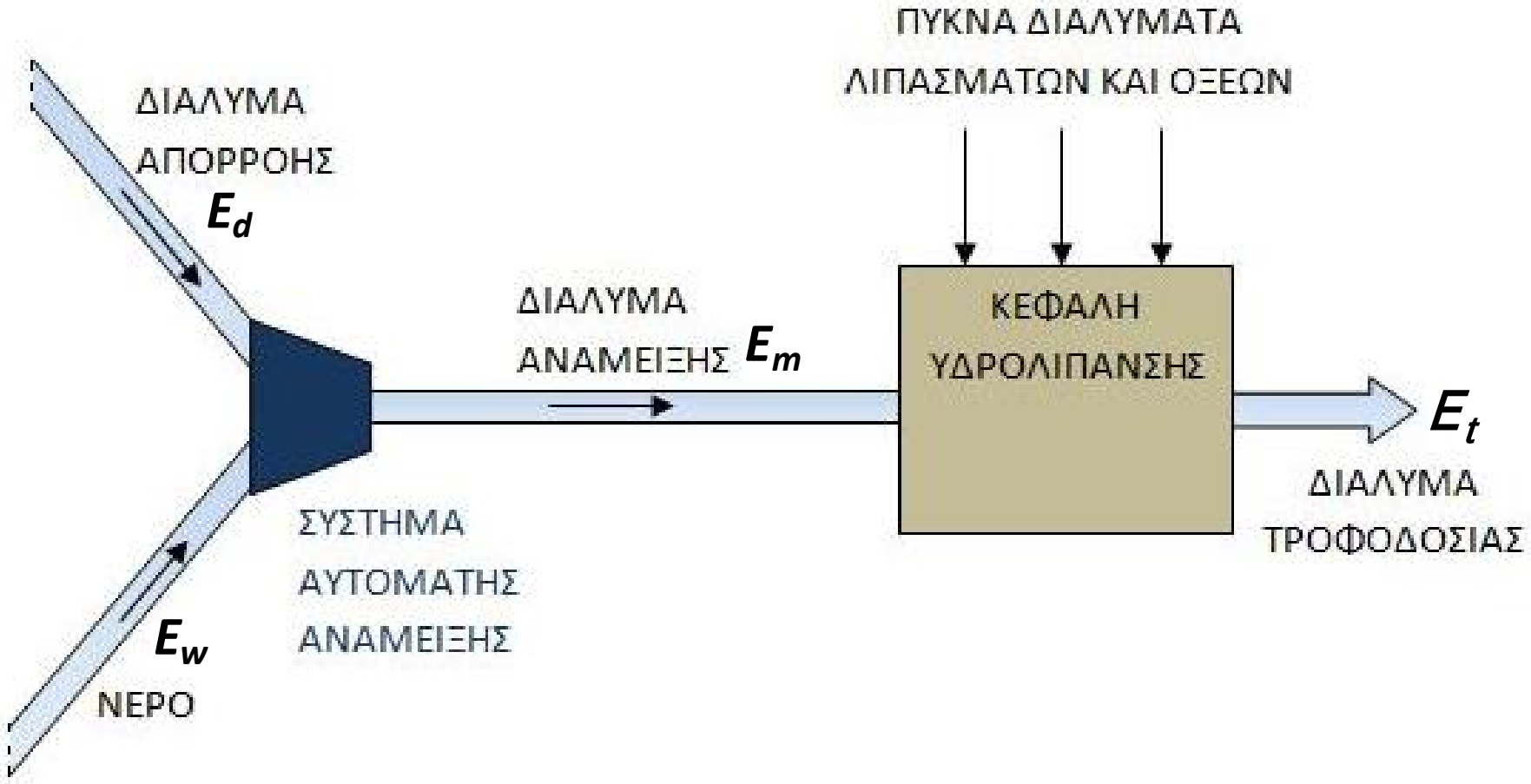
Υπολογισμοί (C_b) για προσθήκη οξέως			
$[H_3O^+]_w$		4.16869E-08	
B_w		13.03709874	
$[CO_3^{2-}]+[HCO_3^-]+[H_2CO_3]$		0.000977718	
$[H_3O^+]_{(n.s.)}$		2.51189E-06	
$B_{(n.s.)}$		1.199530213	
[K]	19.78	$\Sigma_{cation(n.s)}$	17.70
$[NH_4^+]$	120.96	$\Sigma_{anion(n.s.)}$	17.70

Ανακύκλωση με βάση τις συγκεντρώσεις απορρόφησης Κεφαλή υδρολίπανσης πριν τον μείκτη



Μίκτης διαλύματος απορροής με νερό ή θρεπτικό διάλυμα για κλειστό σύστημα (NSCS)

Ανακύκλωση με βάση τις συγκεντρώσεις απορρόφησης
Κεφαλή υδρολίπανσης μετά τον μείκτη



Αναπροσαρμογή θρεπτικού διαλύματος για κλειστό σύστημα μετά από χημικές αναλύσεις διαλύματος τροφοδοσίας & διαλύματος απορροής

$$C_{it} = C_{iu} + a(C_{id} - C_{iu})$$

$$C_{iu} = \frac{C_{it} + aC_{id}}{1 - a}$$

C_{it} **: Συγκέντρωση στο διάλυμα τροφοδοσίας (προκύπτει από μέτρηση)**

C_{id} **: Συγκέντρωση στο διάλυμα απορροής (προκύπτει από μέτρηση)**

C_{iu} **: Συγκέντρωση απορρόφησης (υπολογίζεται)**

α **: Κλάσμα απορροής (τιμή – στόχος, ρυθμίζεται με το πρόγραμμα άρδευσης)**

Αριθμητικό παράδειγμα αναπροσαρμογής C_{iu}

$$C_{iu} = \frac{C_{it} - aC_{id}}{1-a}$$

Παράδειγμα: Σε μία καλλιέργεια η συγκέντρωση Ca στο διάλυμα απορροής (C_{Cad}) βρέθηκε ότι είναι 10 mmol L^{-1}.

Η τιμή αυτή κρίνεται υπερβολικά υψηλή, οπότε πρέπει να διορθωθεί η C_{Cau}.

Η νέα τιμή της C_{Cau} υπολογίζεται με την βοήθεια της παραπάνω σχέσης μετά από εργαστηριακή μέτρηση των C_{Cat} *και* C_{cad} η οποία έδωσε τιμές ίσες με 5,5 και 10 mmol L^{-1} θέτοντας ως στόχο μία τιμή *α* = 0,3 για το κλάσμα απορροής.

C_{Cau} = *(5,5 – 0,3*10)/1-0,3 = 1,21* **mmol L^{-1}**

Η κεφαλή υδρολίπανσης προηγείται του μίκτη

ΚΛΕΙΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ - ΛΙΠΑΝΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Πυκνά διαλύματα	V, m^3	A
Πυκνό διάλυμα Α	1	100
Πυκνό διάλυμα Β	1	100
Πυκνό διάλυμα οξέως	1	100
Επιλογή λιπάσματος φωσφόρου: Επιλέξτε 1 για φωσφορικό μονοκάλιο ή 2 για φωσφορικό οξύ	1	
Επιλογή λιπάσματος βορίου: Επιλέξτε 1 για βορικό οξύ, 2 για τετραβορικό νάτριο (βόρακας) ή 3 για οκταβορικό νάτριο (solubor)	2	
Επιλογή λιπάσματος μολυβδαινίου: Επιλέξτε 1 για επταμολυβδαινικό αμμώνιο ή 2 για μολυβδαινικό νάτριο	2	
Επιθυμητές τιμές K, Ca, Mg: Επιλέξτε 1 για αναλογία K:Ca:Mg (mmol/mmol) ή 2 για συγκεντρώσεις (mmol/L)	2	
Επιλέξτε 1 για εισαγωγή επιθυμητής τιμής N/K (mmol/mmol) ή 2 για επιθυμητή συγκέντρωση NO_3 (mmol/L)	2	
Επιλέξτε 1 για εισαγωγή επιθυμητής τιμής $NH_4/(NH_4+NO_3)$ (mmol/mmol) ή 2 για επιθυμητή συγκέντρωση NH_4 (mmol/L)	2	
Όταν η κεφαλή υδρολίπανσης προηγείται του μείκτη της απορροής εισάγετε 1, στην αντίθετη περίπτωση εισάγετε 2	1	

Επιθυμητά χαρακτηριστικά Θ.Δ.		
E_u *	2.00	dS/m
pH opt.	5.6	
[K]	6.300	mmol/l
[Ca]	3.200	mmol/l
[Mg]	1.500	mmol/l
[NO3]	12.000	mmol/l
[NH4]	1.600	mmol/l
$[H_2PO_4^-]$	1.300	mmol/l
$[Fe]_t$	15.00	μmol/l
$[Mn]_t$	10.00	μmol/l
$[Zn]_t$	4.00	μmol/l
$[Cu]_t$	0.80	μmol/l
$[B]_t$	20.00	μmol/l
$[Mo]_t$	0.50	μmol/l
[Si]	0.00	mmol/l
% καθαρό λίπασμα		
καθαρό HNO_3	58	(%w/w)
καθαρό H_3PO_4	85	(%w/w)
Fe σε χηλικό Fe	6.5	(%w/w)
α	0.40	
E_{au}	1.95	dS/dm
λιπάσματα (kg/δοχείο)	81.509	

Χημική σύσταση νερού		
E_w	0.26	dS/m
pH	7.38	
Ca^{2+}	0.37	mmol/l
Mg^{2+}	0.45	mmol/l
K^+	0.05	mmol/l
NH_4^+	0.00	mmol/l
Na^+	0.40	mmol/l
SO_4^{2-}	0.19	mmol/l
NO_3^-	0.05	mmol/l
$H_2PO_4^-$	0.00	mmol/l
HCO_3^-	0.90	mmol/l
Cl^-	0.76	mmol/l
Fe	0.00	μmol/l
Mn^{++}	0.00	μmol/l
Zn^{++}	0.00	μmol/l
Cu^{++}	0.00	μmol/l
B	25.93	μmol/l
Mo	0.00	μmol/l
Si	0.00	mmol/l
E_d	3.00	dS/m
Σcat_w	2.10	meq/l
Σan_w	2.09	meq/l

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Κατιόντα/ανιόντα	C.C.S	C.C.W.	C.A.F.	SO_4^{2-}	NO_3^-	$H_2PO_4^-$	HCO_3^-	Cl^-	Si
C.A.S.	17.70			3.48	12.00	1.30	0.16	0.76	0.00
C.A.W.		2.10		0.38	0.05	0.00	0.90	0.76	0.00
A.A.F.			16.35	3.10	11.95	1.30	0.00	0.00	0.00
Ca^{2+}	6.40	0.75	5.65	0.00	5.65	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg^{2+}	3.00	0.91	2.09	2.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K^+	6.30	0.05	6.25	1.01	3.94	1.30	0.00	0.00	0.00
NH_4^+	1.60	0.00	1.60	0.00	1.60	0.00	0.00	0.00	0.00
Na^+	0.40	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H^+	0.00	0.00	0.74	0.00	0.74	0.00	0.00	0.00	0.00

* Σημαντική παρατήρηση: Επιθυμητή τιμή ηλεκτρικής αγωγιμότητας (E_u) 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:	ΙΓΕ
Καλλιέργεια:	Τομάτα
Τύπος σχήματος θρέψης:	Βλαστικό στάδιο
Ημερομηνία:	6/12/2011

ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΜΑΖΕΣ ΛΙΠΑΣΜΑΤΩΝ

EC-στόχος για κεφαλή υδρολίπανσης	1.95	dS/m
EC-στόχος για μείκτη	2.37	dS/m
pH	5.60	

Πυκνό διάλυμα Α		1000 ΛΙΤΡΑ	
1	Νιτρικό ασβέστιο	61.068	Kg
2	Νιτρικό κάλιο	10.867	Kg
3	Νιτρικό αμμώνιο	8.284	Kg
4	Χηλικός σίδηρος	1.290	Kg

Πυκνό διάλυμα Β		1000 ΛΙΤΡΑ	
1	Νιτρικό κάλιο	28.984	Kg
2	Θειικό μαγνήσιο	25.796	Kg
3	Νιτρικό μαγνήσιο	0.000	Kg
4	Φωσφορικό μονοκάλιο	17.693	Kg
5	Θειικό κάλιο	8.777	Kg
6	Φωσφορικό οξύ	0.000	λίτρα
7	Θειικό μαγγάνιο	169	g
8	Θειικός ψευδάργυρος	115	g
9	Θειικός χαλκός	20	g
10	Βορικό οξύ	0	g
11	Βόρακας	-56	g
12	Solubor	0	g
13	Επταμολυβδαινικό αμμώνιο	0	g
14	Μολυβδαινικό νάτριο	12	g

Πυκνό διάλυμα οξέως		1000 ΛΙΤΡΑ	
1	Νιτρικό οξύ	5.653	λίτρα

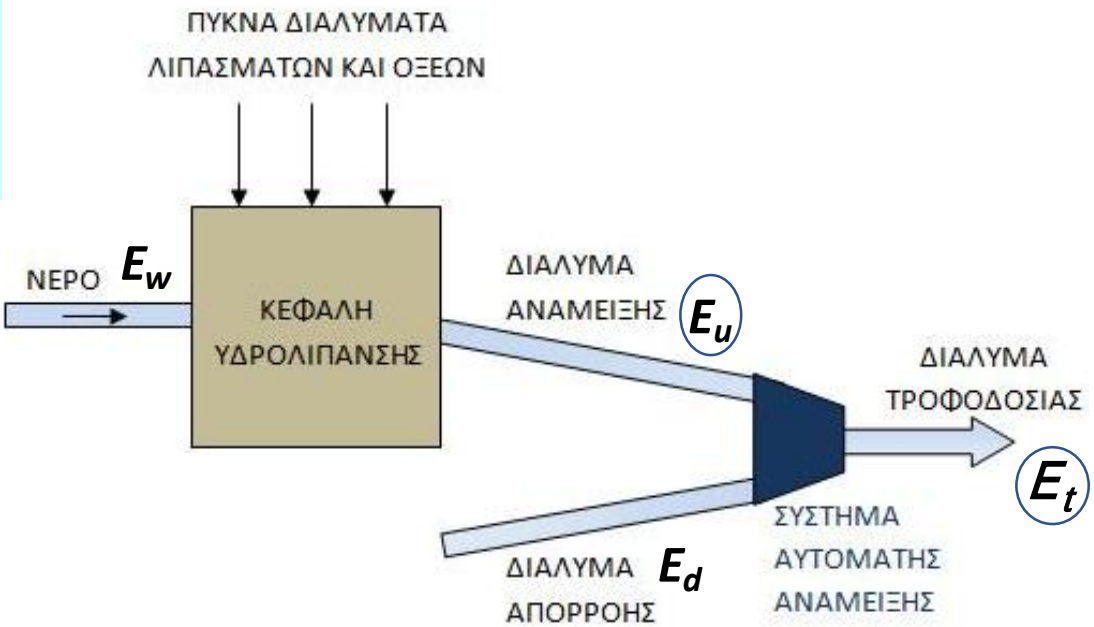
Υπολογισμοί (C_b) για προσθήκη οξέως			
$[H_3O^+]_w$		4.16869E-08	
B_w		13.03709874	
$[CO_3^{2-}]+[HCO_3^-]+[H_2CO_3]$		0.000977718	
$[H_3O^+]_{(n.s.)}$		2.51189E-06	
$B_{(n.s.)}$		1.199530213	
[K]	19.78	$\Sigma_{cation(n.s)}$	17.70
$[NH_4^+]$	120.96	$\Sigma_{anion(n.s.)}$	17.70

Υπολογισμός του E_u και του E_t όταν η κεφαλή υδρολίπανσης βρίσκεται πριν τον μίκτη

$$E_u = \frac{C_{tu} + 1.462}{9.819}$$

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

$$C_{tu} = \sum C_{i^+u}$$



Η κεφαλή υδρολίπανσης συνδέεται μετά τον μίκτη

ΚΛΕΙΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ - ΛΙΠΑΝΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΔΙΑΛΥΜΑ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Πυκνά διαλύματα	V, m^3	A
Πυκνό διάλυμα Α	1	100
Πυκνό διάλυμα Β	1	100
Πυκνό διάλυμα οξέως	1	100
Επιλογή λιπάσματος φωσφόρου: Επιλέξτε 1 για φωσφορικό μονοκάλιο ή 2 για φωσφορικό οξύ	1	
Επιλογή λιπάσματος βορίου: Επιλέξτε 1 για βορικό οξύ, 2 για τετραβορικό νάτριο (βόρακας) ή 3 για οκταβορικό νάτριο (solubor)	2	
Επιλογή λιπάσματος μολυβδαινίου: Επιλέξτε 1 για επταμολυβδαινικό αμμώνιο ή 2 για μολυβδαινικό νάτριο	2	
Επιθυμητές πμές K, Ca, Mg: Επιλέξτε 1 για αναλογία K:Ca:Mg (mmol/mmol) ή 2 για συγκεντρώσεις (mmol/L)	2	
Επιλέξτε 1 για εισαγωγή επιθυμητής πμής N/K (mmol/mmol) ή 2 για επιθυμητή συγκέντρωση NO_3 (mmol/L)	2	
Επιλέξτε 1 για εισαγωγή επιθυμητής πμής $NH_4/(NH_4+NO_3)$ (mmol/mmol) ή 2 για επιθυμητή συγκέντρωση NH_4 (mmol/L)	2	
pH_m	7.08	

Επιθυμητά χαρακτηριστικά Θ.Δ.		
E_t *	2.00	dS/m
pH opt.	5.6	
[K]	4.500	mmol/l
[Ca]	4.000	mmol/l
[Mg]	1.500	mmol/l
[NO3]	11.500	mmol/l
[NH4]	1.000	mmol/l
$[H_2PO_4^-]$	1.000	mmol/l
$[Fe]_t$	30.00	μmol/l
$[Mn]_t$	8.00	μmol/l
$[Zn]_t$	5.00	μmol/l
$[Cu]_t$	0.80	μmol/l
$[B]_t$	25.00	μmol/l
$[Mo]_t$	0.50	μmol/l
[Si]	0.00	mmol/l
%καθαρό λίπασμα		
καθαρό HNO_3	58	(%w/w)
καθαρό H_3PO_4	85	(%w/w)
Fe σε χηλικό Fe	6.5	(%w/w)
E_r	2.30	
α	0.20	
λιπάσματα (kg/δοχείο)	44.264	

Μέγεθος	Νερό	Απορροή	
EC	0.70	2.40	dS/m
pH	7.3	6.20	
Ca^{2+}	2.00	5.50	mmol/l
Mg^{2+}	0.50	3.00	mmol/l
K^+	0.00	4.40	mmol/l
NH_4^+	0.00	0.10	mmol/l
Na^+	1.90	2.50	mmol/l
SO_4^{2-}	0.50	3.00	mmol/l
NO_3^-	0.00	13.80	mmol/l
$H_2PO_4^-$	0.00	1.10	mmol/l
HCO_3^-	3.60	0.80	mmol/l
Cl^-	2.30	2.30	mmol/l
Fe	0.00	18.00	μmol/l
Mn^{++}	0.00	4.00	μmol/l
Zn^{++}	2.50	7.00	μmol/l
Cu^{++}	0.00	1.00	μmol/l
B	0.00	30.00	μmol/l
Mo	0.00	0.50	μmol/l
Si	0.00	0.00	mmol/l
Σcat_w	6.90	24.00	meq/l
Σan_w	6.90	24.00	meq/l
$E_{t(actual)}$	2.04	dS/m	

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Κατιόντα/ανιόντα	C.C.S	C.C.W.	C.A.F.	SO_4^{2-}	NO_3^-	$H_2PO_4^-$	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_u) 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 Α		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 Β		1000 ΛΙΤΡΑ	
1	Νιτρικό κάλιο	20.669	Kg
2	Θειικό μαγνήσιο	12.315	Kg
3	Νιτρικό μαγνήσιο	0.000	Kg
4	Φωσφορικό μονοκάλιο	10.616	Kg
5	Θειικό κάλιο	0.187	Kg
6	Φωσφορικό οξύ	0.000	λίτρα
7	Θειικό μαγγάνιο	135	g
8	Θειικός ψευδάργυρος	72	g
9	Θειικός 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

$[H_3O^+]_m$		8.31764E-08	
B_m		7.029226641	
$[CO_3^{2-}]+[HCO_3^-]+[H_2CO_3]$		0.004199621	
$[H_3O^+]_{(n.s.)}$		2.51189E-06	
$B_{(n.s.)}$		1.199530213	
[K]	#DIV/0!	$\Sigma_{cation(n.s)}$	18.52
$[NH_4^+]$	51.75	$\Sigma_{anion(n.s.)}$	18.52

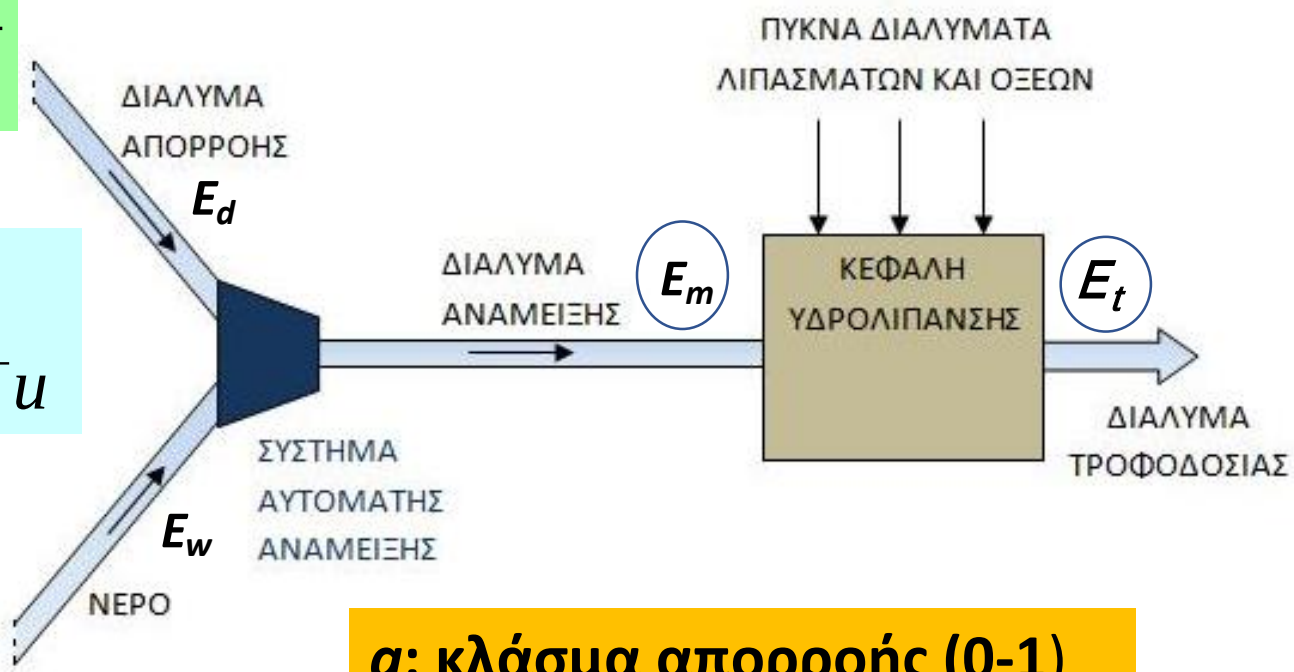
Υπολογισμός του E_m και του E_t όταν η κεφαλή υδρολίπανσης συνδέεται μετά τον μείκτη

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

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

$$E_u = \frac{C_{tu} + 1.462}{9.819}$$

$$C_{tu} = \sum C_{i^+u}$$



***a*: κλάσμα απορροής (0-1)**

Το πρόβλημα της συσσώρευσης αλάτων στα κλειστά υδροπονικά συστήματα

Σύστημα αφαλάτωσης μέσω αντίστροφης ώσμωσης

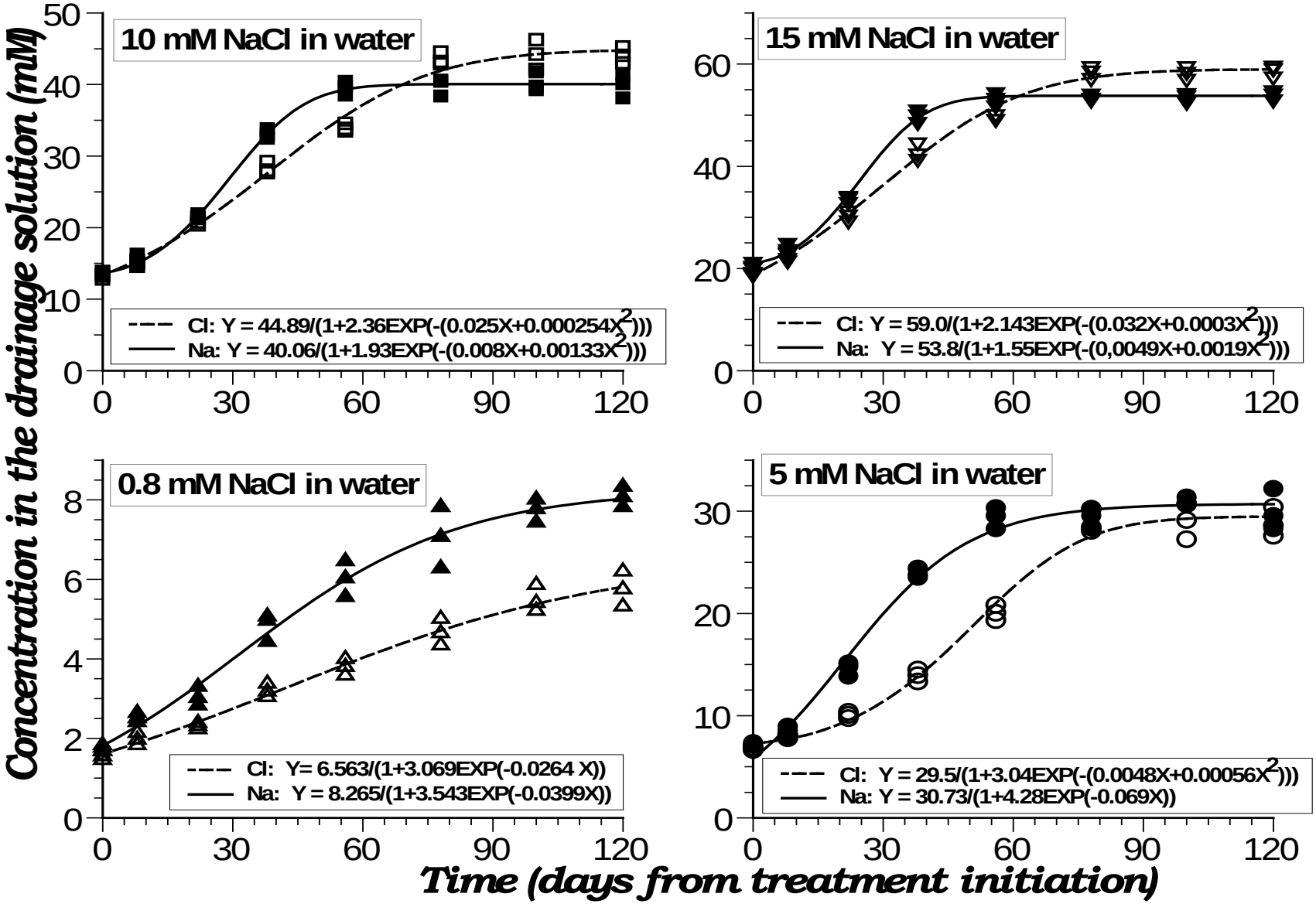
Αντιμετώπιση προβλήματος συσσώρευσης αλάτων

Ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από ευφυή ολοκληρωμένα συστήματα αυτοματοποιημένης διαχείρισης με στόχο:

- **πρόβλεψη ρυθμού συσσώρευσης αλάτων,**
- **αυτόματη διόρθωση προκαθορισμέ-νων επιθυμητών τιμών (EC, pH, αναλογίες προσθήκης θρεπτικών στοιχείων),**
- **Αυτόματη απόρριψη διαλύματος απορροής όταν η συγκέντρωση αλάτων στο σύστημα υπερβεί το όριο ανοχής.**

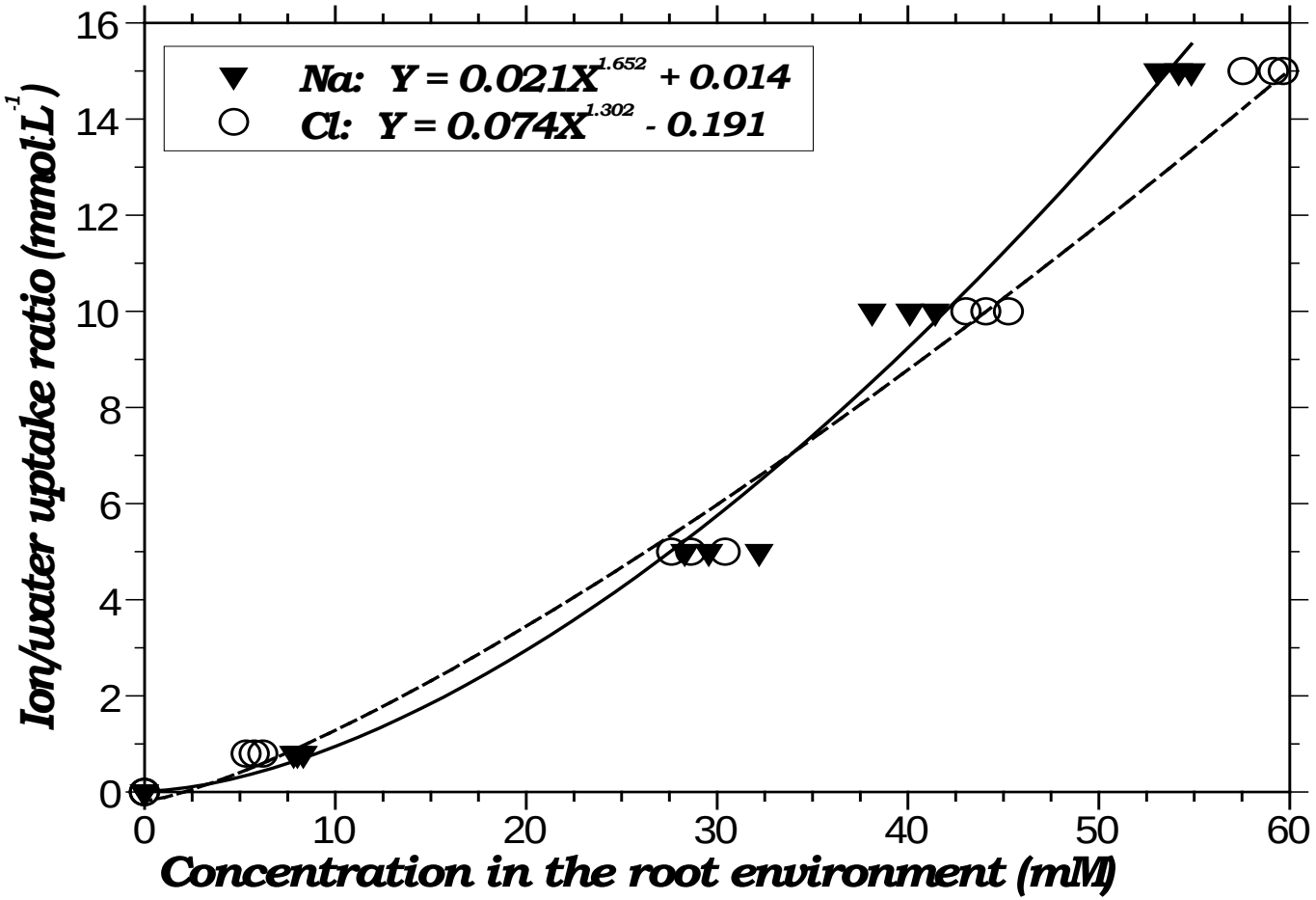
Συσσώρευση Na σε υδροπονική καλλιέργεια αγγουριού οφειλόμενη στην ανακύκλωση των απορροών.

(Savvas et al., Europ. J. Hort Sci. 2005, 70: 217-223).

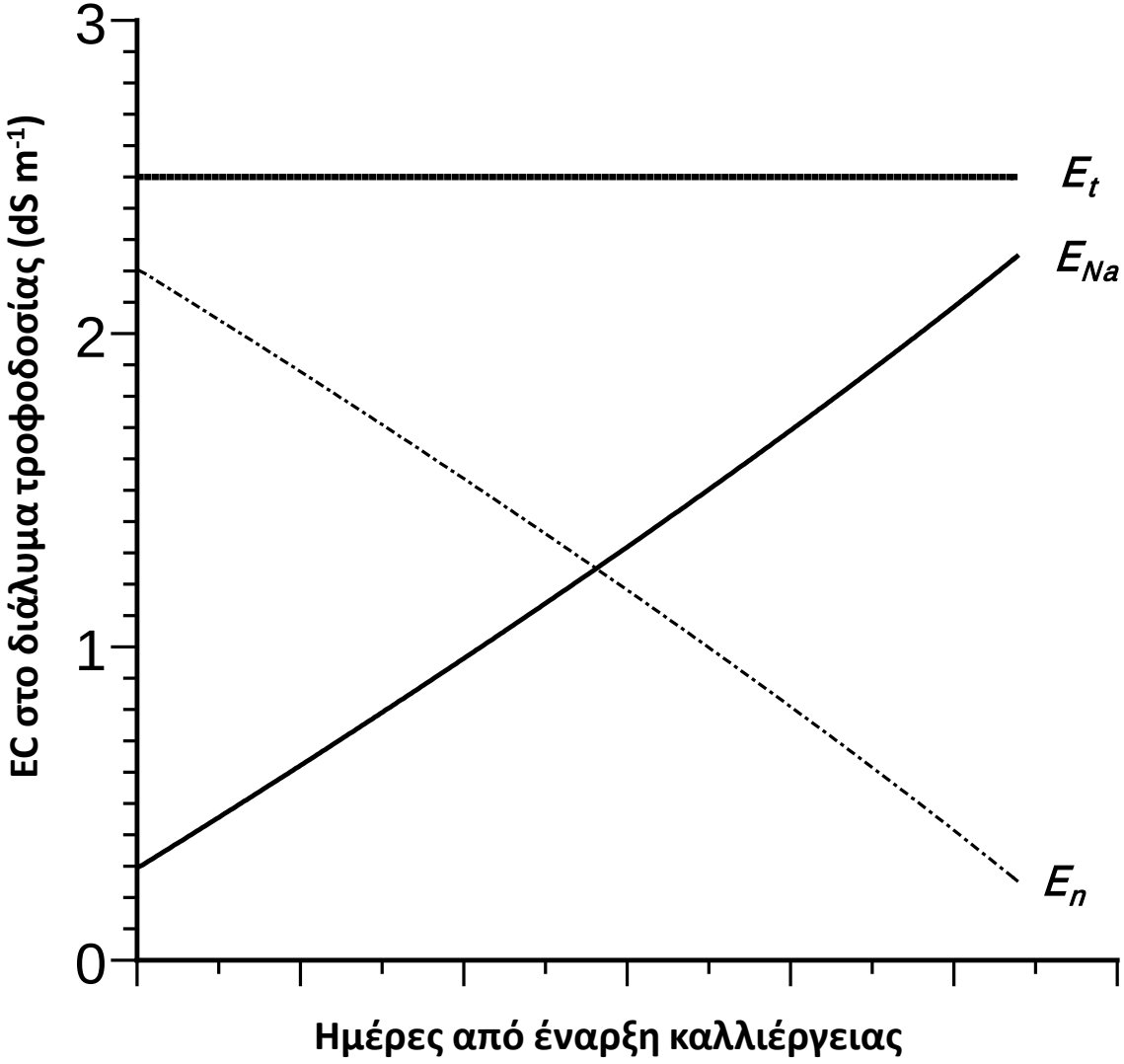


Μεταβολές στις συγκεντρώσεις απορρόφησης Na και Cl σε υδροπονική καλλιέργεια αγγουριού σε συνάρτηση με τις συγκεντρώσεις Na και Cl στο περιβάλλον της ρίζας

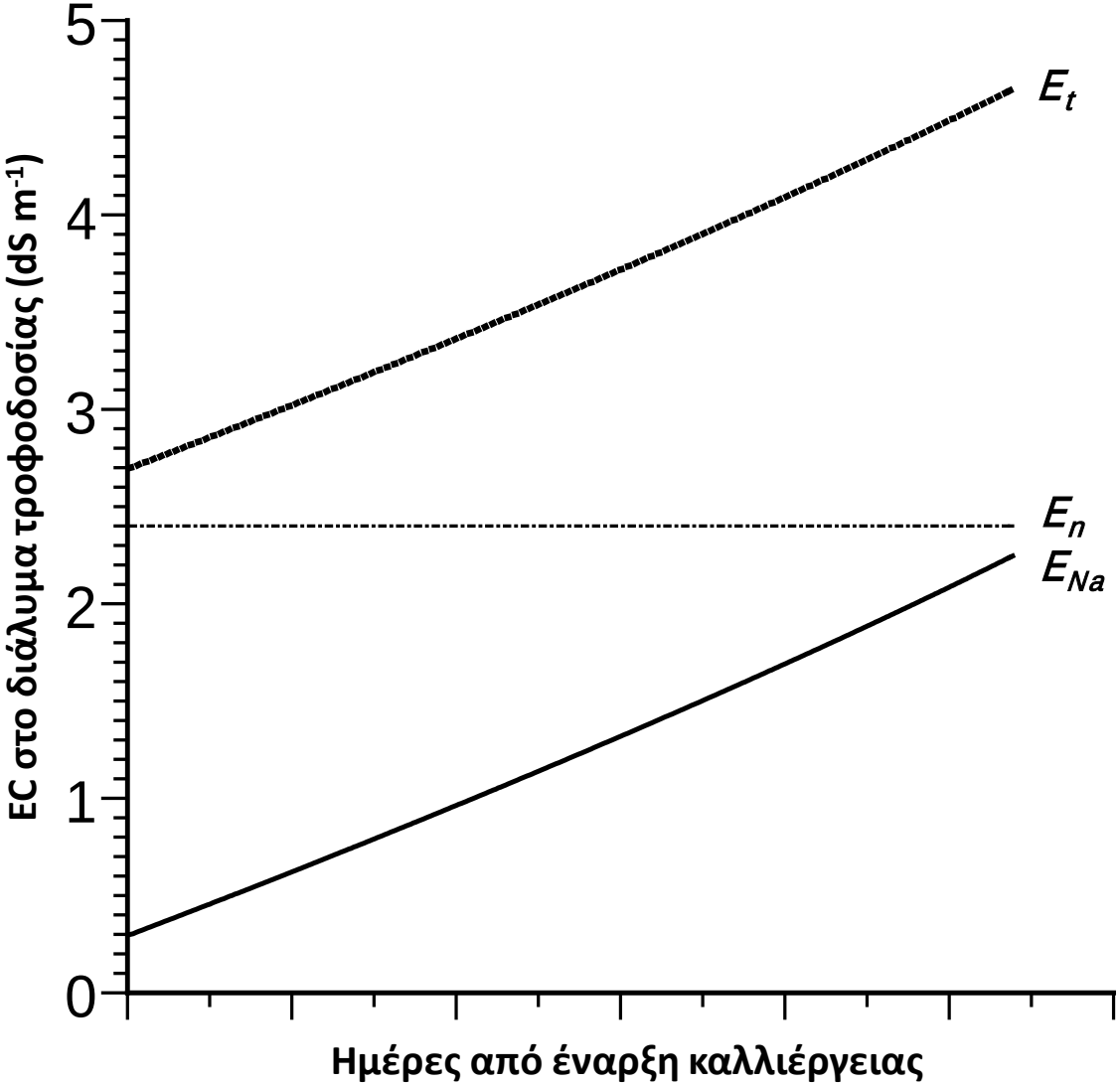
Savvas et al., Europ. J. Hort Sci., 2005, 70: 217-223.



Διαχείριση ανακύκλωσης
Στρατηγική Ι



Διαχείριση ανακύκλωσης
Στρατηγική ΙΙ

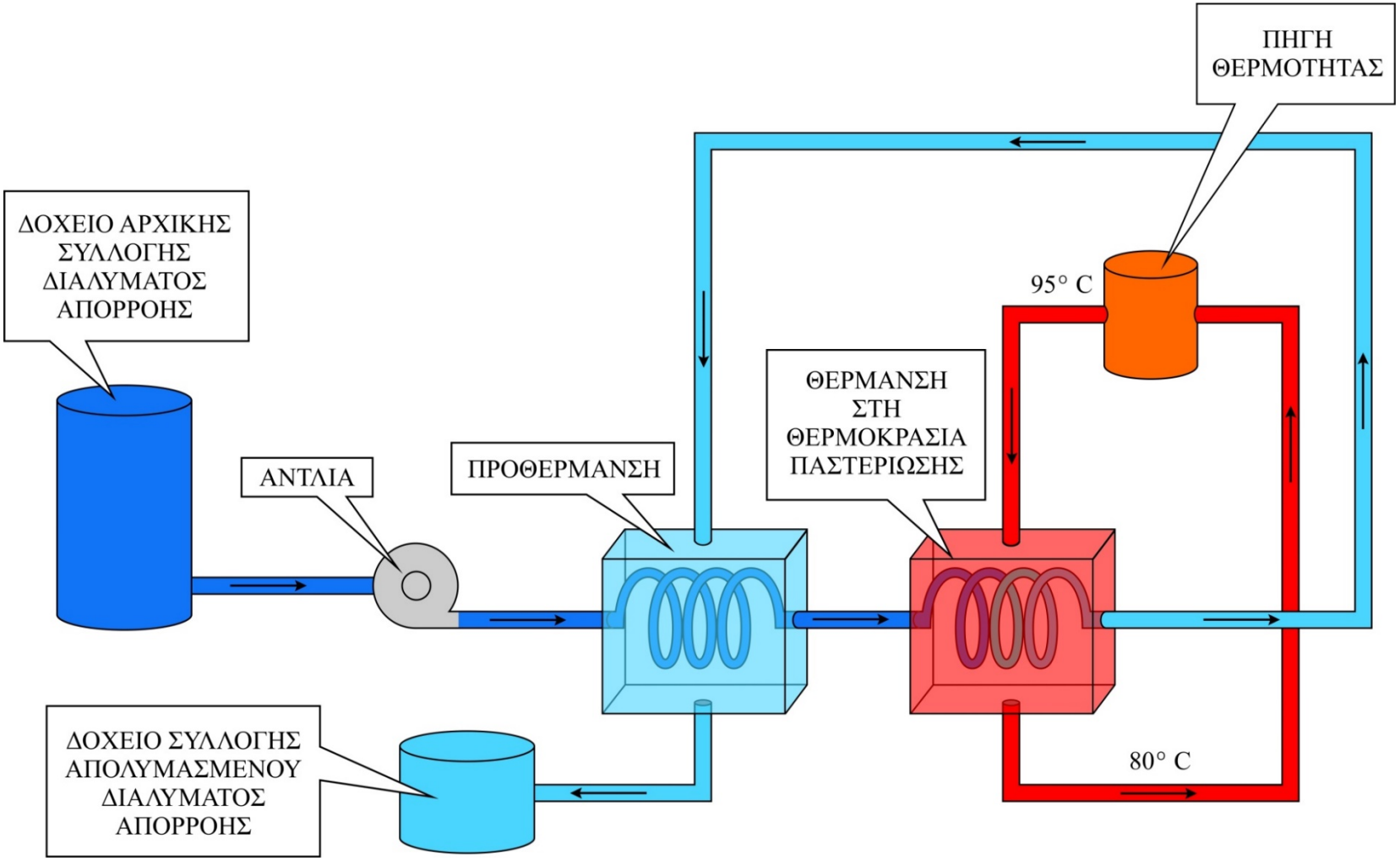


ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗΣ ΑΝΑΚΥΚΛΟΥΜΕΝΟΥ ΘΡΕΠΤΙΚΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

Παστερίωση μέσω θέρμανσης

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
• Πολύ αποτελεσματικό έναντι όλων των παθογόνων. • Σχετικά απλή τεχνολογία. • Δεν προκαλεί φυτοτοξικότητα. • Μπορεί να υποστηριχθεί από το σύστημα κεντρικής θέρμανσης στη διάρκεια του χειμώνα.	Το κόστος των καυσίμων για την αύξηση της θερμοκρασίας στα απαιτούμενα επίπεδα είναι υψηλό.

Σχηματική απεικόνιση ενός συστήματος παστερίωσης του Δ.Α.



Απολύμανση μέσω φίλτρων υπεριώδους ακτινοβολίας (UV)

- **Το δραστικό εύρος του φάσματος της υπεριώδους ακτινοβολίας είναι το UVc (200 – 280 nm).**

- **Μικροβιοκτόνο δράση έχει το φάσμα μεταξύ 200 και 315 nm με πλέον δραστική την περιοχή κοντά στα 260 nm.**

- **Η ακτινοβολία UVc εξοντώνει τα παθογόνα μέσω μίας φωτοχημικής αντίδρασης η οποία αποδιοργανώνει τα νουκλεοξέα**

Εγκατάσταση απολύμανσης μέσω UV ακτινοβολίας

Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα απολύμανσης με φίλτρα UV ακτινοβολίας

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Όταν εφαρμόζεται επαρκής δόση, η ακτινοβολία UV σκοτώνει όλα τα παθογόνα	• **Ο χηλικός σίδηρος οξειδώνεται, οπότε δεν ανακυκλώνεαι.** • **Εναποθέσεις στερεών συστατικών πάνω στην κρυσταλλική επιφάνεια της λυχνίας ελαττώνουν την διαπερατότητά της στην εκπεμπόμενη ακτινοβολία UV.** • **Το λειτουργικό κόστος των λυχνιών UV είναι σχετικά υψηλό.** • **Οι λυχνίες UV έχουν προκαθο-ρισμένη διάρκεια ζωής.**

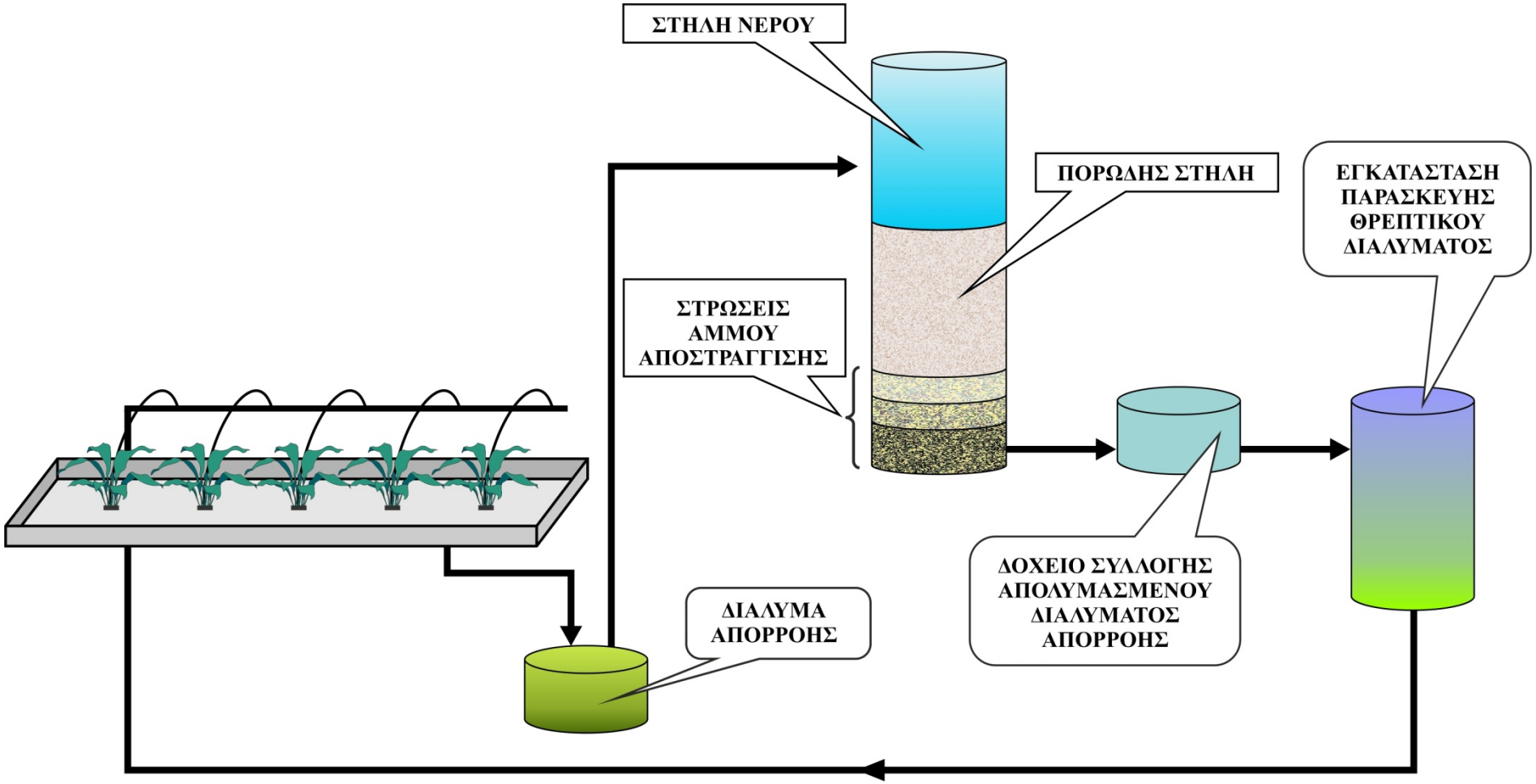
Αργή διήθηση μέσω άμμου

Φίλτρο άμμου

Ανώτερη επιφάνεια φίλτρου άμμου

Άποψη φίλτρου άμμου από τα πλάγια

Σχηματική απεικόνιση ενός φίλτρου αργής διήθησης



Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα φίλτρων άμμου

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
• Σχετικά απλή τεχνολογία • Δεν παρουσιάζει δύσκολες και συχνές βλάβες • Έχει μικρό κόστος λειτουργίας • Βασίζεται κυρίως στην μικροχλωρίδα που αναπτύσσεται πάνω από και μέσα στην κύρια στήλη και συνεπώς είναι η πλέον φιλική στο περιβάλλον. • Το διάλυμα απορροής, καθώς διηθείται, καθαρίζει και από αιωρούμενα σωματίδια.	• Η αποτελεσματικότητά τους ενάντια στο φουζάριο και μερικούς ακόμη φυτοπαθογόνους μύκητες δεν είναι πλήρης. • Απαιτείται η χρήση άμμου ή άλλων πορωδών υλικών κατάλληλης κοκκομετρίας. • Απαιτείται σχετικά μεγάλη επιφάνεια για την εγκατάσταση φίλτρων άμμου.

Χημική απολύμανση θρεπτικού διαλύματος

Όζον

- Η τριατομική μορφή του οξυγόνου έχει υψηλό ενεργειακό περιεχόμενο, με συνέπεια να είναι χημικά ασταθής και να τείνει να οξειδωθεί σε διατομικό οξυγόνο, απελευθερώνοντας σημαντικές ποσότητες χημικής ενέργειας.

- Η χημική ενέργεια που απελευθερώνει η διάσπαση του όζοντος προκαλεί σημαντικές μεταβολές στις οργανικές ενώσεις που βρίσκονται στο περιβάλλον του, με συνέπεια να προκαλεί μη αντιστρεπτές βλάβες στους μικροοργανισμούς.

- Η απαιτούμενη δόση O_3 για την απολύμανση του διαλύματος απορροής σε κλειστά υδροπονικά συστήματα ανέρχεται σε 10 - 20 ppm για χρόνο έκθεσης 60 min.

- Η μεγαλύτερη τιμή είναι αναγκαία όταν η απολύμανση με O_3 αποσκοπεί και στην προστασία έναντι παθογόνων νηματωδών και ιών όπως ο ToMV.

Υπεροξείδιο του υδρογόνου

Το υπεροξείδιο του υδρογόνου (H_2O_2) είναι μία χημικά ασταθής ένωση η οποία διασπάται σε νερό και σε μία ελεύθερη ρίζα οξυγόνου (O^-).

Η ρίζα (O^-) οξειδώνει κάθε οργανική ένωση στο περιβάλλον της, με συνέπεια να αποδιοργανώνει και να θανατώνει άμεσα τους μικροοργανισμούς.

Η εφαρμογή του H_2O_2 στο θρεπτικό διάλυμα πρέπει να συνοδεύεται και από κάποιο ασθενές οργανικό οξύ (π.χ. βενζοϊκό, μυρμηκικό ή οξικό οξύ) που δρα ως ενεργοποιητής.

Το *Pythium* απαιτεί 50 ppm H_2O_2 για 5 min ενώ το *Fusarium* απαιτεί έκθεση σε 100 ppm H_2O_2 για 5 min για να θανατωθεί πλήρως.
Η εξουδετέρωση του ToMV απαιτεί 400 ppm H_2O_2.

Νηματώδεις όπως ο *Radopholus similis* απαιτούν έκθεση σε 200 ppm για 24 ώρες.
Συγκεντρώσεις H_2O_2 πάνω από το επίπεδο των 100 ppm προκαλεί φυτοτοξικότητα.

Χλώριο

Η δραστική μορφή του Cl είναι η υποχλωριώδης ρίζα (ClO^-) η οποία σε pH πάνω από 5,5 διασπάται σε Cl^- και $O^{\bullet}$.

Το $O^{\cdot}$ που προκύπτει από αυτή την διάσπαση ασκεί έντονη οξειδωτική δράση στις οργανικές ενώσεις με τις οποίες έρχεται σε επαφή, με συνέπεια να αποδιοργανώνει τα κύτταρα των φυτοπαθογόνων οργανισμών.

Συγκεντρώσεις Cl^- μεταξύ 2,5 και 5 ppm είναι επαρκείς για την πλήρη εξόντωση διαφόρων ειδών *Pythium*, και βακτηρίων του γένους *Pseudomonas, Phytophthora* και νηματωδών.

Η αποτελεσματικότητα της χλωρίωσης ενάντια στους ιούς δεν φαίνεται να είναι ικανοποιητική.

Συγκεντρώσεις χλωρίου μεγαλύτερες από 5 ppm έχουν προκαλέσει φυτοτοξικότητα σε τομάτες, αγγούρια και πιπεριές.

Ο κίνδυνος φυτοτοξικότητας μετά από εφαρμογή χλωρίνης αυξάνεται σε συνθήκες υψηλών θερμοκρασιών.