



ΘΡΕΨΗ – ΛΙΠΑΝΣΗ ΦΥΤΩΝ ΣΤΙΣ ΕΚΤΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ (ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ)

Δημήτρης Σάββας
Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Εργαστήριο Κηπευτικών Καλλιεργειών



Λίπανση υδροπονικών καλλιεργειών

- Η λίπανση των υδροπονικών καλλιεργειών βασίζεται στην παροχή θρεπτικού διαλύματος πλήρους σύνθεσης
- Η σύνθεση του θρεπτικού διαλύματος σε ανόργανα θρεπτικά στοιχεία είναι το βασικό εργαλείο ρύθμισης της θρέψης των φυτών στις καλλιέργειες εκτός εδάφους



Θρεπτικό διάλυμα

- Είναι ένα αραιό υδατικό διάλυμα όλων των θρεπτικών στοιχείων που είναι απαραίτητα για τα φυτά, τα οποία βρίσκονται διαλυμένα στο νερό:
 - είτε ως ιόντα ανόργανων αλάτων
 - είτε ως ευδιάλυτες ανόργανες χημικές ενώσεις
 - είτε ως ευδιάλυτες οργανικές χημικές ενώσεις.

Ιδιότητες θρεπτικών διαλυμάτων

- Ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC)
- pH
- Αναλογίες μεταξύ των κύριων θρεπτικών στοιχείων
- Συγκεντρώσεις ιχνοστοιχείων



Ηλεκτρική Αγωγιμότητα (EC)

- Η ικανότητα ενός υδατικού διαλύματος να μεταφέρει ηλεκτρικό ρεύμα οφείλεται στην παρουσία ιόντων.
- Συνεπώς όσο πιο πολλά ιόντα είναι διαλυμένα στο νερό τόσο μεγαλύτερη είναι η ικανότητά του να μεταφέρει ηλεκτρικό ρεύμα.
- Συνεπώς, η EC είναι ανάλογη της συνολικής συγκέντρωσης ιόντων στο διάλυμα.
- Όμως, η EC δεν μας δίνει πληροφορίες για το είδος των ιόντων (K^+ , Na^+ , SO_4^{2-} , κ.λπ.) που περιέχονται στο υδατικό διάλυμα.

Ηλεκτρική Αγωγιμότητα (EC)

Η EC μπορεί να μετρηθεί εύκολα και γρήγορα στο θερμοκήπιο με την βοήθεια εύχρηστων, φορητών οργάνων.

Γι' αυτό, η μέτρηση της EC χρησιμοποιείται ευρύτατα για τον γρήγορο προσδιορισμό της συνολικής συγκέντρωσης αλάτων σε θρεπτικά διαλύματα.



To pH

Ένας αριθμός που εκφράζει την συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου (H_3O^+) σε ένα θρεπτικό διάλυμα σε λογαριθμική κλίμακα (1 – 14).

Το pH ενός θρεπτικού διαλύματος είναι πολύ σημαντικό για την θρέψη των φυτών γιατί επηρεάζει τις χημικές ισορροπίες μεταξύ διαφόρων ιόντων και χημικών ενώσεων στο θρεπτικό διάλυμα

Κατά συνέπεια, το pH καθορίζει την διαλυτότητα και επομένως την διαθεσιμότητα πολλών θρεπτικών στοιχείων για τα φυτά.





Μορφές θρεπτικών στοιχείων στα θρεπτικά διαλύματα

Μακροστοιχείο	Χημική μορφή	Ιχνοστοιχείο	Χημική μορφή
άζωτο (N)	NO_3^- , NH_4^+	σίδηρος (Fe)	Fe^{2+}
φώσφορος (P)	H_2PO_4^-	μαγγάνιο (Mn)	Mn^{2+}
θείο (S)	SO_4^{2-}	ψευδάργυρος (Zn)	Zn^{2+}
κάλιο (K)	K^+	χαλκός (Cu)	Cu^{2+}
ασβέστιο (Ca)	Ca^{2+}	βόριο (B)	H_3BO_3
μαγνήσιο (Mg)	Mg^{2+}	μολυβδαίνιο (Mo)	MoO_4^{2-}

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 ₂ PO 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

Παρασκευή & παροχή θρεπτικού διαλύματος στα φυτά (I)

- Για να αποφευχθεί η συχνή παρασκευή θρεπτικού διαλύματος, παρασκευάζονται πυκνά διαλύματα (συνήθως 100-200 φορές συμπυκνωμένα).
- Τα πυκνά διαλύματα (μητρικά διαλύματα) αραιώνονται σε μία καθορισμένη αναλογία με νερό άρδευσης μέσω κατάλληλου εξοπλισμού (δοσομετρητής), οπότε προκύπτει το διάλυμα τροφοδοσίας των φυτών.
- Συνήθως υπάρχει και ένα τρίτο μητρικό διάλυμα με οξύ (συνήθως HNO_3) για έλεγχο pH του διαλύματος.

Παρασκευή & παροχή θρεπτικού διαλύματος στα φυτά (II)

Πρέπει απαραίτητα να χρησιμοποιούνται δύο τουλάχιστον δοχεία πυκνών διαλυμάτων, γιατί το νιτρικό ασβέστιο δεν μπορεί να τοποθετηθεί στο ίδιο δοχείο με φωσφορικά και θειικά λιπάσματα.

Τοποθέτηση στο ίδιο δοχείο θα οδηγούσε σε καταβύθιση $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ και CaSO_4 λόγω της χαμηλής διαλυτότητας αυτών των αλάτων



Παρασκευή & παροχή θρεπτικού διαλύματος στα φυτά (III)

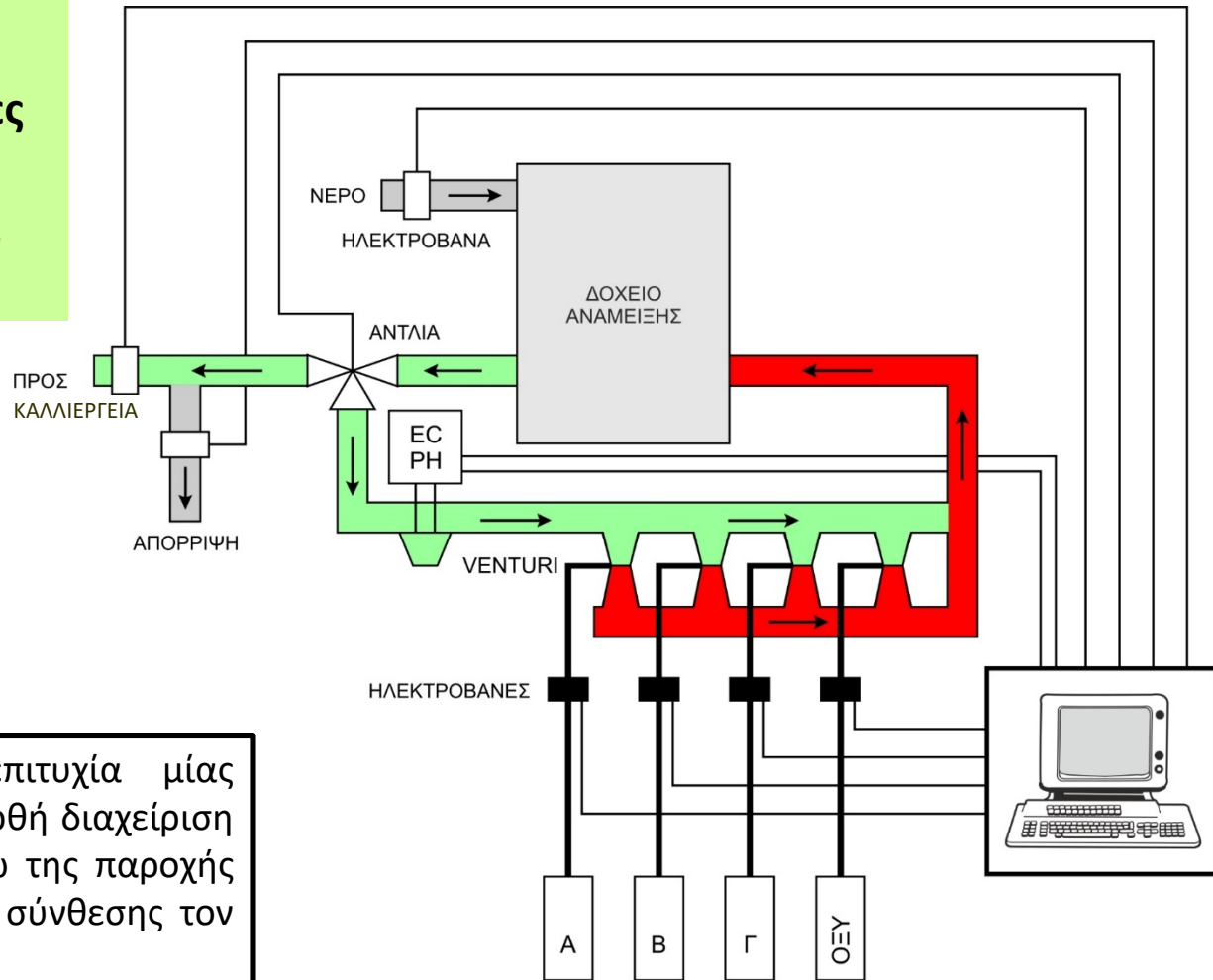


Πυκνά διαλύματα Α, Β και οξέως

Πλήρως αυτοματοποιημένη εγκατάσταση για παρασκευή και
διανομή θρεπτικού διαλύματος με ξεχωριστό δοχείο πυκνού
διαλύματος για κάθε λίπασμα



Σχηματική απεικόνιση τρόπου λειτουργίας μίας κεφαλής υδρολίπανσης για υδροπονικές καλλιέργειες η οποία περιλαμβάνει κάδο ανάμειξης πυκνών διαλυμάτων με νερό.



Βασική προϋπόθεση για την επιτυχία μίας υδροπονικής καλλιέργειας είναι η ορθή διαχείριση της θρέψης και της άρδευσης μέσω της παροχής θρεπτικών διαλυμάτων κατάλληλης σύνθεσης τον κατάλληλο χρόνο

Σύνθεση θρεπτικού διαλύματος

- Έτοιμες συνταγές γενικής χρήσης για θρεπτικά διαλύματα δεν μπορούν να εφαρμοσθούν, καθώς πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η ιδιαίτερη χημική σύνθεση του νερού άρδευσης που χρησιμοποιεί κάθε παραγωγός.
- Επιπλέον, η σύνθεση των παρεχόμενων θρεπτικών διαλυμάτων πρέπει να αναπροσαρμόζεται συχνά στη διάρκεια της καλλιέργειας, λαμβάνοντας υπόψη την εποχή του έτους, το στάδιο ανάπτυξης του φυτού, τις ιδιαιτερότητες κάθε καλλιέργειας (π.χ. τοπικό κλίμα), και τις μετρήσεις EC και pH στο διάλυμα απορροής.
- Συχνά οι αναπροσαρμογές στη σύνθεση των παρεχόμενων θρεπτικών διαλυμάτων βασίζονται σε μία πλήρη ανάλυση της σύνθεσης του διαλύματος απορροής.
- Οι παραγωγοί δεν μπορούν από μόνοι τους να υπολογίσουν τις ποσότητες θρεπτικών διαλυμάτων που είναι αναγκαίες για την παρασκευή ενός υδροπονικού θρεπτικού διαλύματος καθώς αυτό απαιτεί ειδικές γνώσεις θρέψης των φυτών, χημείας και μαθηματικών.



Συνταγές θρεπτικών διαλυμάτων

- Εξειδίκευση ανάλογα με:
 - καλλιεργούμενο είδος
 - στάδιο ανάπτυξης φυτού
 - εποχή έτους



Δυσκολίες κατάρτισης σύνθεσης ενός θρεπτικού

διαλύματος σε μακροστοιχεία:

I. Σύνδεση ανιόντων - κατιόντων

- Χορήγηση ενός ιόντος συνοδεύεται απαραίτητα από την χορήγηση ενός άλλου ιόντος αντίθετου φορτίου στην ίδια κανονική συγκέντρωση.

Παράδειγμα: Προσθήκη καλίου (K):

Δυνατές επιλογές:



Δυσκολίες κατάρτισης σύνθεσης ενός θρεπτικού
διαλύματος σε μακροστοιχεία:

II. Σύσταση νερού άρδευσης

- Συχνά το νερό άρδευσης περιέχει σημαντικές ποσότητες:
 - των θρεπτικών μακροστοιχείων Ca, Mg, S (SO_4^{2-})
 - των ιχνοστοιχείων Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , B και Cl^-
 - των μακρο-ιόντων HCO_3^- και Na^+ .

Μερικές φορές οι συγκεντρώσεις των παραπάνω στοιχείων στο νερό προσεγγίζουν ή υπερβαίνουν τις τιμές - στόχο για το θρεπτικό διάλυμα.

Αλλαγές στις αναλογίες πρόσληψης θρεπτικών στοιχείων σε διαφορετικά στάδια ανάπτυξης του φυτού

Διαφορές στην αναλογία N:K σε φύλλα και καρπούς μελιτζάνας

Φυτικό τμήμα	N	K	N:K
Φύλλα	4.18	1.77	2.36
Καρποί	1.64	0.94	1.74

Συγκεντρώσεις (mmol g^{-1} dry wt.) N και K σε φύλλα και καρπούς μελιτζάνας και οι αντίστοιχες αναλογίες N:K (mol / mol) (δεδομένα από Savvas and Lenz, 1996).

Υπολογισμός θρεπτικών διαλυμάτων μέσω κατάλληλου λογισμικού

- Ο υπολογισμός των λιπασμάτων που απαιτούνται για την παρασκευή ενός θρεπτικού διαλύματος μπορεί να διευκολυνθεί μέσω της χρήσης κατάλληλων λογισμικών (συστήματα υποστήριξης αποφάσεων: Decision support systems: DSS).
- Λαμβάνοντας υπόψη αυτή την ανάγκη, το Εργαστήριο Κηπευτικών Καλλιεργειών (ΕΚΚ) του ΓΠΑ έχει αναπτύξει ένα DSS, το οποίο είναι προσβάσιμο σε κάθε παραγωγό ως μία διαδικτυακή εφαρμογή με χρήση ενός ατομικού κωδικού και μία συμβολική συνδρομή.
- Η συγκεκριμένη διαδικτυακή εφαρμογή βασίζεται σε πειραματικά δεδομένα του ΕΚΚ προερχόμενα από πολυετή έρευνα, καθώς και από αντίστοιχα βιβλιογραφικά δεδομένα, τα οποία έχουν ενσωματωθεί σε κατάλληλους αλγορίθμους και μαθηματικά προσομοιώματα.



Επιθυμητά χαρακτηριστικά που καθορίζουν την σύνθεση ενός θρεπτικού διαλύματος

1. pH

2^α. Συνολική συγκέντρωση αλάτων
(EC in dS m^{-1})

2^β. Αναλογίες μακροθρεπτικών (mol):

3.1. K:Ca:Mg

3.2. N:K

3.3. $\text{NH}_4^+ / (\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-)$

ή

2. Συγκεντρώσεις μακροθρεπτικών (mM):

3.1. K, Ca, Mg

3.2. NO_3^- ,

3.3. NH_4^+

3. H_2PO_4^- concentration (mM)

4. Micronutrient concentrations (mM)

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 ₂ PO 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	-

Δ.Τ.

(διάλυμα τροφοδοσίας):

Τυπική σύνθεση θρεπτικού διαλύματος για ανοιχτό υδροπονικό σύστημα

Σ.Α.

(συγκέντρωση απορρόφησης):

Τυπική σύνθεση θρεπτικού διαλύματος για κλειστό υδροπονικό σύστημα

Δ.Ρ.

(διάλυμα ριζοστρώματος):

Επιθυμητές συγκεντρώσεις θρεπτικού διαλύματος στο διάλυμα απορροής.

Πρόσβαση στην διαδικτυακή εφαρμογή του DSS

www.nutrisense.online

DSS FOR PLANT NUTRITION IN SOILLESS CULTIVATION

← user input calculate

USER INFORMATION DATA AND OPTIONS

BASIC OPTIONS

WATER ANALYSIS

CURRENT NS RECIPE

DRAINAGE SOLUTION COMPOSITION

USER'S OPTIONS

Basic Options

Crop speciesTomato

Cultivation stageFruiting 1

Season of the yearSpring or Fall

Coefficient of EC change1.0

Information about concentrated stock solutions

	Volume (m3)	Concentration factor
Stock solution A	0.00	100
Stock solution B	0.00	100
Stock solution of nitric acid	0.00	100
Stock solution of potassium silicate	0.00	100

Fertilizer options

Phosphorus fertilizermonoammonium phosphate

Boron fertilizersodium tetraborate (borax)

Molybdenum fertilizersodium molybdate

Target values for K, Ca, Mg and N

K, Ca, Mgtarget K:Ca:Mg ratio (mmol/mm)

N/Ktotal-N/K ratio (mmol/mmol)



Ευχαριστώ για την προσοχή σας

