



ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

**ΕΙΔΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ
ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ
ΚΗΠΕΥΤΙΚΩΝ**

Δημήτρης Σάββας

Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Εργαστήριο Κηπευτικών Καλλιεργειών



ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΟΜΑΤΑΣ

- Καλλιέργεια σε πλάκες υποστρώματος σταθερού σχήματος (π.χ. πετροβάμβακας) συσκευασμένες σε σάκους,
- Καλλιέργεια σε σάκους γεμισμένους με κοκκώδη υποστρώματα (π.χ. περλίτης, κόκκος),
- Καλλιέργεια σε κανάλια γεμισμένα με κοκκώδη υποστρώματα,
- Καλλιέργεια σε ατομικά φυτοδοχεία για κάθε φυτό (π.χ. γλάστρες) γεμισμένα με κοκκώδη υποστρώματα,
- Καλλιέργεια σε ανακυκλούμενο θρεπτικό διάλυμα (NFT, αεροπονία).



Καλλιέργεια τομάτας σε σάκους



Καλλιέργεια τομάτας σε φυτοδοχεία ή κανάλια



Καλλιέργεια τομάτας σε φυτοδοχεία γεμισμένα με υπόστρωμα

Καλλιέργεια τομάτας σε κανάλια γεμισμένα με υπόστρωμα



Μικρόκαρπη τομάτα καλλιεργούμενη σε μικρού πλάτους & μεγάλου ύψους κανάλια γεμισμένα με κοκκώδες υπόστρωμα





**Καλλιέργεια
τομάτας σε NFT**

**Καλλιέργεια τομάτας
σε αεροπονικό
σύστημα**



ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΟΜΑΤΑΣ: ΘΡΕΨΗ

- Αυξημένη ανεκτικότητα στην αλατότητα (EC στη ρίζα από 3.2 έως 4.0 dS/m)
- Ευνοϊκή επίδραση EC στην ποιότητα του προϊόντος
- Αυξημένες ανάγκες σε K μόλις το φυτό αρχίσει να δένει καρπούς
- Μέτρια ευαίσθητη σε υψηλά pH μεταξύ 6,5 και 7,5
- Όχι χαμηλό pH στο ριζικό περιβάλλον (pH>5,5)

Recommended EC (dS m^{-1}), pH and nutrient concentrations (mmol L^{-1}) in nutrient solutions (NS) for soilless tomato crops grown under Mediterranean climatic conditions.

Επιθυμητό χαρακτηριστικό	Διάλυμα έναρξης	Βλαστικό στάδιο			Στάδιο καρποφορίας		
		ΔΤ-ΑΣ ¹	ΣΑ-ΚΣ ²	ΕΣΡ ³	ΔΤ-ΑΣ ¹	ΣΑ-ΚΣ ²	ΕΣΡ ³
EC	2.80	2.50	2.00	3.20	2.40	1.85	3.40
pH	5.60	5.60	-	5.8 – 6.7	5.60	-	5.8 - 6.7
[K ⁺]	6.80	7.00	6.40	7.50	8.00	7.50	8.20
[Ca ²⁺]	6.40	5.10	3.10	7.80	4.50	2.30	8.00
[Mg ²⁺]	3.00	2.40	1.50	3.40	2.10	1.10	3.40
[NH ₄ ⁺]	0.80	1.50	1.60	<0.60	1.20	1.40	<0.40
[SO ₄ ²⁻]	4.50	3.60	1.50	5.00	4.00	1.50	6.00
[NO ₃ ⁻]	15.50	14.30	12.40	18.00	12.40	11.00	17.20
[H ₂ PO ₄ ⁻]	1.40	1.50	1.30	1.00	1.50	1.20	1.00
[Fe]	20.0	15.00	15.00	25.00	15.00	15.00	25.00
[Mn]	12.00	10.00	10.00	8.00	10.00	10.00	8.00
[Zn]	6.00	5.00	4.00	7.00	5.00	4.00	7.00
[Cu]	0.80	0.80	0.80	0.80	0.70	0.70	0.80
[B]	40.00	35.00	20.00	50.00	30.00	20.00	50.00
[Mo]	0.50	0.50	0.50	-	0.50	0.50	-

¹**ΔΤ-ΑΣ:** διάλυμα τροφοδοσίας για ανοιχτό σύστημα.

²**ΣΑ-ΚΣ:** συγκεντρώσεις απορρόφησης (Θ.Δ. για κλειστό σύστημα).

³**ΕΣΡ:** Επιθυμητές συγκεντρώσεις στο ριζικό περιβάλλον.

ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΠΙΠΕΡΙΑΣ



- Καλλιέργεια σε πλάκες υποστρώματος σταθερού σχήματος (π.χ. πετροβάμβακας) συσκευασμένες σε σάκους,
- Καλλιέργεια σε σάκους γεμισμένους με κοκκώδη υποστρώματα (π.χ. περλίτης, κόκκος),
- Καλλιέργεια σε κανάλια ή άλλα επιμήκη φυτοδοχεία γεμισμένα με κοκκώδη υποστρώματα,
- Καλλιέργεια σε ατομικά φυτοδοχεία για κάθε φυτό (π.χ. γλάστρες) γεμισμένα με κοκκώδη υποστρώματα,
- Καλλιέργεια σε ανακυκλούμενο θρεπτικό διάλυμα (NFT, αεροπονία).



**Καλλιέργεια πιπεριάς σε
σάκους με πλάκες
πετροβάμβακα**



**Καλλιέργεια πιπεριάς σε σάκους
με κοκκώδες υπόστρωμα**



**Καλλιέργεια
πιπεριάς σε NFT**

**Καλλιέργεια
πιπεριάς σε
αεροπονικό σύστημα**



ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΠΙΠΕΡΙΑΣ: ΘΡΕΨΗ

- Μικρή ανεκτικότητα στην αλατότητα (η παραγωγή μειώνεται κατά 7,6% περίπου για κάθε μονάδα αύξησης της EC πάνω από 2,8 dS m⁻¹)
- Μικρή αύξηση της EC στο περιβάλλον των ριζών μειώνει την συχνότητα εμφάνισης σχισίματος καρπών και λευκών ή πράσινων κηλίδων
- Ευαίσθητη σε προσβολή από BER
- Σχετικά μειωμένη παροχή K και NH₄⁺ για να μεγιστοποιηθεί η απορρόφηση Ca, ώστε να μειωθεί η BER
- Πιο απαιτητική από τομάτα σε N (αυξημένο N/K στην πιπεριά)
- Η πιπεριά είναι ευαίσθητη σε τοξικότητες Zn και Cu (pH>5,5 στο περιβάλλον των ριζών)

ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΜΕΛΙΤΖΑΝΑΣ



- Καλλιέργεια σε πλάκες υποστρώματος σταθερού σχήματος (π.χ. πετροβάμβακας) συσκευασμένες σε σάκους,
- Καλλιέργεια σε σάκους γεμισμένους με κοκκώδη υποστρώματα (π.χ. περλίτης, κόκκος),
- Καλλιέργεια σε κανάλια ή άλλα επιμήκη φυτοδοχεία γεμισμένα με κοκκώδη υποστρώματα,
- Καλλιέργεια σε ατομικά φυτοδοχεία για κάθε φυτό (π.χ. γλάστρες) γεμισμένα με κοκκώδη υποστρώματα,
- Καλλιέργεια σε ανακυκλούμενο θρεπτικό διάλυμα (NFT).



**Καλλιέργεια
μελιτζάνας σε
σάκους με πλάκες
πετροβάμβακα**

**Καλλιέργεια μελιτζάνας σε
σάκους με κοκκώδες
υπόστρωμα**





**Καλλιέργεια μελιτζάνας σε
κανάλια γεμισμένα με
κοκκώδες υπόστρωμα**

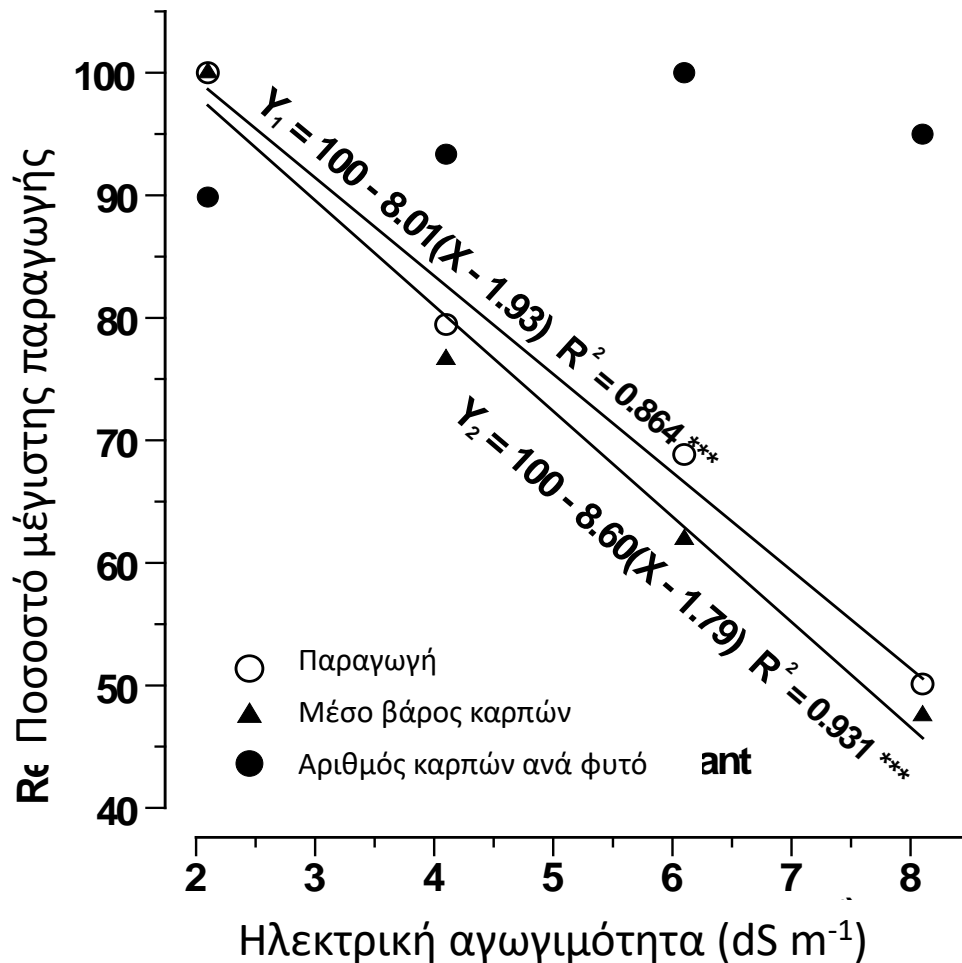
**Καλλιέργεια μελιτζάνας
σε σύστημα NFT**



ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΜΕΛΙΤΖΑΝΑΣ: ΘΡΕΨΗ

- Μικρή ανεκτικότητα στην αλατότητα (περίπου ίδια με αυτή της πιπεριάς)
- Απαιτητική σε Mg
- Πιο απαιτητική από τομάτα σε N (αυξημένο N/K στην μελιτζάνα, αλλά όχι πολύ γιατί μπορεί να παρουσιάσει βλαστομανία)
- Η μελιτζάνα φαίνεται ότι είναι ευαίσθητη στην έλλειψη βορίου

Σχέση μεταξύ ύψους παραγωγής και συνολικής συγκέντρωσης ιόντων (αλάτων) σε υδροπονική καλλιέργεια μελιτζάνας



ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΑΓΓΟΥΡΙΑΣ



- Καλλιέργεια σε πλάκες υποστρώματος σταθερού σχήματος (π.χ. πετροβάμβακας) συσκευασμένες σε σάκους,
- Καλλιέργεια σε σάκους γεμισμένους με κοκκώδη υποστρώματα (π.χ. περλίτης, κόκκος),
- Καλλιέργεια σε ατομικά φυτοδοχεία για κάθε φυτό (π.χ. γλάστρες) γεμισμένα με κοκκώδη υποστρώματα,
- Καλλιέργεια σε κανάλια γεμισμένα με κοκκώδη υποστρώματα,
- Μέτρια καταλληλότητα για καλλιέργεια σε ανακυκλούμενο θρεπτικό διάλυμα (NFT).



**Καλλιέργεια
αγγουριάς σε σάκους
με πλάκες
πετροβάμβακα**

**Καλλιέργεια αγγουριάς σε
σάκους με κοκκώδες
υπόστρωμα (τύρφη)**





**Καλλιέργεια
αγγουριάς σε κανάλια
γεμισμένα με
κοκκώδες υπόστρωμα
(ελαφρόπετρα)**



**Καλλιέργεια αγγουριάς σε σάκους με
ελαφρόπετρα**



ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΑΓΓΟΥΡΙΑΣ: ΘΡΕΨΗ

- Μικρή ανεκτικότητα στην αλατότητα ($EC > 3,0 \text{ dS m}^{-1}$ στο περιβάλλον των ριζών)
- Ηλεκτρική αγωγιμότητα ίση με $2,2 \text{ dS m}^{-1}$ στο διάλυμα τροφοδοσίας
- Απαιτητική σε N (αναλογία απορρόφησης N:K ίση με 2,25)
- οι ανάγκες της αγγουριάς σε ανόργανα θρεπτικά στοιχεία είναι σημαντικά χαμηλότερες από αυτές της τομάτας για την παραγωγή ίσης ποσότητας καρπών
- Στις υδροπονικές καλλιέργειες αγγουριάς εκτός εδάφους, συχνή είναι και η χορήγηση πυριτίου

ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΚΟΛΟΚΥΘΙΑΣ





ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΠΕΠΟΝΙΑΣ

ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΚΑΡΠΟΥΖΙΑΣ



ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΦΑΣΟΛΙΟΥ



Υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού



Συστήματα υδροπονικής καλλιέργειας μαρουλιού

Τα πιο συνηθισμένα συστήματα υδροπονικής καλλιέργειας μαρουλιού είναι:

- Σύστημα επίπλευσης
- NFT
- Αεροπονία

Καλλιέργεια μαρουλιού σε υποστρώματα: δεν είναι πολύ συνηθισμένη, λόγω:

Α) μικρού καλλιεργητικού κύκλου = ανάγκη για συνεχείς επαναφυτεύσεις

Γ) μικρού μεγέθους = υψηλές πυκνότητες φύτευσης.

Υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού σε σύστημα NFT

Πολύ παραγωγικό αν εφαρμόζεται
κατάλληλο σχήμα θρέψης



Απαιτείται προσοχή με την θερμοκρασία
του θρεπτικού διαλύματος στις
καλλιέργειες που πραγματοποιούνται
την θερμή εποχή του έτους



Υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού σε σύστημα επίπλευσης



- Πολύ καλή συμπεριφορά φυτών
- Μεγάλη αδράνεια στις μεταβολές
- Προσοχή στην οξυγόνωση της ρίζας το καλοκαίρι



Η σύγχρονη Ολλανδική εκδοχή
του συστήματος επίπλευσης:
Dry hydroponics



Αεροπονική καλλιέργεια μαρουλιού



Πολύ καλή
οξυγόνωση ρίζας

Πολύ καλή
ανάπτυξη φυτών

Ευάλωτο σε βλάβες λόγω μηδενικής
ρυθμιστικής ικανότητας στο
περιβάλλον της ρίζας



Καλλιέργεια μαρουλιού σε υποστρώματα



Επάνω: Καλλιέργεια σε
πετροβάμβακα

Αριστερά: Καλλιέργεια σε
ελαφρόπετρα

Θρέψη μαρουλιού στις υδροπονικές καλλιέργειες (1)

- Στις καλλιέργειες μαρουλιού η σύνθεση του θρεπτικού διαλύματος (Θ.Δ.) δεν αλλάζει στην διάρκεια της καλλιέργειας, λόγω της βραχείας διάρκειάς της που περιλαμβάνει μόνο βλαστική φάση ανάπτυξης.
- EC παρεχόμενου Θ.Δ.: 2,2 - 2,6 dS m⁻¹
- EC στόχος στο ριζικό περιβάλλον: 2,5 - 2,7 dS m⁻¹.
- Υψηλότερα επίπεδα EC δεν συνιστώνται γιατί το μαρούλι είναι σχετικά ευαίσθητο στην αλατότητα.

Θρέψη μαρουλιού στις υδροπονικές καλλιέργειες (2)

- Υπερβολικές τιμές EC συμβάλλουν στην εμφάνιση «περιφερειακού καψίματος φύλλων».
- Τιμές EC κάτω από $2,2 \text{ dS m}^{-1}$ δίνουν μαρούλια με βραχύτερη διάρκεια μετασυλλεκτικής ζωής.
- Το μαρούλι έχει αυξημένες ανάγκες σε K αλλά χαμηλότερες απαιτήσεις σε Ca και Mg σε σύγκριση με τα περισσότερα καρποδοτικά λαχανικά.
- Το μαρούλι έχει υψηλές απαιτήσεις σε άζωτο αλλά η αυξημένη παροχή N προκαλεί συσσώρευση νιτρικών.

Θρέψη μαρουλιού στις υδροπονικές καλλιέργειες (3)

- Παροχή μέρος του αζώτου σε αμμωνιακή μορφή (έως 25%) δίνει καλά αποτελέσματα και συμβάλλει στην μείωση των νιτρικών στα φύλλα.
- Πρέπει όμως να προσεχθεί το pH στο διάλυμα ριζοστρώματος.
- Το μαρούλι έχει αυξημένες απαιτήσεις σε φώσφορο.
- Απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή με την παροχή μαγγανίου, δεδομένου ότι πολλές ποικιλίες μαρουλιού παρουσιάζουν αυξημένη ευαισθησία στην τοξικότητα Mn.
- Η συγκέντρωση Mn στο Θ.Δ. τροφοδοσίας πρέπει να μην υπερβαίνει τα $5 \mu\text{mol L}^{-1}$, ενώ η συγκέντρωση Fe θα πρέπει να είναι σχετικά υψηλή, γύρω στα $40 \mu\text{mol L}^{-1}$.