

**ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΕΣ
ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΕΚΤΟΣ
ΕΔΑΦΟΥΣ**

ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ

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.

Ηλεκτρική Αγωγιμότητα (EC)

Electrical Conductivity (EC): Είναι ένα μέγεθος που εκφράζει την ικανότητα ενός υδατικού διαλύματος να άγει το ηλεκτρικό ρεύμα.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα στην πραγματικότητα είναι η ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα ενός αγωγού ηλεκτρικού ρεύματος η οποία ως γνωστόν εξαρτάται από την φύση του αγωγού.

Η (ειδική) ηλεκτρική αγωγιμότητα (C_a) ορίζεται ως το αντίστροφο της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης, ρ :

$$C_a = 1/\rho$$

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) μετράται σε $dS m^{-1}$.

$$(1 dS m^{-1} = 1 mS cm^{-1} = 1 mmho cm^{-1})$$

Ηλεκτρική Αγωγιμότητα (EC)

- Η ικανότητα ενός υδατικού διαλύματος να άγει το ηλεκτρικό ρεύμα οφείλεται στην παρουσία ιόντων.
- Συνεπώς όσο πιο πολλά ιόντα είναι διαλυμένα στο νερό τόσο μεγαλύτερη είναι η ικανότητά του να άγει το 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.



The 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.

Ιδιότητες θρεπτικών διαλυμάτων

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

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-}

Τυπικές συνθέσεις θρεπτικών διαλυμάτων για υδροπονικές καλλιέργειες

Κύριο θρεπτικό στοιχείο	Hoagland & Arnon	Sonneveld & Straver, αγγούρι	Ιχνο-στοιχείο	Hoagland & Arnon	Sonneveld & Straver, αγγούρι
NO_3^-	14.0	16.00	Fe	25.00	15.00
H_2PO_4^-	1.0	1.25	Mn	9.10	10.00
SO_4^{2-}	2.0	1.40	Zn	0.75	5.00
K^+	6.0	8.00	Cu	0.30	0.75
NH_4^+	1.0	1.25	B	46.30	25.00
Ca^{2+}	4.0	4.00	Mo	0.10	0.50
Mg^{2+}	2.0	1.40			

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

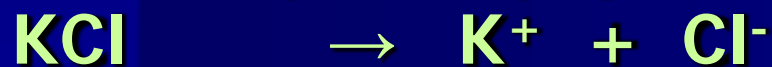


Δυσκολίες κατάρτισης σύνθεσης ενός
θρεπτικού διαλύματος σε μακροστοιχεία:
I. Σύνδεση ανιόντων - κατιόντων

- 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.

Δυσκολίες κατάρτισης σύνθεσης ενός θρεπτικού διαλύματος σε μακροστοιχεία:

III. Ρύθμιση pH

- Η παρουσία HCO_3^- στο νερό άρδευσης το καθιστά αλκαλικό.
- Για να μειωθεί το pH του νερού όμως, απαιτείται η προσθήκη οξέως (H^+) για την απομάκρυνση των ιόντων HCO_3^- .
- Η παροχή H^+ όμως συνοδεύεται και από την προσθήκη ενός ανιόντος που πρέπει να συνυπολογισθεί στις χορηγούμενες ποσότητες θρεπτικών στοιχείων.

Σύνθεση θρεπτικού διαλύματος

Επιθυμητά χαρακτηριστικά τα οποία καθορίζουν την σύνθεση ενός θρεπτικού διαλύματος:

1. Συνολική συγκέντρωση αλάτων (EC in dS m⁻¹)

2. pH

3. Αναλογίες μακροϊόντων (mM):

3.1. K:Ca:Mg

3.2. N:K

3.3. NH₄⁺/(NH₄⁺ + NO₃⁻)

ή 3. Συγκεντρώσεις μακροϊόντων (mM):

3.1. K, Ca, Mg

3.2. NO₃⁻,

3.3. NH₄⁺

4. Συγκέντρωση H₂PO₄⁻ (mM)

5. Συγκεντρώσεις ιχνοστοιχείων (μM)

ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Δοχεία πυκνών διαλυμάτων	V, m^3	A	Επιθυμητά χαρακτηριστικά Θ.Δ.		Σύσταση νερού	
Δοχείο A	1	100	E_t	2.20 dS/m	E.C.	0.82 dS/m
Δοχείο B	1	100	pH opt.	5.5	pH	7.4
Δοχείο Γ (οξέως)	1	100	X: (K)	0.500	Ca ²⁺	3.71 meq/l
<u>Επιλογή λιπάσματος</u> <u>φωσφόρου</u> : Για φωσφορι-κό μονοκάλιο πληκτρολο-γήστε 1, για φωσφορικό οξύ πληκτρολογήστε 2	1		Y: (Ca)	0.250	Mg ²⁺	1.37 meq/l
			Z: (Mg)	0.250	K ⁺	0.07 meq/l
			R (N/K)	1.800	NH ₄ ⁺	0.00 meq/l
			N _r (NH ₄ /tot. N)	0.077	Na ⁺	2.87 meq/l
			P _r (P ratio)	0.072	SO ₄ ²⁻	2.22 meq/l
<u>Επιλογή λιπάσματος βορίου</u> : Για βορικό οξύ πληκτρολογήστε 1, για βόρακα πληκτρολογήστε 2, για solubor πληκτρολο-γήστε 3	2		[Fe] _t	12.00 μmol/l	NO ₃ ⁻	0.04 meq/l
			[Mn] _t	10.00 μmol/l	H ₂ PO ₄ ⁻	0.00 meq/l
			[Zn] _t	4.00 μmol/l	HCO ₃ ⁻	3.26 meq/l
			[Cu] _t	0.60 μmol/l	Cl ⁻	2.49 meq/l
			[B] _t	20.00 μmol/l	Fe	0.00 μmol/l
<u>Επιλογή λιπάσματος</u> <u>μολυβδαινίου</u> : Για επταμολυβδαινικό αμμώνιο πληκτρολογήστε 1, για μολυβδαινικό νάτριο πληκτρολογήστε 2	1		Περιεκτικότητες λιπασμάτων		Mn ⁺⁺	2.55 μmol/l
			Καθαρ. HNO ₃ %	68	Zn ⁺⁺	0.15 μmol/l
			Καθαρ. H ₃ PO ₄ %	85	Cu ⁺⁺	0.37 μmol/l
			% Fe στον χη- λικό σίδηρο	6	B	4.44 μmol/l
					Mo	0.00 μmol/l
				Νιτρικό κάλιο σε Π.Δ. Α (%)	30	
				Νιτρικό κάλιο σε Π.Δ. Β (%)	70	

CALCULATIONS

Ανιόντα/κατιόντα	C.C.S	C.C.W.	C.A.F.	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻
C.A.S.	20.14			2.52	13.42	1.24	0.48	2.49
C.A.W.		8.02		2.22	0.04	0.00	3.26	2.49
A.A.F.			14.91	0.30	13.38	1.24	0.00	0.00
Ca ²⁺	4.04	3.71	0.33	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00
Mg ²⁺	4.04	1.37	2.67	0.30	2.37	0.00	0.00	0.00
K ⁺	8.08	0.07	8.01	0.00	6.77	1.24	0.00	0.00
NH ₄ ⁺	1.12	0.00	1.12	0.00	1.12	0.00	0.00	0.00
Na ⁺	2.87	2.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H ⁺	0.00	0.00	2.78	0.00	2.78	0.00	0.00	0.00

Καλλιεργητής:

Καλλιέργεια:

Τύπος σχήματος θρέψης:

Ημερομηνία:

ΣΥΝΤΑΓΗ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ ΘΡΕΠΤΙΚΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ

E.C.	2.20 dS/m
pH	5.5
ΔΟΧΕΙΟ A 1000 ΛΙΤΡΩΝ	
1 Νιτρικό ασβέστιο	3.541 ΚΙΛΑ
2 Νιτρικό κάλιο	20.534 ΚΙΛΑ
3 Νιτρική αμμωνία	8.697 ΚΙΛΑ
4 Χηλικός σίδηρος 6% Fe	1.118 ΚΙΛΑ
ΔΟΧΕΙΟ B 1000 ΛΙΤΡΩΝ	
1 Νιτρικό κάλιο	47.914 ΚΙΛΑ
2 Θεικό μαγνήσιο	3.634 ΚΙΛΑ
3 Νιτρικό μαγνήσιο	30.405 ΚΙΛΑ
4 Φωσφορικό μονοκάλιο	16.823 ΚΙΛΑ
5 Θεικό κάλιο	0.000 ΚΙΛΑ
6 Φωσφορικό οξύ	0.000 ΛΙΤΡΑ
7 Θεικό μαγγάνιο	125.90 ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ
8 Θεικός ψευδάργυρος	110.60 ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ
9 Θεικός χαλκός	5.74 ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ
10 Βορικό οξύ	0.00 ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ
11 Βόρακας	148.24 ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ
12 Solubor	0.00 ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ
13 Επταμολυβδαινικό αμμώνιο	8.83 ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ
14 Μολυβδαινικό νάτριο	0.00 ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ
ΔΟΧΕΙΟ Γ (ΟΞΕΩΣ) 1000 ΛΙΤΡΩΝ	
1 Νιτρικό οξύ 68%	18.125 ΛΙΤΡΑ

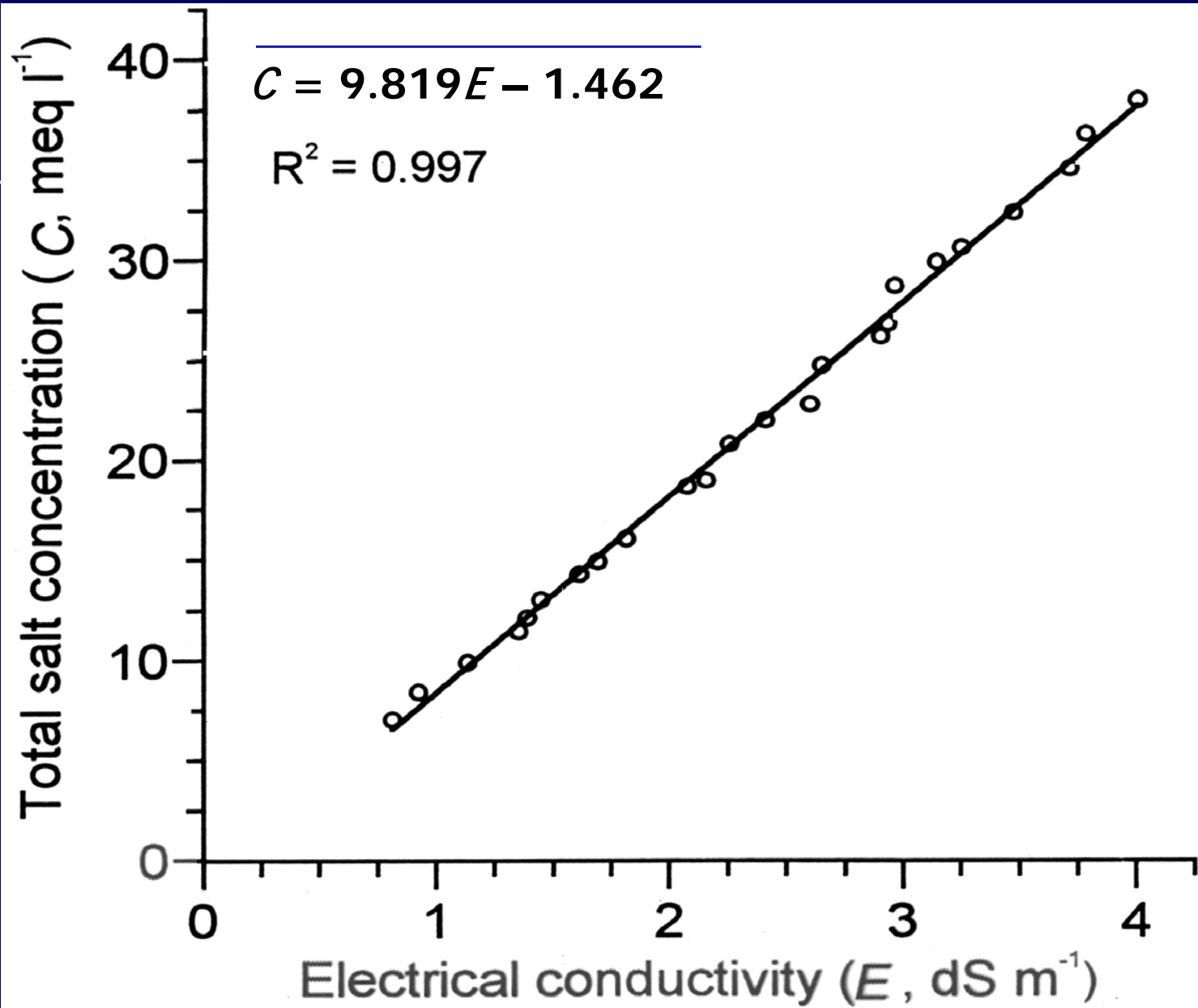
Intermediate calculations for the estimation of C_b

$[H_3O^+]_w$	3.98107E-08
B_w	13.60510305
$[CO_3^{2-}] + [HCO_3^-] + [H_2CO_3]$	0.003523055
$[H_3O^+]_{(n.s.)}$	3.16228E-06
$B_{(n.s.)}$	1.158491831

**Διαδικτυακή διεύθυνση προγράμματος Η/Υ για
τον υπολογισμό θρεπτικών διαλυμάτων**

www.ekk.aua.gr/excel/index.htm

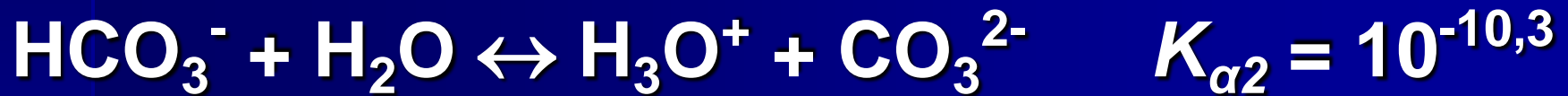
Ηλεκτρική Αγωγιμότητα (dS m^{-1})



Το pH του θρεπτικού διαλύματος

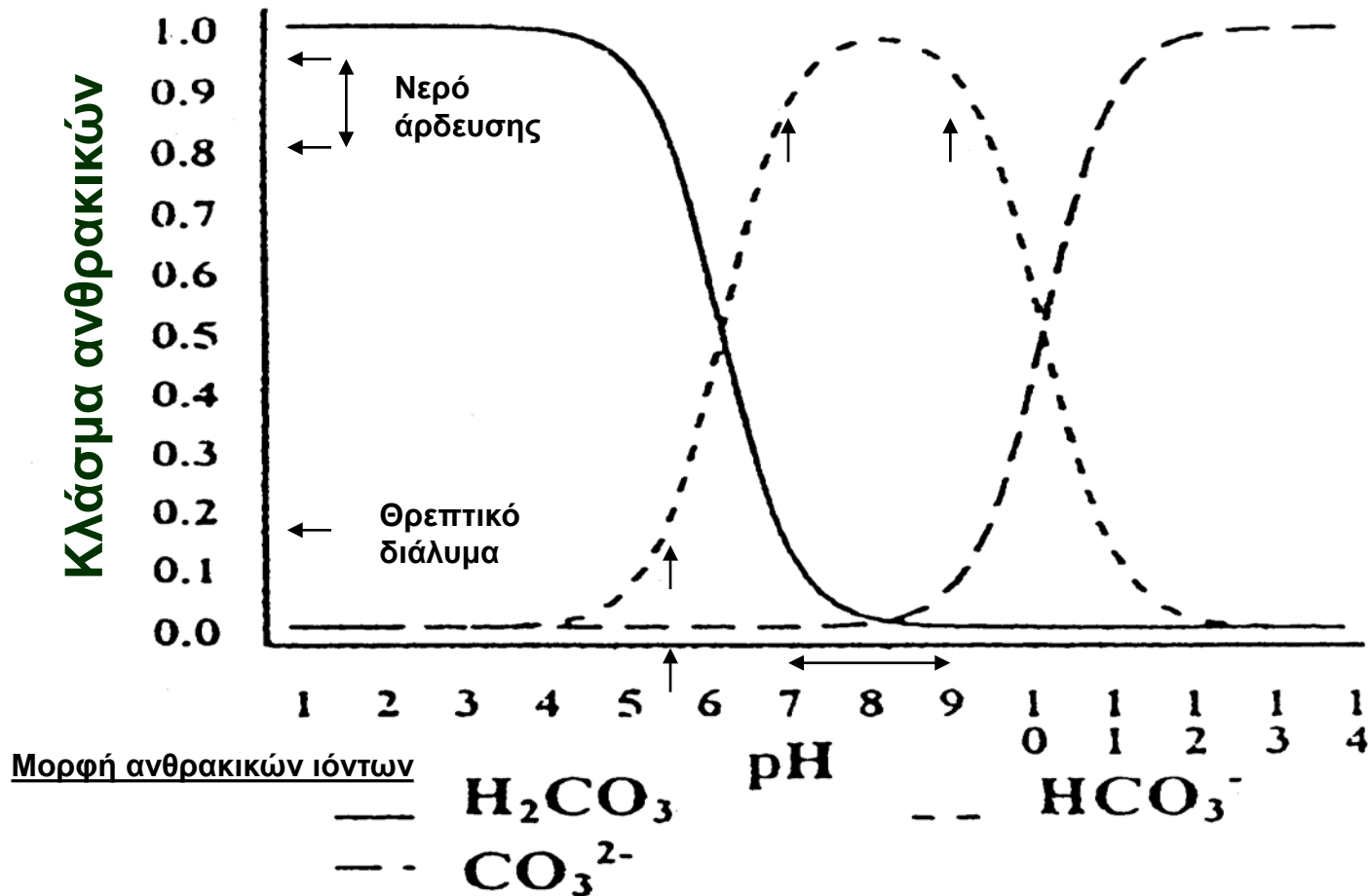
- Επιθυμητές τιμές pH στον χώρο των ριζών: 5,5-6,5
- Οριακές τιμές pH στον χώρο των ριζών: 5-5,5 και 6,5-7.
- Για να διατηρηθεί το pH στον χώρο των ριζών στα επιθυμητά επίπεδα θα πρέπει το θρεπτικό διάλυμα που χορηγείται στα φυτά να έχει τιμές μεταξύ 5,2-5,8.
- Αυτό επιτυγχάνεται με προσθήκη οξέως το οποίο αντιδρά με το HCO_3^- που περιέχεται στο νερό άρδευσης.

Αντιδράσεις HCO_3^- σε υδατικά διαλύματα



όπου K_{a1} και K_{a2} είναι οι σταθερές των δύο χημικών ισορροπιών

pH και HCO_3^-

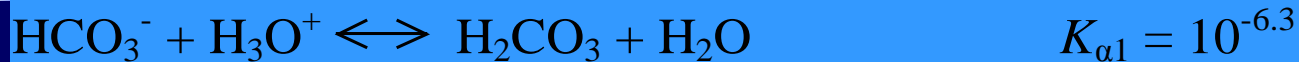


Διάσταση ανθρακικού οξέως στο νερό

(De Rijck and Schrevens, J. Plant Nutr. 20, 1997)

Συσχέτιση pH και HCO_3^-

Όξινα ανθρακικά και pH



Το κλάσμα των όξινων ανθρακικών στο σύνολο των ανθρακικών υπολογίζεται ως συνάρτηση του pH μέσω της εξίσωσης:

$$\frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{H}_2\text{CO}_3]} = \frac{K_{\alpha 1}}{[\text{H}_3\text{O}^+]B}$$

Όπου: $B = 1 + K_{\alpha 1} [\text{H}_3\text{O}^+]^{-1} + K_{\alpha 1} K_{\alpha 2} [\text{H}_3\text{O}^+]^{-2}$

Όλες οι συγκεντρώσεις εκφράζονται σε meq L^{-1}
(De Rijck and Schrevens, J. Plant Nutr., 1997)

Υπολογισμός δοσολογίας προσθήκης οξέως (H^+ , μεq L^{-1})

- Συμβολίζουμε: $\Sigma_{(a)} = [H_2CO_3] + [HCO_3^-] + [CO_3^{2-}]$
- Επομένως από την σχέση (1):

- $$\Sigma_{(a)} = \frac{[HCO_3^-]_w [H_3O^+]_w B}{K_{a1}}, \quad \text{όπου: } w = \text{«στο νερό άρδευσης»}$$

- Επομένως, αφού το $\Sigma_{(a)}$ είναι γνωστό, μέσω της σχέσης (1) υπολογίζουμε το $[HCO_3^-]_t$ (όπου: $t = \text{«στο θρεπτικό διάλυμα»}$):

$$[HCO_3^-]_s = \frac{\Sigma_{(a)} K_{a1}}{[H_3O^+]_t B}$$

Επομένως:

$$[H^+] = [HCO_3^-]_w - [HCO_3^-]_t$$

Υπολογισμός συγκεντρώσεων μακροστοιχείων

Συμβολισμοί:

$$X:Y:Z = K:Ca:Mg$$

$$R = \text{Total-N/K}$$

$$N_r = \text{NH}_4\text{-N}/(\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N})$$

$$P_r = \text{P}/(\text{P} + \text{SO}_4 + \text{NO}_3)$$

Τι συμβολίζουν οι δείκτες:
 t = επιθυμητή συγκέντρωση
 w = συγκέντρωση στο νερό

Κατιόντα	Ανιόντα
$[K^+]_t = \frac{X(C_t - [Na^+]_w)}{X + Y + Z + N_r R X}$	$[NO_3^-]_t = R[K^+]_t - [NH_4^+]_t$
$[Ca^{2+}]_t = [K^+]_t Y X^{-1}$	$[H_2PO_4^-]_t = P_r(C_t - C_b - [Cl^-]_w)$
$[Mg^{2+}]_t = [K^+]_t Z X^{-1}$	$[HCO_3^-]_t = C_b$
$[NH_4^+]_t = N_r R [K^+]_t$	$[SO_4^{2-}]_t = C_t - [NO_3^-]_t - [H_2PO_4^-]_t - C_b - [Cl^-]_w$
$[Na^+]_t = [Na^+]_w$	$[Cl^-]_t = [Cl^-]_w$
$[H^+]_t = 0$ ($< 10^{-2}$ meq L ⁻¹)	

Υπολογισμός δόσεων θρεπτικών μακροστοιχείων ($[C]_f$ σε meq L^{-1})

Υπολογίζονται μέσω της σχέσης:

$$[C]_f = [C]_t - [C]_w$$

όπου το $[C]$ συμβολίζει δοσολογία προσθήκης ή συγκέντρωση (meq L^{-1}) του μακροστοιχείου C ($C = \text{K, Ca, Mg, NH}_4\text{-N, NO}_3\text{-N, H}_2\text{PO}_4\text{-P, SO}_4\text{-S}$ και ο δείκτης f υποδηλώνει «μέσω λιπάσματος»,

με εξαίρεση τα ιόντα υδρογόνου (οξύ) που υπολογίζονται από την σχέση:

$$[H^+]_f = [HCO_3^-]_w - [HCO_3^-]_t$$

Υπολογισμός δόσεων λιπασμάτων (meq L⁻¹)

$$[Ca(NO_3)_2] = [Ca^{2+}]_f$$

$$[MgSO_4] = [Mg^{2+}]_f \text{ if } [SO_4^{2-}]_f > [Mg^{2+}]_f; [MgSO_4] = [SO_4^{2-}]_f \text{ if } [SO_4^{2-}]_f < [Mg^{2+}]_f$$

$$[Mg(NO_3)_2] = 0 \text{ if } [SO_4^{2-}]_f > [Mg^{2+}]_f; [Mg(NO_3)_2] = [Mg^{2+}]_f - [MgSO_4] \text{ if } [SO_4^{2-}]_f < [Mg^{2+}]_f$$

$$[K_2SO_4] = [SO_4^{2-}]_f - [Mg^{2+}]_f \text{ if } [SO_4^{2-}]_f > [Mg^{2+}]_f; [K_2SO_4] = 0 \text{ if } [SO_4^{2-}]_f < [Mg^{2+}]_f$$

$$[KH_2PO_4] = [H_2PO_4^-]_f \text{ if P is added as } KH_2PO_4; [KH_2PO_4] = 0 \text{ if P is added as } H_3PO_4$$

$$[H_3PO_4] = 0 \text{ if P is added as } KH_2PO_4; [H_3PO_4] = [H_2PO_4^-]_f \text{ if P is added as } H_3PO_4$$

$$[KNO_3] = [K^+]_f - [K_2SO_4] - [KH_2PO_4]$$

$$[NH_4NO_3] = [NH_4^+]_f - 0,1[Ca(NO_3)_2]$$

$$[HNO_3] = [H^+]_f - [H_3PO_4]$$

Υπολογισμός ποσοτήτων λιπασμάτων μακροστοιχείων (σε kg)

Κιλά (W σε kg) λιπάσματος rs :

$$W_{rs} = 10^{-3} [rs] E_{rs} V_{rs} A_{rs}$$

Όπου:

r : Ca, Mg, K, NH₄, H,

s : SO₄, NO₃, H₂PO₄

$[rs]$: δοσολογία προσθήκης (meq L⁻¹) λιπάσματος rs

E : χημικό ισοδύναμο λιπάσματος rs ,

V : όγκος μητρικού διαλύματος (m³),

A : βαθμός συμπύκνωσης ($A > 1$).

Ειδική περίπτωση: Νιτρικό κάλιο

- $5[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]\text{NH}_4\text{NO}_3$
- ΜΒ νιτρικού καλίου = 1080,5
- $\text{Ca} : \text{NH}_4 = 10 : 1$ (eq/eq)

- Συνεπώς, προσθήκη 1 meq/L Ca οδηγεί σε προσθήκη 0,1 meq/L NH_4

Υπολογισμός δοσολογιών προσθήκης ιχνοστοιχείων

- Ιχνοστοιχείο j ($j = Fe, Mn, Zn, Cu, B$ και Mo)
- Συγκέντρωση – στόχος (μM) στο θρεπτικό διάλυμα: C_j
- Συγκέντρωσή (μM) στο νερό άρδευσης: Q_j
- Δοσολογία προσθήκης $[G]_j$ ($\mu mol L^{-1}$) μέσω λιπασμάτων:

$$[G]_j = C_j - Q_j$$

Υπολογισμός ποσοτήτων λιπασμάτων ιχνοστοιχείων (σε g)

- Ιχνοστοιχείο j ($j = Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo$)
- Βάρος (W σε g) λιπάσματος ιχνοστοιχείου j :

$$W_j = (10^3 n_j)^{-1} [G]_j M_j V_j A_j$$

- V : όγκος μητρικού διαλύματος (m^3),
- A : βαθμός συμπύκνωσης ($A > 1$),
- $[G]$: δοσολογία προσθήκης ιχνοστοιχείου j ($\mu\text{mol L}^{-1}$),
- M : μοριακό βάρος λιπάσματος του j ιχνοστοιχείου,
- n : αριθμός ατόμων j ιχνοστοιχείου στο μόριο του λιπάσματος.

Ειδική περίπτωση: Σίδηρος

Ο σίδηρος προστίθεται σε χηλική μορφή. Το απαιτούμενο βάρος (g) του χηλικού σιδήρου υπολογίζεται μέσω της σχέσης:

$$W_{\chi\Sigma} = [G]_{Fe} M_{Fe} V_{Fe} A_{Fe} (10 S_{Fe})^{-1}$$

όπου:

$\chi\Sigma$ = λίπασμα χηλικού σιδήρου και

S_{Fe} = η περιεκτικότητα (%) του χηλικού σιδήρου σε Fe

ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Δοχεία πυκνών διαλυμάτων	V, m^3	A	Επιθυμητά χαρακτηριστικά Θ.Δ.		Σύσταση νερού	
Δοχείο A	1	100	E_t	2.20 dS/m	E.C.	0.82 dS/m
Δοχείο B	1	100	pH opt.	5.5	pH	7.4
Δοχείο Γ (οξέως)	1	100	X: (K)	0.500	Ca ²⁺	3.71 meq/l
<u>Επιλογή λιπάσματος</u> <u>φωσφόρου</u> : Για φωσφορι-κό μονοκάλιο πληκτρολο-γήστε 1, για φωσφορικό οξύ πληκτρολογήστε 2	1		Y: (Ca)	0.250	Mg ²⁺	1.37 meq/l
			Z: (Mg)	0.250	K ⁺	0.07 meq/l
			R (N/K)	1.800	NH ₄ ⁺	0.00 meq/l
			N _r (NH ₄ /tot. N)	0.077	Na ⁺	2.87 meq/l
			P _r (P ratio)	0.072	SO ₄ ²⁻	2.22 meq/l
<u>Επιλογή λιπάσματος βορίου</u> : Για βορικό οξύ πληκτρολογήστε 1, για βόρακα πληκτρολογήστε 2, για solubor πληκτρολο-γήστε 3	2		[Fe] _t	12.00 μmol/l	NO ₃ ⁻	0.04 meq/l
			[Mn] _t	10.00 μmol/l	H ₂ PO ₄ ⁻	0.00 meq/l
			[Zn] _t	4.00 μmol/l	HCO ₃ ⁻	3.26 meq/l
			[Cu] _t	0.60 μmol/l	Cl ⁻	2.49 meq/l
			[B] _t	20.00 μmol/l	Fe	0.00 μmol/l
<u>Επιλογή λιπάσματος</u> <u>μολυβδαινίου</u> : Για επταμολυβδαινικό αμμώνιο πληκτρολογήστε 1, για μολυβδαινικό νάτριο πληκτρολογήστε 2	1		Περιεκτικότητες λιπασμάτων		Mn ⁺⁺	2.55 μmol/l
			Καθαρ. HNO ₃ %	68	Zn ⁺⁺	0.15 μmol/l
			Καθαρ. H ₃ PO ₄ %	85	Cu ⁺⁺	0.37 μmol/l
			% Fe στον χη- λικό σίδηρο	6	B	4.44 μmol/l
					Mo	0.00 μmol/l
				Νιτρικό κάλιο σε Π.Δ. A (%)	30	
				Νιτρικό κάλιο σε Π.Δ. B (%)	70	

CALCULATIONS

Ανιόντα/κατιόντα	C.C.S	C.C.W.	C.A.F.	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻
C.A.S.	20.14			2.52	13.42	1.24	0.48	2.49
C.A.W.		8.02		2.22	0.04	0.00	3.26	2.49
A.A.F.			14.91	0.30	13.38	1.24	0.00	0.00
Ca ²⁺	4.04	3.71	0.33	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00
Mg ²⁺	4.04	1.37	2.67	0.30	2.37	0.00	0.00	0.00
K ⁺	8.08	0.07	8.01	0.00	6.77	1.24	0.00	0.00
NH ₄ ⁺	1.12	0.00	1.12	0.00	1.12	0.00	0.00	0.00
Na ⁺	2.87	2.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H ⁺	0.00	0.00	2.78	0.00	2.78	0.00	0.00	0.00

Καλλιεργητής:

Καλλιέργεια:

Τύπος σχήματος θρέψης:

Ημερομηνία:

ΣΥΝΤΑΓΗ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ ΘΡΕΠΤΙΚΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ

E.C.	2.20 dS/m
pH	5.5
ΔΟΧΕΙΟ A 1000 ΛΙΤΡΩΝ	
1 Νιτρικό ασβέστιο	3.541 ΚΙΛΑ
2 Νιτρικό κάλιο	20.534 ΚΙΛΑ
3 Νιτρική αμμωνία	8.697 ΚΙΛΑ
4 Χηλικός σίδηρος 6% Fe	1.118 ΚΙΛΑ
ΔΟΧΕΙΟ B 1000 ΛΙΤΡΩΝ	
1 Νιτρικό κάλιο	47.914 ΚΙΛΑ
2 Θεικό μαγνήσιο	3.634 ΚΙΛΑ
3 Νιτρικό μαγνήσιο	30.405 ΚΙΛΑ
4 Φωσφορικό μονοκάλιο	16.823 ΚΙΛΑ
5 Θεικό κάλιο	0.000 ΚΙΛΑ
6 Φωσφορικό οξύ	0.000 ΛΙΤΡΑ
7 Θεικό μαγγάνιο	125.90 ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ
8 Θειικός ψευδάργυρος	110.60 ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ
9 Θειικός χαλκός	5.74 ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ
10 Βορικό οξύ	0.00 ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ
11 Βόρακας	148.24 ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ
12 Solubor	0.00 ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ
13 Επταμολυβδαινικό αμμώνιο	8.83 ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ
14 Μολυβδαινικό νάτριο	0.00 ΓΡΑΜΜΑΡΙΑ
ΔΟΧΕΙΟ Γ (ΟΞΕΩΣ) 1000 ΛΙΤΡΩΝ	
1 Νιτρικό οξύ 68%	18.125 ΛΙΤΡΑ

Intermediate calculations for the estimation of C_b

$[H_3O^+]_w$	3.98107E-08
B_w	13.60510305
$[CO_3^{2-}] + [HCO_3^-] + [H_2CO_3]$	0.003523055
$[H_3O^+]_{(n.s.)}$	3.16228E-06
$B_{(n.s.)}$	1.158491831