

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

Χρησιμοποιούμενα λιπάσματα

Η προσθήκη των θρεπτικών στοιχείων στο διάλυμα, επιβάλλει την εφαρμογή απλών υδατοδιαλυτών λιπασμάτων και οξέων, ενώ για την κάλυψη των αναγκών σε σίδηρο, χρησιμοποιούνται οργανομεταλλικά σύμπλοκα (χηλικές ενώσεις).

Η χρήση σύνθετων λιπασμάτων καθιστά ανέφικτη την προσαρμογή της θρέψης στα δεδομένα της κάθε καλλιεργητικής συγκυρίας (ποιότητα νερού, στάδιο ανάπτυξης των φυτών, απαιτούμενες αναλογίες μεταξύ των θρεπτικών στοιχείων, κ.λ.π). Όλα σχεδόν τα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται ως πηγές μακροστοιχείων αποτελούνται από δυο ιόντα θρεπτικών στοιχείων (ένα κατιόν και ένα ανιόν). Θα πρέπει να αποφεύγεται η χρήση λιπασμάτων των οποίων μόνο το ένα ιόν είναι θρεπτικό στοιχείο (πχ KCl). Αντιθέτως, για τα λιπάσματα ιχνοστοιχείων δεν υφίσταται τέτοιο πρόβλημα, δεδομένου ότι οι ποσότητες που χρησιμοποιούνται είναι πολύ χαμηλές.

Πίνακας 1. Λιπάσματα που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή των θρεπτικών διαλυμάτων στις υδροπονικές καλλιέργειες (Sonneveld, 2002; Σάββας, 1998)

Λίπασμα	Χημικός τύπος	Θρεπτικά στοιχεία %	Μοριακό βάρος	Χημικό Ισοδύναμο	Διαλυτότητα (kg/l, 0°C)
Νιτρική Αμμωνία	NH ₄ NO ₃	N: 34,5	80,0	80,0	1,18
Νιτρικό Ασβέστιο	5[Ca(NO ₃) ₂ ·2H ₂ O]NH ₄ NO ₃	N: 15,5 Ca: 19	1080,5	108,05	1,02
Νιτρικό Κάλιο	KNO ₃	N: 13, K:38	101,1	101,1	0,13
Νιτρικό Μαγνήσιο	Mg(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O	Mg: 9, N: 11	256,3	128,1	-
Νιτρικό Οξύ	HNO ₃	N: 22	63,0	63,0	-
Φωσφορικό Μονοκάλιο	KH ₂ PO ₄	P: 23, K: 28	136,1	136,1	1,67
Φωσφορικό Οξύ	H ₃ PO ₄	P: 32	98,0	98,0	-
Θειικό Κάλιο	K ₂ SO ₄	K: 45, S: 18	174,3	87,1	0,12
Θειικό Μαγνήσιο	MgSO ₄ ·7H ₂ O	Mg: 9,7 S: 13	246,3	123,1	0,26
Χηλικός Σίδηρος	Fe-EDDHA	Fe: 5	1118	-	-
Χηλικός Σίδηρος	Fe-EDTA	Fe: 13	430	-	-
Χηλικός Σίδηρος	Fe-DTPA	Fe: 6	932	-	-
Θειικό Μαγγάνιο	MnSO ₄ ·H ₂ O	Mn: 32	169,0	-	1,05
Θειικός Ψευδάργυρος	ZnSO ₄ ·7H ₂ O	Zn: 23	287,5	-	0,62
Θειικός Χαλκός	CuSO ₄ ·5H ₂ O	Cu: 25	249,5	-	0,32
Βορικό Οξύ	H ₃ BO ₃	B: 17,5	61,8	-	0,050
Βόρακας (Τετραβορικό Νάτριο)	Na ₂ B ₄ O ₇ ·10H ₂ O	B: 11,0	381,2	-	0,016
Solubor (Οκταβορικό Νάτριο)	Na ₂ B ₈ O ₁₃ ·4H ₂ O	B: 20,5	412,4	-	0,045
Επταμολυβδαινικό Αμμώνιο	(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄	Mo: 58	1163,3	-	0,43
Μολυβδαινικό Νάτριο	Na ₂ MoO ₄ ·2H ₂ O	Mo: 40	241,9	-	0,56

Περιγραφή των λιπασμάτων που χρησιμοποιούνται στην υδροπονία

- **Νιτρική αμμωνία** (Ammonium nitrate). Χρησιμοποιείται κυρίως για τη ρύθμιση του pH του θρεπτικού διαλύματος στο χώρο της ριζόσφαιρας. Λόγω του ότι η συγκέντρωση του αμμωνίου στα θρεπτικά διαλύματα θα πρέπει να είναι πολύ χαμηλή (συνήθως < 1 meq/l), προστίθεται σε μικρές ποσότητες. Η προσθήκη της σε μεγάλες ποσότητες θα έχει σαν αποτέλεσμα την έντονη μείωση του pH με αρνητικές συνέπειες στην καλλιέργεια.
- **Νιτρικό ασβέστιο** (Calcium nitrate). Χρησιμοποιείται αποκλειστικά για την προσθήκη ασβεστίου στα θρεπτικά διαλύματα. Από τον χημικό του τύπο είναι εμφανές ότι περιέχει και NH_4NO_3 (5%), το οποίο θα πρέπει να συνυπολογίζεται κατά τον υπολογισμό του αμμωνίου που προστίθεται.
- **Νιτρικό κάλιο** (Potassium nitrate). Αποτελεί το κυρίως χρησιμοποιούμενο στην υδροπονία λίπασμα για προσθήκη καλίου.
- **Νιτρικό μαγνήσιο** (Magnesium nitrate). Χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις που απαιτείται η τροφοδότηση των φυτών με μαγνήσιο σε υψηλή συγκέντρωση, ενώ παράλληλα η συγκέντρωση των θειικών πρέπει να διατηρηθεί χαμηλή. Στην περίπτωση αυτή δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μοναδική πηγή μαγνησίου το θειικό μαγνήσιο.
- **Νιτρικό οξύ** (Nitric acid). Είναι υγρό λίπασμα αζώτου και ο κύριος σκοπός της χρησιμοποίησής του είναι η μείωση του pH του θρεπτικού διαλύματος στα επιθυμητά επίπεδα (5,5-6,0). Το νιτρικό οξύ που διατίθεται για γεωργική χρήση έχει καθαρότητα 67%. Η εφαρμογή του θα πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή και να λαμβάνονται τα απαραίτητα μέτρα προστασίας (γάντια, φόρμα εργασίας, μάσκα, γυαλιά).
- **Φωσφορικό μονοκάλιο** (Monopotassium phosphate). Χρησιμοποιείται για την προσθήκη φωσφόρου στο θρεπτικό διάλυμα. Η εφαρμογή του έχει ως

αποτέλεσμα την μικρή μείωση του pH του θρεπτικού διαλύματος λόγω της απελευθέρωσης των ιόντων H_2PO_4^- .

- **Φωσφορικό οξύ** (Phosphoric acid). Είναι το κυριότερο φωσφορικό λίπασμα που χρησιμοποιείται στις υδροπονικές καλλιέργειες λόγω του χαμηλότερου κόστους σε σχέση με το φωσφορικό μονοκάλιο. Το φωσφορικό οξύ που διατίθεται για γεωργική χρήση έχει καθαρότητα 85%. Η εφαρμογή του θα πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή και να λαμβάνονται τα απαραίτητα μέτρα προστασίας (γάντια, φόρμα εργασίας, μάσκα, γυαλιά).
- **Θειικό κάλιο** (Potassium sulfate). Χρησιμοποιείται ως συμπληρωματική πηγή καλίου στις περιπτώσεις που η επιθυμητή συγκέντρωση K^+ στο διάλυμα δεν μπορεί να καλυφθεί με την προσθήκη νιτρικού καλίου και φωσφορικού μονοκαλίου (η συγκέντρωση NO_3^- και H_2PO_4^- αντίστοιχα, θα ξεπερνούσε το επιθυμητό επίπεδο).
- **Θειικό μαγνήσιο** (Magnesium sulfate). Αποτελεί την κύρια πηγή μαγνησίου στα θρεπτικά διαλύματα. Στην υδροπονία χρησιμοποιείται μόνο το επταϋδρικό θειικό μαγνήσιο (Epsom Salt) το οποίο έχει υψηλή διαλυτότητα. Αντιθέτως, το μονοϋδρικό θειικό μαγνήσιο (Κιζερίτης) δεν βρίσκει εφαρμόζεται στην υδροπονία, λόγω της χαμηλής διαλυτότητάς του.
- **Χηλικός σίδηρος** (Iron chelate). Ο σίδηρος είναι το μόνο θρεπτικό στοιχείο που απαιτείται να προστίθεται σε χηλική μορφή (οργανομεταλλικό σύμπλοκο) και όχι σε ανόργανη μορφή. Ο βασικός λόγος είναι η ιδιαιτερότητα που έχει ο ανόργανος σίδηρος να μην είναι αφομοιώσιμος για τα φυτά στα θρεπτικά διαλύματα. Τα ιόντα του δισθενούς σιδήρου (Fe^{2+}) αρχίζουν να καταβυθίζονται σαν $\text{Fe}(\text{OH})_2$ μόνο όταν το pH γίνει ουδέτερο. Αντιθέτως, η διαθεσιμότητα των ιόντων του τρισθενούς σιδήρου (Fe^{3+}) είναι σχεδόν μηδενική ήδη σε πιο χαμηλές τιμές pH (4,5-5,0) δεδομένου ότι ο Fe^{3+} σε τιμές pH >3 αρχίζει να καταβυθίζεται σε μορφή αδιάλυτου $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Η αναλογία ιόντων $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ εξαρτάται από το

οξειδοαναγωγικό δυναμικό του διαλύματος σύμφωνα με την παρακάτω εξίσωση (Mengel, 1984):

$$E=0,77+0,59\log\frac{[Fe^{3+}]}{[Fe^{2+}]}$$

E= οξειδοαναγωγικό δυναμικό σε mV

Συνήθως όμως στα θρεπτικά διαλύματα το οξειδοαναγωγικό δυναμικό παίρνει υψηλές τιμές και αυτό έχει σαν συνέπεια την χαμηλή συγκέντρωση Fe^{2+} . Το αποτέλεσμα θα είναι η εμφάνιση τροφοπενίας σιδήρου στα φυτά ακόμη και εάν προστίθενται σημαντικές ποσότητες ανόργανου σιδήρου στο διάλυμα. Η κατάσταση αυτή αντιμετωπίζεται με την προσθήκη ενώσεων χηλικού σιδήρου. Τα οργανομεταλλικά σύμπλοκα απορροφώνται από τα φυτά σε μοριακή μορφή (δηλαδή προσλαμβάνεται ολόκληρο το χηλικό μόριο μαζί με τον σίδηρο) από τις κορυφές των ριζιδίων. Μετά την απορρόφησή του από την ρίζα, το χηλικό μόριο εισέρχεται στον μεταβολισμό του φυτού και έτσι ο σίδηρος απελευθερώνεται και αξιοποιείται από το φυτό (Σάββας, 1998).

- **Θειικό μαγγάνιο** (Manganese sulfate). Στην υδροπονία χρησιμοποιείται το μονοϋδρικό θειικό μαγγάνιο λόγω της υψηλότερης περιεκτικότητάς του σε καθαρό μαγγάνιο (32%). Στην υδροπονία δεν συνιστάται η χρήση χηλικού μαγγανίου λόγω του ότι έχει μεγαλύτερο κόστος χωρίς να προσφέρει κανένα πλεονέκτημα.
- **Θειικός ψευδάργυρος** (Zinc sulfate). Στην υδροπονία χρησιμοποιείται ο επταϋδρικός θειικός ψευδάργυρος λόγω της υψηλότερης περιεκτικότητάς του σε καθαρό ψευδάργυρο (23%).
- **Θειικός χαλκός** (Copper sulfate). Στην υδροπονία χρησιμοποιείται ο πενταϋδρικός θειικός χαλκός.
- **Βόρακας** (Borax). Ο βόρακας είναι τετραβορικό άλας του νατρίου και χρησιμοποιείται συχνά σαν πηγή βορίου στα θρεπτικά διαλύματα.

- **Solubor** (Sodium octaborate). Είναι πιο ευδιάλυτο από τον βόρακα και έχει μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε καθαρό βόριο.
- **Επταμολυβδαινικό αμμώνιο** (Ammonium molybdate). Είναι το ένα από τα δύο υδατοδιαλυτά λιπάσματα μολυβδαινίου και η περιεκτικότητά του σε καθαρό μολυβδαίνιο είναι πολύ υψηλή (54%).
- **Μολυβδαινικό νάτριο** (Sodium molybdate). Χρησιμοποιείται και αυτό στην υδροπονία και έχει επίσης υψηλή περιεκτικότητα σε καθαρό μολυβδαίνιο (40%).

Παράδειγμα συνθέσεως θρεπτικών διαλυμάτων εφαρμογής και απορροής σε ανοικτή υδροπονική καλλιέργεια τομάτας σε πετροβάμβακα (Adams, 2002)

Παράμετροι	Μονάδες	Διάλυμα εφαρμογής	Διάλυμα απορροής
EC	mS cm ⁻¹	2,30	3,00
N-NH ₄ ⁺	mmol l ⁻¹	1,25	<0,50
K ⁺	mmol l ⁻¹	8,75	7,00
Ca ²⁺	mmol l ⁻¹	4,25	7,00
Mg ²⁺	mmol l ⁻¹	2,00	3,50
N-NO ₃ ⁻	mmol l ⁻¹	13,75	17,00
S-SO ₄ ²⁻	mmol l ⁻¹	3,75	5,00
P-H ₂ PO ₄ ⁻	mmol l ⁻¹	1,25	0,70
Fe	μmol l ⁻¹	15,00	15,00
Mn	μmol l ⁻¹	10,00	7,00
Zn	μmol l ⁻¹	5,00	7,00
B	μmol l ⁻¹	30,00	50,00
Cu	μmol l ⁻¹	0,75	0,70
Mo	μmol l ⁻¹	0,50	-