

**ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΟ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ
ΚΑΛΤΙΕΡΓΕΙΑΣ
ΛΑΧΑΝΙΚΩΝ**

Το ριζικό περιβάλλον στις καλλιέργειες κηπευτικών

-
- Έδαφος
 - Υποστρώματα

ΕΔΑΦΟΣ

- **Ανώτατο στρώμα στερεού φλοιού της γης.**
- **Προέρχεται από αποσάθρωση ορυκτών & πετρωμάτων και επίδραση κλιματικών συνθηκών πάνω τους.**
- **Αποτελεί το μέσο ανάπτυξης των ριζών.**
- **Παρέχει στα φυτά θρεπτικά στοιχεία, νερό, οξυγόνο και στήριξη.**
- **Μπορεί να υποκατασταθεί από υποστρώματα (εκτός εδάφους καλλιέργειες).**

Βάθος εδάφους

- Προτιμώνται τα βαθειά εδάφη
- Ανάλογα με το βάθος ανάπτυξής του, το ριζικό σύστημα των λαχανικών διακρίνεται σε:
 - Αβαθές (45-60 cm)
 - Μέτριας διεισδυτικότητας (60-120 cm)
 - Βαθύ (> 120 cm)

Βάθος εδάφους

| Επιπολαιόριζα (45 - 60 cm) | Μέτρια βαθύριζα (60 - 120 cm) | Βαθύριζα (> 120 cm) |
|-------------------------------|----------------------------------|------------------------|
| Αντίδι | Αγγούρι | Αγκινάρα |
| Γογγύλι | Καρότο | Γλυκοπατάτα |
| Γλυκοκαλάμποκο | Κολοκύθι | Καρπούζι |
| Κινέζικο λάχανο | Μελιτζάνα | Μπάμια |
| Κουνουπίδι | Μπιζέλι | Σπαράγγι |
| Κρεμμύδι | Παντζάρι | Τομάτα |
| Λάχανο Βρυξελλών | Πεπόνι | |
| Λάχανο κεφαλωτό | Πιπεριά | |
| Μαϊντανός | Ρέβα | |
| Μαρούλι | Σέσκουλο | |
| Μπρόκολο | Φασόλι | |
| Πατάτα | | |
| Πράσο | | |
| Ραπάνι | | |
| Σέλινο | | |
| Σκόρδο | | |
| Σπανάκι | | |
| Φράουλα | | |

Σύσταση εδάφους

I. Μηχανική ή κοκκομετρική σύσταση

- Κλάσματα κόκκων:
 - Άργιλος: $< 0,002$ mm,
 - Πηλός: $0,002 - 0,02$ mm,
 - Άμμος: $0,02 - 2$ mm.
 - Σκελετικά υλικά: > 2 mm.
- Επηρεάζουν το πορώδες του εδάφους
- Μέσω του πορώδους επιδρούν τόσο στις φυσικές ιδιότητες του εδάφους όσο και στην γονιμότητά του.

Τύποι εδαφών

- **Ανόργανα εδάφη**
 - Αμμώδη
 - Αμμοπηλώδη
 - Πηλοαμμώδη
 - Αργιλλοπηλώδη
 - Αργιλλώδη
- **Οργανικά εδάφη (μέχρι 60% οργανική ουσία)**

Οργανική ουσία εδάφους

- Συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 0-15%
- Τα οργανικά εδάφη περιέχουν μέχρι 60% οργανική ουσία
- Μικρό μέρος περιλαμβάνει πολυτεπτίδια, υδατάνθρακες, λίπη, κ.λπ.
- Η υπόλοιπη οργανική ουσία είναι χούμος

Σημασία οργανικής ουσίας για την καλλιέργεια λαχανικών

- Βελτιώνει την δομή του εδάφους καθιστώντας τα βαριά εδάφη περισσότερο πορώδη και μειώνοντας το μέγεθος των πόρων στα αμμώδη εδάφη
- Το σκούρο χρώμα των εδαφών που περιέχουν χούμο συντελεί στη μεγαλύτερη απορρόφηση θερμότητας,
- Απελευθερώνει θρεπτικά στοιχεία για τα φυτά μέσω της βαθμιαίας αποσύνθεσής της και
- Αποτελεί προϋπόθεση για την ύπαρξη μικροβιακής δραστηριότητας στο έδαφος.

Τρόποι αύξησης οργανικής ουσίας στο έδαφος

- Προσθήκη κοπριάς
- Προσθήκη κομποστοποιημένων οργανικών υπολειμμάτων
- Ενσωμάτωση υπολειμμάτων προηγούμενης καλλιέργειας στο έδαφος
- Χλωρή λίπανση

Πορώδες (P)

Το ποσοστό όγκου του εδάφους που καταλαμβάνεται από πόρους (κενοί χώροι εδάφους ανάμεσα στα στερεά συστατικά).

Υπολογίζεται μέσω της σχέσης:

$$P = \frac{V_p}{V_s} 100$$

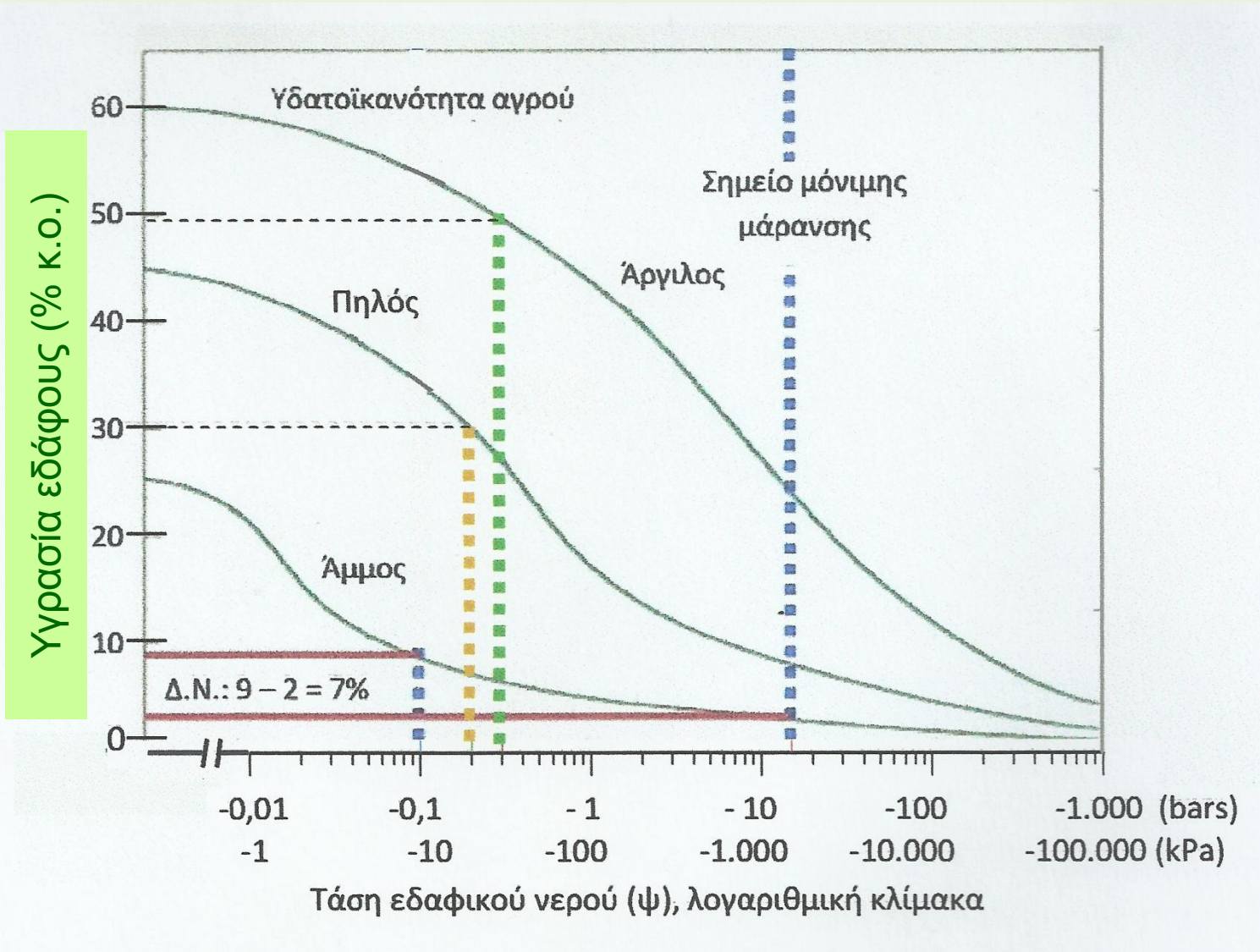
όπου: V_p ο όγκος των πόρων,

V_s ο συνολικός όγκος του εδάφους.

Επίδραση εδαφικής υγρασίας στις καλλιέργειες κηπευτικών

Υδατική κατάσταση εδάφους

- **Εδαφικό νερό: νερό που απομακρύνεται με ξήρανση του χώματος στους 105 °C**
- **Υδατοκορεσμός εδάφους (μύζηση 0 kPa)**
- **Υδατοϊκανότητα**
 - **Αμμώδη εδάφη: 100 kPa**
 - **Πηλώδη εδάφη: 200 kPa**
 - **Αργιλώδη εδάφη: 300 kPa**
- **Σημείο μόνιμης μάρανσης: 1500 kPa (15 At)**



Τυπικές χαρακτηριστικές καμπύλες υγρασίας (Χ.Κ.Υ.) για ένα αργιλώδες, ένα μέσης σύστασης και ένα αμμώδες έδαφος.

Κοκκομετρική σύσταση & πρωιμότητα στην παραγωγή κηπευτικών

- Όσο πιο λεπτόκοκκο είναι ένα έδαφος, τόσο περισσότερο νερό περιέχει.
- Το νερό όμως έχει πολύ πιο υψηλή ειδική θερμότητα σε σύγκριση με τα στερεά συστατικά του εδάφους ($1 \text{ cal g}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, σε σύγκριση με περίπου $0,2 \text{ cal g}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, αντίστοιχα).
- Τα λεπτόκοκκα εδάφη, νωρίς την άνοιξη περιέχουν σημαντικές ποσότητες νερού λόγω των βροχών του χειμώνα.
- Λόγω της μεγάλης του θερμοχωρητικότητας όμως το νερό απαιτεί μεγάλες ποσότητες θερμικής ενέργειας για να αυξηθεί η θερμοκρασία του.
- Συνεπώς, τα λεπτόκοκκα εδάφη, που περιέχουν πολύ νερό την άνοιξη, αργούν να θερμανθούν μετά την παρέλευση του χειμερινού ψύχους.

Αεροπερατότητα

- **Αέρας: αναγκαίος για αναπνοή ρίζας.**
- **Αέρας: στους σχετικά μεγάλους πόρους.**
- **Επομένως: σημαντικό ποσοστό των πόρων πρέπει να είναι ευμεγέθεις.**
- **Μεγάλου μεγέθους πόρους σχηματίζουν τα χονδρόκκοκα υλικά (άμμος, χονδρά κλάσματα πηλού).**

Θερμοκρασία Εδάφους: Μέγιστες τιμές

- Οι αυξομειώσεις της θερμοκρασίας πάνω στην επιφάνεια της γης οφείλονται στην επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας.
- Μέγιστη θερμοκρασία στην επιφάνεια του εδάφους: Όταν η θερμοκρασία του αέρα αποκτά την μέγιστη τιμή.
- Σε μεγαλύτερο εδαφικό βάθος η μέγιστη θερμοκρασία εμφανίζεται πιο αργά σε σύγκριση με την επιφάνεια.

Θερμοκρασία Εδάφους: Διακυμάνσεις

Ημερήσια διακύμανση:

- Μικρότερη καθώς αυξάνει το εδαφικό βάθος.
- Δεν ξεπερνά τον 1 °C σε βάθος 50-60 cm.
- Μηδενίζεται σε βάθος 90-100 cm.

Ετήσια διακύμανση:

- Μεγαλύτερη από ημερήσιες διακυμάνσεις.
- Εξασθενεί λιγότερο καθώς αυξάνει το εδαφικό βάθος.
- Στα 2,50 cm: ετήσια μεταβολή μέχρι και 10 °C.
- Βάθος > 10 m: σταθερή θερμοκρασία όλο το χρόνο.

Σημασία εδαφικής θερμοκρασίας για την Λαχανοκομία

Επηρεάζει:

- **Φύτρωμα σπόρων,**
- **Ταχύτητα ανάπτυξης της ρίζας,**
- **Απορρόφηση θρεπτικών στοιχείων,**
- **Ταχύτητα ανοργανοποίησης οργανικής ουσίας**
- **Χημικές μετατροπές λιπασμάτων**

Χημικές ιδιότητες εδάφους

- Περιεκτικότητα σε θρεπτικά στοιχεία
- Ανταλλαγή ιόντων
- Αντίδραση (οξύτητα) εδάφους (pH)

Περιεκτικότητα σε θρεπτικά στοιχεία

- Ολική περιεκτικότητα σε θρεπτικά στοιχεία (π.χ. ολικό Ca).
- Περιεκτικότητα σε διαθέσιμα θρεπτικά στοιχεία.
 - Υδατοδιαλυτά.
 - Χαλαρά δεσμευμένα (π.χ. ανταλλάξιμα κατιόντα).

Ικανότητα ανταλλαγής ιόντων

- Ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων. Μέτρο της ικανότητας ενός εδάφους να συγκρατεί κατιόντα του εδαφικού διαλύματος σε θέσεις αρνητικών ηλεκτρικών φορτίων.
- Ικανότητα ανταλλαγής ανιόντων. Μέτρο της ικανότητας ενός εδάφους να συγκρατεί ανιόντα του εδαφικού διαλύματος σε θέσεις θετικών ηλεκτρικών φορτίων.
- Η ΙΑΚ είναι ευθέως ανάλογη προς την γονιμότητα ενός εδάφους.
- Τόσο η ΙΑΚ όσο και η ΙΑΑ μετρώνται συνήθως σε χιλιοστοϊσοδύναμα (meq) προσροφημένων κατιόντων ανά 100 g εδάφους.

Οξύτητα εδάφους (pH)

| pH 5,0 – 6,5 | pH 5,5 – 6,8 | pH 6 – 7,6 |
|------------------|-----------------|-----------------|
| Αντίδι | Αγγούρι | Κινέζικο λάχανο |
| Γλυκοπατάτα | Γλυκοκαλάμποκο | Κουνουπίδι |
| Καρπούζι | Γογγύλι | Κρεμμύδι |
| Μάραθος, φινόκιο | Καρότο | Λάχανο |
| Πατάτα | Κολοκύθι | Μαρούλι |
| Ραδίκι | Λάχανο Βρυξελών | Μπρόκολο |
| | Μαϊντανός | Παντζάρι |
| | Μελιτζάνα | Πεπόνι |
| | Μπιζέλι | Πράσο |
| | Πιπεριά | Σέλινο |
| | Ραπανάκι | Σέσκουλο |
| | Ρέβα | Σπανάκι |
| | Σκόρδο | Σπαράγγι |
| | Τομάτα | |
| | Φασόλι | |
| | Φράουλα | |

Οξύτητα εδάφους (pH)

- Σχεδόν όλα τα καλλιεργούμενα είδη λαχανικών ευδοκιμούν σε εδάφη με pH μεταξύ 6,0-6,5.
- Υπάρχουν όμως και ορισμένα λαχανικά που χρειάζονται είτε πιο όξινο είτε πιο αλκαλικό περιβάλλον (πατάτα, καρπούζι).
- Η αφομοιωσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων επηρεάζεται σημαντικά από το pH.

Επίδραση pH στη διαθεσιμότητα θρεπτικών στοιχείων

Υδρόλυση κατιόντος που αντιστοιχεί σε ασθενή βάση:



Σύμφωνα με την παραπάνω αντίδραση, η μείωση του pH (αύξηση συγκέντρωσης H^+) αυξάνει την διαθεσιμότητα του M^{2+} θρεπτικού στοιχείου

Διάσταση ανιόντων ασθενών οξέων: (παράδειγμα με φωσφορικά):



Σύμφωνα με την παραπάνω αντίδραση, μέσες τιμές pH (μέση συγκέντρωση H^+) μεγιστοποιεί την διαθεσιμότητα του $H_2PO_4^-$

Μέτρηση και διόρθωση pH εδάφους

- Τρόποι μέτρησης pH
- Διόρθωση πολύ χαμηλού pH (ασβέστωση)
 - Άνυδρη άσβεστος (CaO)
 - Εσβεσμένη άσβεστος (Ca(OH)_2)
 - Δολομίτης (CaCO_3 , MgCO_3)
 - Ασβεστόπετρα ή μαρμαρόσκονη (CaCO_3 , MgCO_3)

Μέτρηση και διόρθωση pH εδάφους

- Διόρθωση πολύ υψηλού pH (οξίνιση)
 - S, H₂SO₄, SO₂
 - CaS
 - Αμμωνιακά λιπάσματα
 - Θειικός σίδηρος
 - Θειικό αργίλιο (στυπτηρία)

ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ ΕΔΑΦΟΥΣ

Αλατότητα είναι η υπερβολική συγκέντρωση διαλυτών αλάτων (ανόργανων ιόντων) στο διάλυμα που βρίσκεται στην περιοχή του ριζοστρώματος (εδαφικό διάλυμα ή τεχνητό θρεπτικό διάλυμα).

Τα ιόντα που βρίσκονται σε υπερβολική συγκέντρωση συνήθως είναι το Na^+ και το Cl^- , ενώ σε μικρότερο βαθμό υπεύθυνα για την αλατότητα μπορούν να είναι και το Ca^{2+} , το Mg^{2+} , το SO_4^{2-} και το HCO_3^- .

Μονάδες μέτρησης αλατότητας

- Μονάδες άμεσης έκφρασης της ολικής συγκέντρωσης διαλυτών αλάτων:
 - g/l, mmol/l, meq/l
- Μονάδες έμμεσης έκφρασης της συγκέντρωσης διαλυτών αλάτων:
 - ηλεκτρική αγωγιμότητα σε mmhos/cm ή dS/m,
 - οσμωτικό δυναμικό σε bar ή kPa ή at.

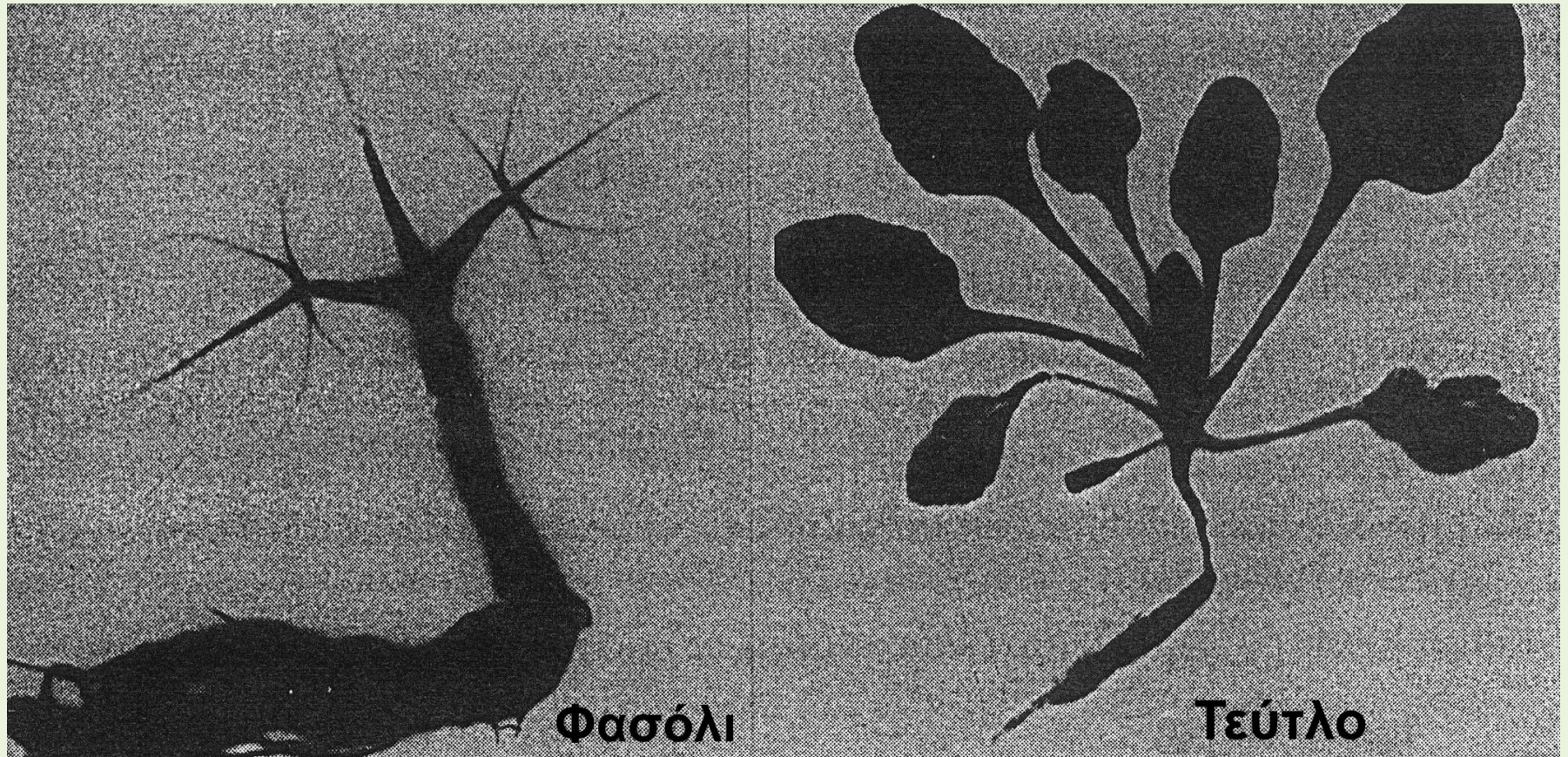
Στα νερά κατά προσέγγιση ισχύει η σχέση:

$$1 \text{ dS/m} = 10 \text{ meq/L}$$

Πρόβλημα που προκαλεί στα φυτά η αλατότητα

1. Όταν τα φυτά απορροφούν περισσότερα άλατα από όσα χρειάζονται για την θρέψη τους προκαλούνται διαταραχές στις ζωτικές λειτουργίες του κυττάρου οι οποίες είναι γνωστές ως τοξικότητες.
2. Όταν τα φυτά παρεμποδίζουν την είσοδο των αλάτων που δεν χρησιμεύουν στην θρέψη τους, δυσκολεύονται να απορροφήσουν νερό λόγω αυξημένου οσμωτικού δυναμικού στο εξωτερικό διάλυμα.

**Κατανομή ραδιενεργού Na μέσα σε φυτικούς
ιστούς φασολιού και τεύτλου
(ακτινογραφία 24 ώρες μετά την χορήγησή του από
την ρίζα)**



| Είδος κηπευτικού | Ανώτατη τιμή αλατότητας που δεν μειώνει την παραγωγή (dS m ⁻¹) | Ποσοστό μείωσης της παραγωγής λόγω αλατότητας (%) |
|---|--|---|
| Κηπευτικά ευαίσθητα στην αλατότητα | | |
| Φράουλα | 1,0 | 33 |
| Φασόλι | 1,0 | 15 |
| Καρότο | 1,0 | 14 |
| Κρεμμύδι | 1,2 | 16 |
| Κηπευτικά μέτρια ευαίσθητα στην αλατότητα | | |
| Ρέβα | 0,9 | 9 |
| Ραπάνι | 1,2 | 13 |
| Μαρούλι | 1,3 | 13 |
| Αμπελοφάσουλο | 1,3 | 14 |
| Πιπεριά | 1,5 | 14 |
| Γλυκοπατάτα | 1,5 | 11 |
| Κινέζικο λάχανο | 3,4 | 10 |
| Κουκί | 1,6 | 10 |
| Γλυκοκαλάμποκο | 1,7 | 12 |
| Πατάτα | 1,7 | 12 |
| Λάχανο κεφαλωτό | 1,8 | 10 |
| Σέλινο | 1,8 | 6 |
| Σπανάκι | 2,0 | 2 |
| Μάραθος | 2,0 | 15 |
| Αγγούρι | 2,5 | 13 |
| Τομάτα | 2,5 | 7 |
| Μπρόκολο | 2,8 | 9 |
| Κηπευτικά μέτρια ανθεκτικά στην αλατότητα | | |
| Μπάμια | 3,5 | 4 |
| Σκόρδο | 3,9 | 14 |
| Παντζάρι | 4,0 | 9 |
| Σπαράγγι | 4,2 | 2 |
| Κολοκύθι | 4,7 | 9 |
| Αγκινάρα | 6,0 | 12 |

Ανώτατα επίπεδα αλατότητας που δεν μειώνουν την παραγωγή (STV)

Ποσοστά μείωσης της παραγωγής ανά μονάδα αύξησης της αλατότητας πάνω από τα ανώτατα επιτρεπτά επίπεδα (SYDR)

Ανάγλυφο εδάφους

- **Νότια έκθεση:** αποτελεί πλεονέκτημα
 - περισσότερο φώς για φωτοσύνθεση
 - πρωίμιση
- **Η κλίση προκαλεί διάβρωση**
- **Επίπεδα εδάφη** μπορεί να μην στραγγίζουν καλά
 - Ήπια αποστράγγιση
- **Επιθυμητή η μικρή κλίση**
- **Μέτρια έως μεγάλη κλίση διορθώνεται με:**
 - Αναχώματα
 - Καλλιέργεια σε λωρίδες
 - Καλλιέργεια κατά τις ισοϋψείς επιφάνειες

Υποστρώματα

Πορώδη υλικά που δεν προκαλούν φυτοτοξικότητα και χρησιμοποιούνται για να υποκαταστήσουν το έδαφος ως μέσο ανάπτυξης του ριζικού συστήματος των φυτών.

Χημικά αδρανή υποστρώματα:

Δεν διαθέτουν ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων

Χημικά ενεργά υποστρώματα:

Έχουν σημαντική ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων

Τα υποστρώματα υποκαθιστούν το έδαφος ως προς τις εξής λειτουργίες του:

- 1. Παροχή νερού στα φυτά**
- 2. Παροχή θρεπτικών στοιχείων στα φυτά**
- 3. Παροχή οξυγόνου στη ρίζα**
- 4. Στήριξη των φυτών**

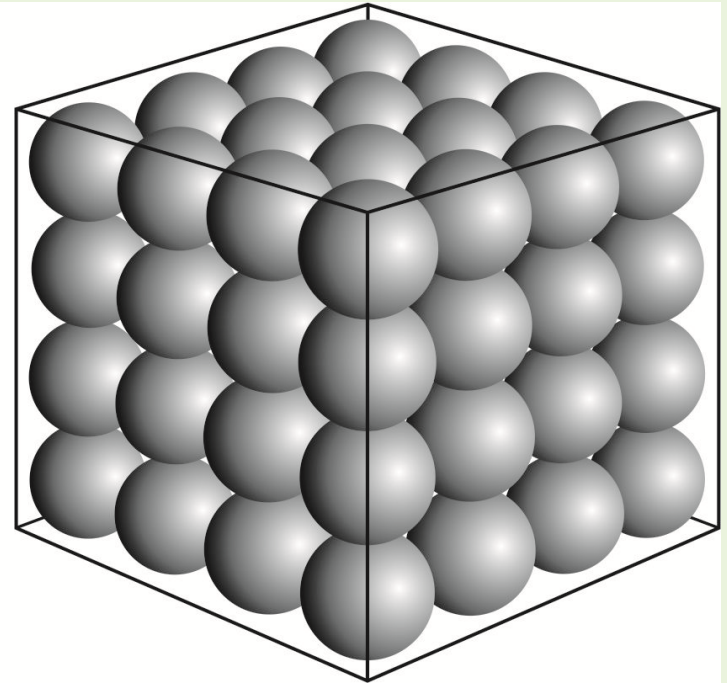
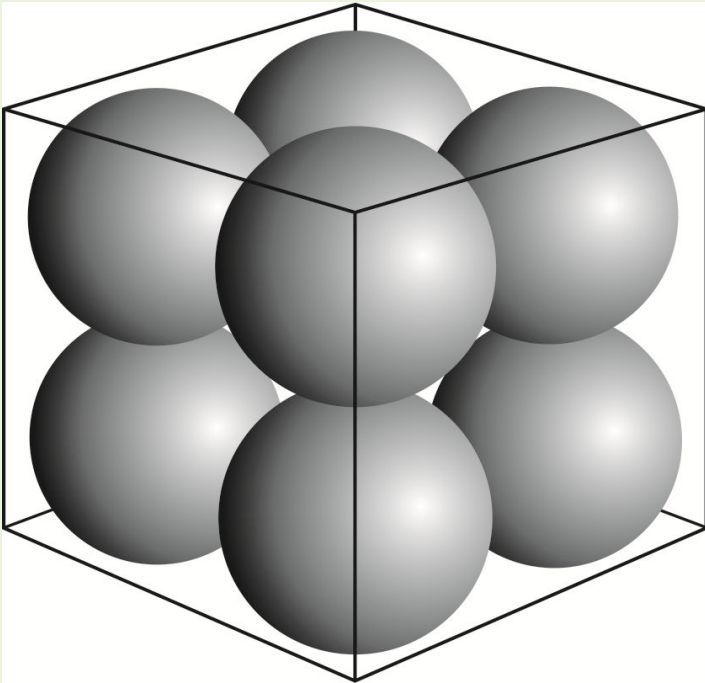
Κυριότερα υποστρώματα για εκτός εδάφους καλλιέργειες

- Πετροβάμβακας
- Περλίτης
- Ελαφρόπετρα
- Ηφαιστειακά υλικά
- Διογκωμένη άργιλος
- Άμμος
- Κομπόστα (compost)
- Κόκος
- Πριονίδι, φλοιοί δένδρων, ίνες ξύλου

Επιθυμητά χαρακτηριστικά υποστρωμάτων

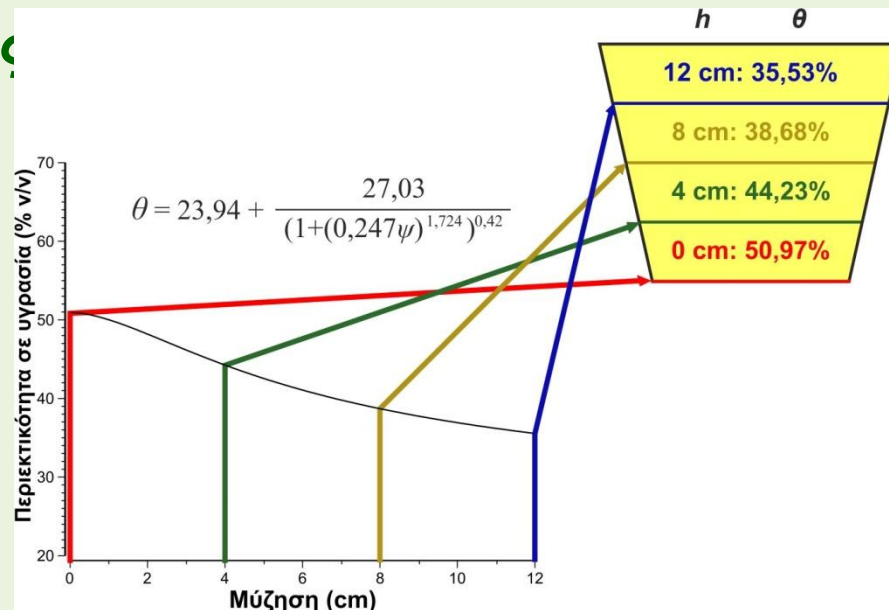
- **Ικανοποιητική συγκράτηση υγρασίας**
- **Επαρκής αεροπερατότητα**
- **Σταθερή δομή**
- **Ομοιομορφία**
- **Απαλλαγμένο από παθογόνα και ζιζάνια**
- **Εύκολο στη χρήση**
- **Χαμηλό κόστος**
- **Φιλικό προς το περιβάλλον**

Μέγεθος κόκκων και ειδική επιφάνεια υποστρώματος



Υδατοχωρητικότητα φυτοδοχείου» (θ_{cc})

Η «υδατοχωρητικότητα φυτοδοχείου» (θ_{cc}) εκφράζει την μέγιστη περιεκτικότητα νερού που μπορεί να περιέχεται σε ένα υπόστρωμα τοποθετημένο σε δοχείο ή σάκο συγκεκριμένων διαστάσεων όταν υπάρχει δυνατότητα πλήρους στράγγισης του νερού (δηλαδή όταν βρίσκεται σε κατάσταση υδατοϊκανότητας



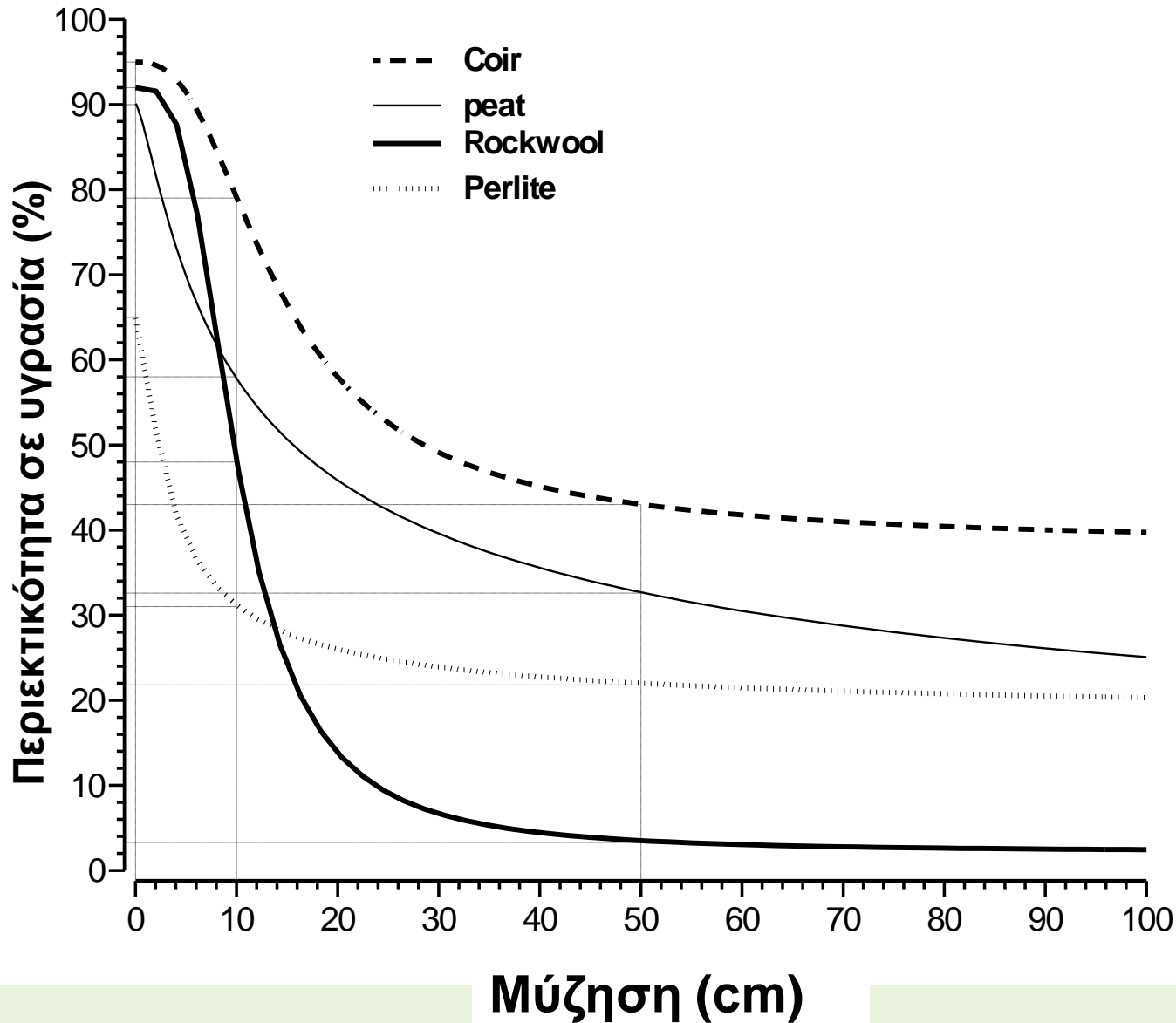
Αεροπερατότητα (A_{cc})

Αεροπερατότητα φυτοδοχείου (A_{cc}): Η περιεκτικότητα σε αέρα ενός υποστρώματος τοποθετημένου σε δοχείο συγκεκριμένων διαστάσεων το οποίο βρίσκεται σε κατάσταση υδατοϊκανότητας.

Η αεροπερατότητα φυτοδοχείου ισούται με την διαφορά μεταξύ ολικού πορώδους (P) και υδατοχωρητικότητας φυτοδοχείου (θ_{cc}).

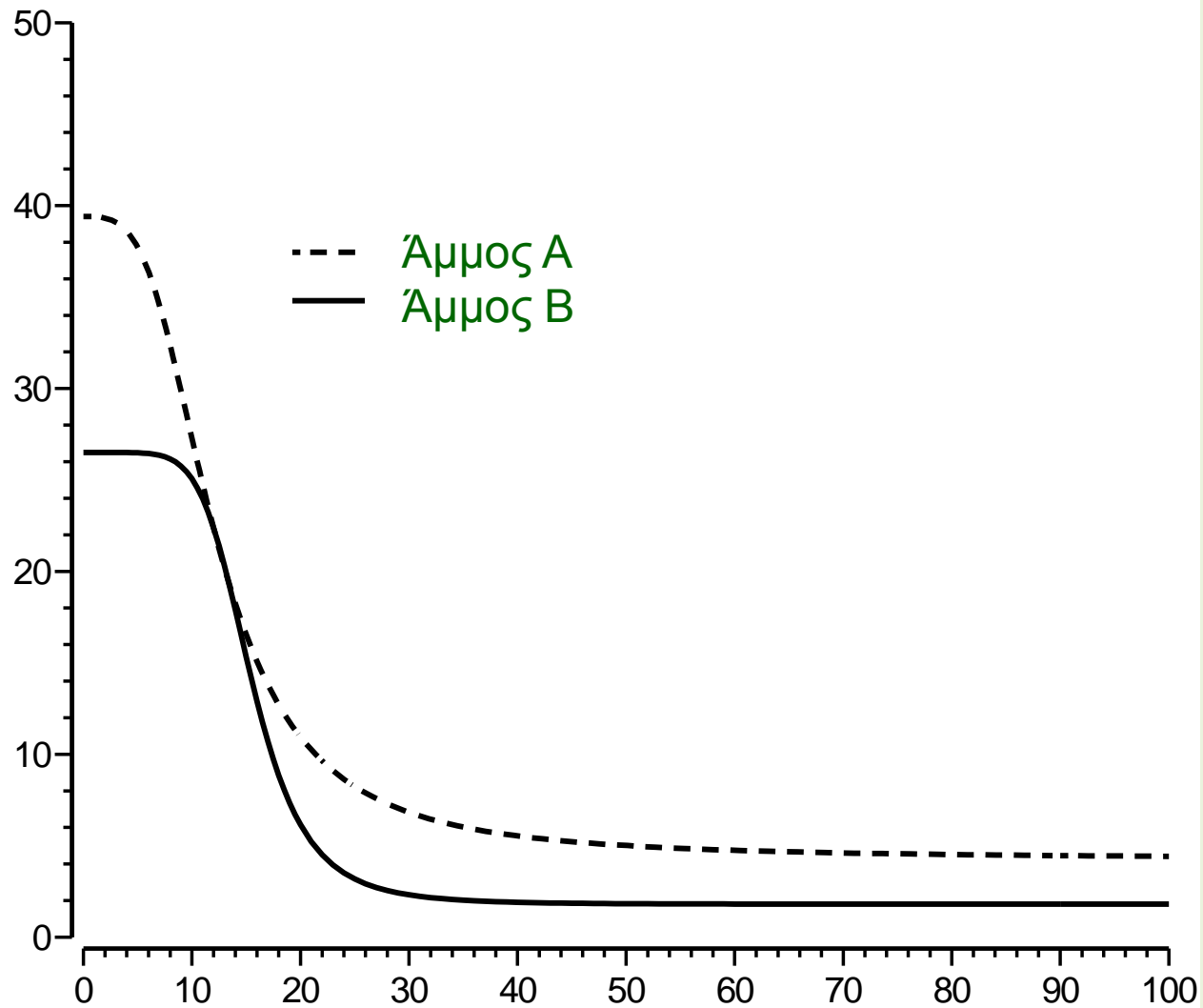
$$A_{cc} = P - \theta_{cc}$$

Αξιολόγηση υποστρώματος ως προς την καλλιεργητική του συμπεριφορά με βάση την ΧΚΥ



1 kPa = 10 cm

ΧΚΥ Άμμου



ΕΝΑΕΡΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

- **Συστατικά αέρα**
- **Ηλιακή ακτινοβολία**
- **Θερμοκρασία αέρα**
- **Υγρασία αέρα**
- **Άνεμος**

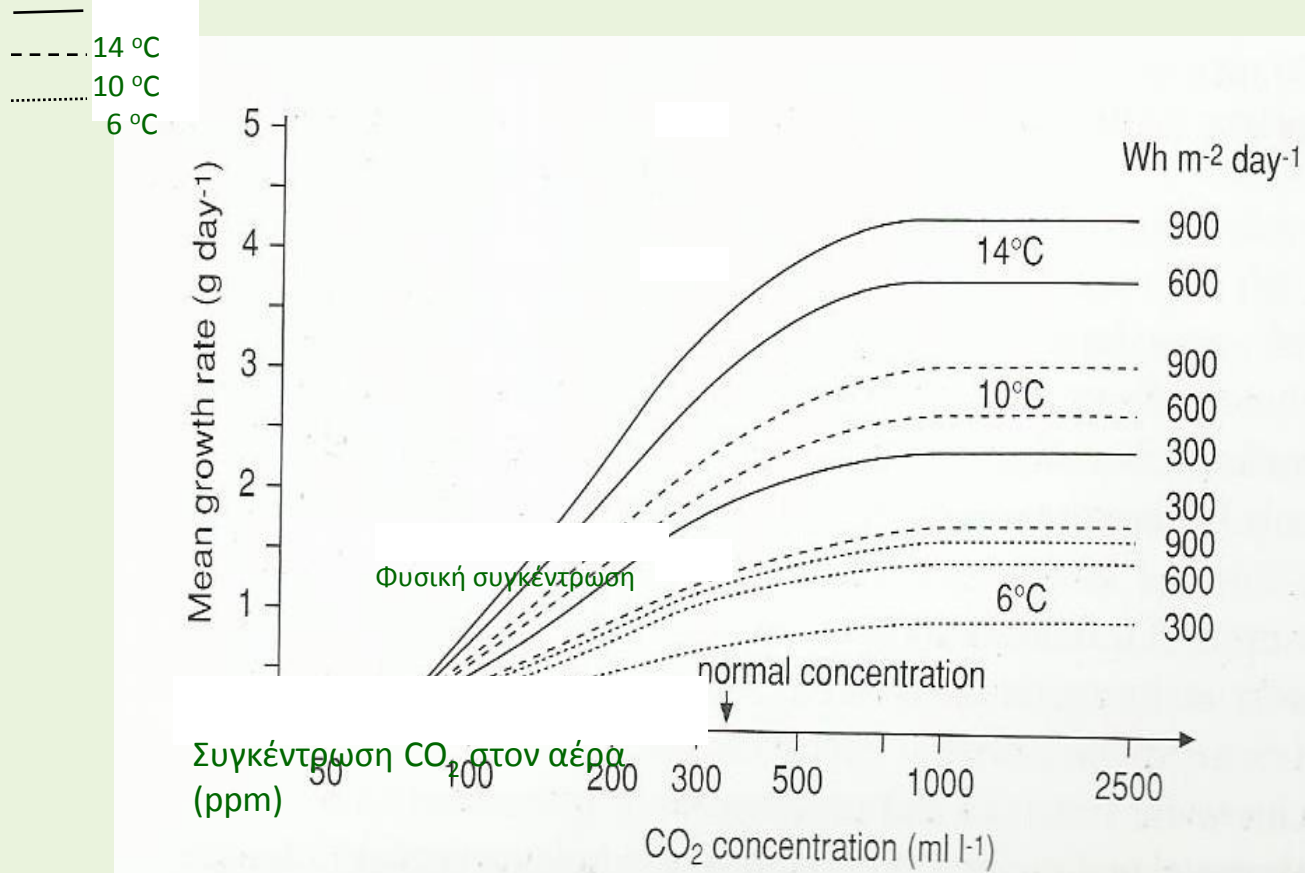
Συστατικά ατμοσφαιρικού αέρα

- **Οξυγόνο**
- **Συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα**
- **Ατμοσφαιρικοί ρύποι**

Συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα

- Τείνει να αυξάνεται με την έναρξη της βιομηχανικής επανάστασης, λόγω των καυσαερίων
- Σήμερα ανέρχεται σε 390 ppm περίπου
- Αύξησή μέχρι περίπου 1000 ppm αυξάνει την παραγωγή
- Πρόβλημα ανεπάρκειας στο θερμοκήπιο όταν δεν αερίζεται

Ρυθμός παραγωγής βιομάζας (g/ημέρα)



Επίδραση συγκέντρωσης CO₂ ατμοσφαιρικού αέρα στον ρυθμό παραγωγής βιομάζας σε καλλιέργειες μαρουλιού που αναπτύχθηκαν σε διαφορετικές θερμοκρασίες αέρα και διαφορετικά επίπεδα ηλιακής ενέργειας

Ατμοσφαιρικοί ρύποι

- Προερχόμενοι από καυσαέρια βιομηχανίας - αυτοκινήτων
 - όζον,
 - διοξείδιο & τριοξείδιο του θείου,
 - μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα,
 - διάφορα οξείδια του αζώτου,
 - Αλδεΐδες
- Προερχόμενοι από άλλες ανθρωπογενείς δραστηριότητες
 - Καπνός
 - Σκόνη
- Προερχόμενοι από άλλες φυσικές πηγές
 - Αιθυλένιο (από υπερώριμα τμήματα φυτών)
 - Αμμωνία (ζύμωση κοπριάς)

Ηλιακή ακτινοβολία

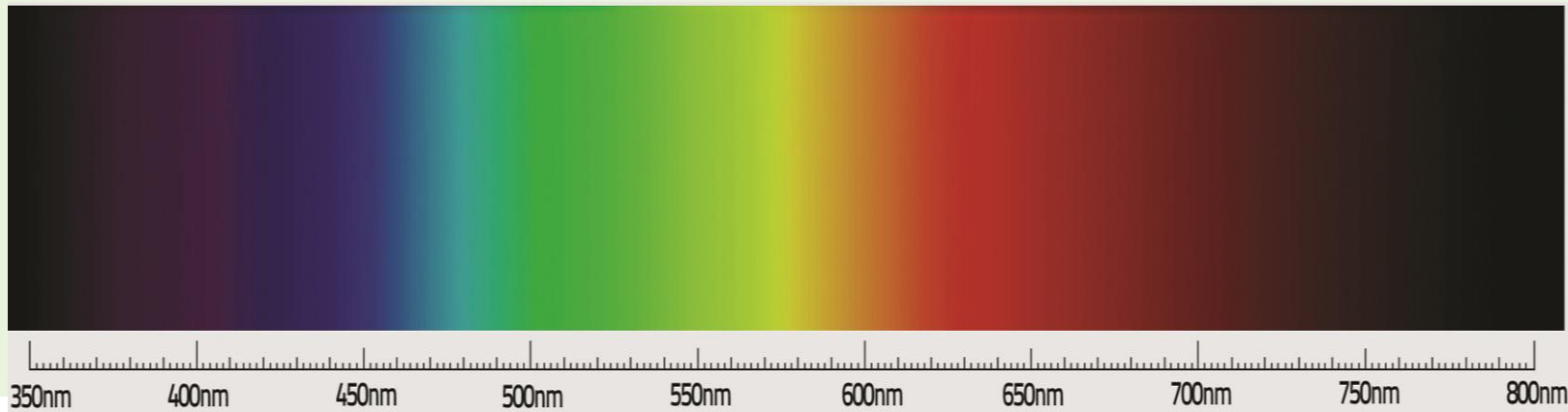
Χαρακτηριστικά ηλιακής ακτινοβολίας που ενδιαφέρουν από βιολογική άποψη:

- **Μήκος κύματος (ποιότητα),**
- **Ένταση (1^η συνιστώσα ποσότητας),**
- **Διάρκεια αυτής στο 24ωρο (2^η συνιστώσα ποσότητας).**

Μήκος κύματος ηλιακής ακτινοβολίας

- **Ηλιακή ακτινοβολία:**
 - Περιλαμβάνει την άμεση και την διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία.
 - Πρόκειται για ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία με εύρος φάσματος 280-2500 nm.
 - 280-380 nm: Υπεριώδης ΗΑ
 - 380 – 780 nm: Ορατή ΗΑ
 - 700 – 750 nm: Μακρινό (βαθύ) ερυθρό
 - 750 - 2500 nm: Υπέρυθρο
 - 800-2500 nm: Θερμική ακτινοβολία

Σχηματική απεικόνιση φάσματος ηλιακής ακτινοβολίας



Φωτοσυνθετικά ενεργός ακτινοβολία

- Γνωστή ως PAR: photosynthetic active radiation
- Μήκος κύματος: 400-700 nm (ορατό φως)
- Αντιστοιχεί: στο 45% της ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει στην επιφάνεια της γης.
- Ορατό ερυθρό φως: φυτά μικρότερου ύψους με σκούρα πράσινα φύλλα και έντονη ανάπτυξη πλάγιων βλαστών.
- Μακρινό ερυθρό (far-red): αυξημένο μήκος μεσογονατίων φύλλων, μειωμένη ένταση χρωμάτων σε άνθη και φύλλα, μειωμένος αριθμός πλάγιων βλαστών.

Επίδραση φωτοσυνθετικά μη ενεργού ακτινοβολίας στα φυτά

- Υπεριώδης (280 – 380 nm): Η χαμηλού μήκους κύματος είναι βλαβερή, τόσο για τους ζωικούς οργανισμούς, όσο και για τα φυτά (προκαλεί εγκαύματα και νεκρώσεις).
- Μακρινή ερυθρή ακτινοβολία (700-750 nm). Επηρεάζει την φωτομορφογένεση των φυτών (π.χ. φύτρωμα σπόρων, φωτοτροπισμός, έλεγχος άνθησης, κ.λ.π.).
- Υπέρυθρη (780-2500 nm): Ασκεί θετική επίδραση στην ανάπτυξη της ζωής, δεδομένου ότι προσδίδει θερμική ενέργεια.

Ένταση ηλιακής ακτινοβολίας

- Ποσότητα ενέργειας που φθάνει στην γη ως ηλιακή ακτινοβολία ανά μονάδα επιφάνειας και ανά μονάδα χρόνου.

Η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας που πέφτει σε μια περιοχή της γης εξαρτάται από:

α) το γεωγραφικό πλάτος,

β) την ώρα της ημέρας

γ) την εποχή του έτους,

δ) τους υδρατμούς της ατμόσφαιρας (νέφη, ομίχλη)

ε) την καθαρότητα της ατμόσφαιρας

στ) το υψόμετρο.

Μονάδες μέτρησης έντασης ΗΑ

- Watt ανά m² (W m⁻²) (J m⁻² s⁻¹).
- Lux: (1 Lux: ομοιόμορφο φως που πέφτει σε 1 m² από μια φωτεινή πηγή ενός “διεθνούς κηρίου” από απόσταση 1 m από την φωτιζόμενη επιφάνεια).
- Foot-candle (Fc): Ορίζεται όπως το Lux για επιφάνεια 1 ft² και απόσταση 1 ft.
 - Ισχύει: 1 Fc = 10,76 Lux , 1 Lux = 0,093 Fc
- Ροή φωτοσυνθετικών φωτονίων (photosynthetic photon flux, PPF): moles φωτονίων ανά sec και m²
 - Μονάδα μέτρησης: μmol s⁻¹ m⁻² (1 mol = 6,023×10²³ φωτόνια).
 - Συχνά ο αριθμός των φωτονίων εκφράζεται σε Einstein (E).
 - Ισχύει η αντιστοιχία 1 Einstein = 1 mol.

Ένταση κορεσμού (ΕΚ)

- Ένταση ΗΑ, πάνω από την οποία δεν αυξάνει η φωτοσύνθεση.
- Η ΕΚ διαφέρει από φυτό σε φυτό.
- Στα C₃ φυτά η ΕΚ κυμαίνεται μεταξύ:
 - 100 - 300 W m⁻² για ξεχωριστά φύλλα
 - 350 - 800 W m⁻² για ολόκληρη καλλιέργεια.
- Στα C₄ φυτά δεν υπάρχει ΕΚ
- Μέγιστη ένταση ΗΑ (καλοκαίρι): 1200 W m⁻²
- Μέγιστη μέση μηνιαία ένταση ΗΑ: 700 W m⁻²

Σημείο αντισταθμίσεως (ΣΑ)

- Η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας στην οποία η βιομάζα που παράγεται με την φωτοσύνθεση ισούται με αυτή που καταναλώνεται με την αναπνοή.
- Σ.Α. σε ξεχωριστά φύλλα: $3-10 \text{ W m}^{-2}$
- Σ.Α. σε ολόκληρες φυτείες: $14-30 \text{ W m}^{-2}$.
- Συνολική ημερήσια ηλιακή ενέργεια που αντιστοιχεί στο ΣΑ: $100 \text{ Wh m}^{-2} \text{ d}^{-1}$.

Σχέση μεταξύ της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας και της φωτοσύνθεσης σε επίπεδο φύλλου και σε επίπεδο καλλιέργειας. Το σημείο αντιστάθμισης επισημαίνεται με βέλη της μορφής (— · —>), ενώ η ένταση κορεσμού με βέλη της μορφής (----->). Βέλη με μαύρο ή γαλάζιο χρώμα επισημαίνουν τιμές σε ξεχωριστά φύλλα ή σε ολόκληρο το φυτό, αντίστοιχα.

Επίδραση της έντασης της φωτοσυνθετικά ενεργής ακτινοβολίας στον ρυθμό φωτοσύνθεσης φύλλων αγγουριού για διαφορετικά επίπεδα CO₂ και θερμοκρασίας αέρα.

Επίδραση ολικής ηλιακής ενέργειας που δέχονται τα κηπευτικά

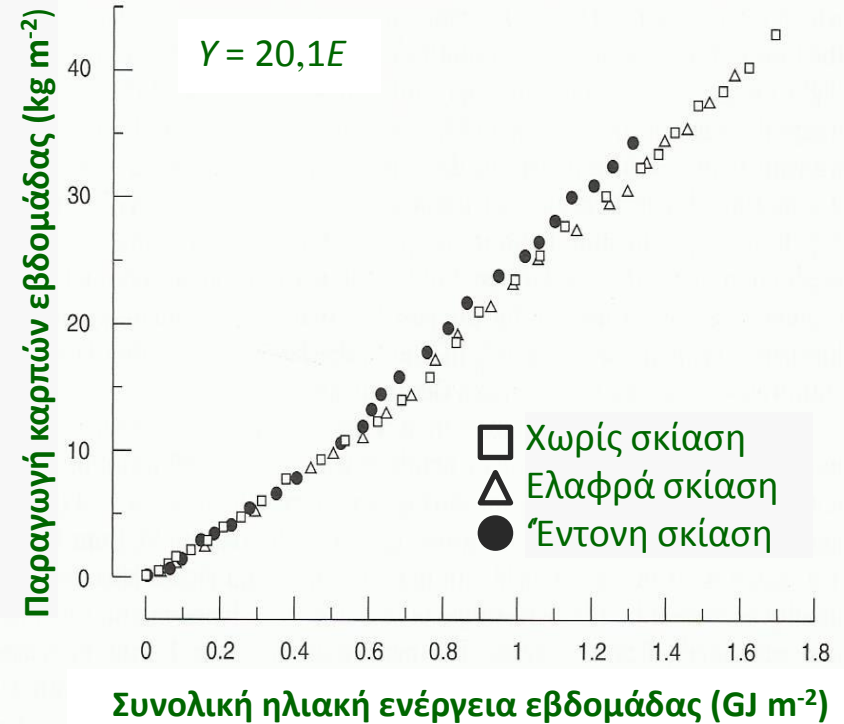
Η επάρκεια ηλιακής ενέργειας για φωτοσύνθεση σε επίπεδο καλλιέργειας εξαρτάται από την συνολική ενέργεια που δέχεται η καλλιέργεια στη διάρκεια μίας ημέρας.

Μονάδες μέτρησης ηλιακής ενέργειας:

$\text{kJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ (ή $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$),

$\text{mmol m}^{-2} \text{d}^{-1}$ (ή $\text{mol m}^{-2} \text{d}^{-1}$)

$\text{Wh m}^{-2} \text{d}^{-1}$



$$1 \text{ Wh m}^{-2} \text{ d}^{-1} = 3600 \text{ J m}^{-2} \text{ d}^{-1} = 0,36 \text{ J cm}^{-2} \text{ d}^{-1} = 1,656 \text{ } \mu\text{mol cm}^{-2} \text{ d}^{-1}$$

Διάρκεια ηλιακής ακτινοβολίας

- Στην βοτανική καλείται φωτοπερίοδος
- Εξαρτάται από εποχή έτους και γεωγραφικό πλάτος και όχι από καιρικές συνθήκες
- Πολλά φυτά διαθέτουν βιοχημικούς μηχανισμούς αναγνώρισής της και με βάση αυτή καθορίζουν τον χρόνο:
 - άνθησης,
 - σχηματισμού υπόγειων αναπαραγωγικών οργάνων
 - άρσης λήθαργου σπόρων.

Διάκριση φυτών με βάση την φωτοπερίοδο

- Φυτά μεγάλης φωτοπεριόδου
- Φυτά μικρής φωτοπεριόδου
- Φυτά ουδέτερα στη φωτοπερίοδο

Φωτοπερίοδος: Ειδικές απαιτήσεις

- Ποσοτική – ποιοτική αντίδραση στη φωτοπερίοδο
- Ορισμένα φυτά αντιδρούν στα φωτοερεθίσματα μόνο όταν αυτά συνοδεύονται και από έκθεση σε χαμηλές ή υψηλές θερμοκρασίες ή ακόμη και από συνδυασμό των παραπάνω.
- Ορισμένα φυτά αντιδρούν στη φωτοπερίοδο αφού περάσουν μία αρχική, νεανική φάση ανάπτυξης (νεανικότητα).

Επίδραση της φωτοπεριόδου στην άνθηση των σημαντικότερων ειδών κηπευτικών

| Ουδέτερα στη φωτοπερίοδο | Μεγάλης φωτοπεριόδου | | Μικρής φωτοπεριόδου | |
|-----------------------------|-----------------------------|----------------------|---------------------|--------------------|
| | Ποσοτική αντίδραση | Ποιοτική αντίδραση | Ποσοτική αντίδραση | Ποιοτική αντίδραση |
| Αγγούρι | Αγκινάρα | Αντίδι | Γλυκοκαλάμποκο | Γλυκοπατάτα |
| Γογγύλι | Καρότο | Ραδίκι | Μπάμια | Βλίτο |
| Καρπούζι | Κινέζικο λάχανο | Σπανάκι ⁴ | | |
| Κολοκύθι | Κρεμμύδι ¹ | | | |
| Κουνουπίδι | Μαρούλι ¹ | | | |
| Κρεμμύδι ¹ | Μπιζέλι (Ο.Π.) ³ | | | |
| Λάχανο Βρυξελλών | Παντζάρι | | | |
| Λάχανο κεφαλωτό | Πράσο | | | |
| Μαρούλι ¹ | Ραπάνι | | | |
| Μελιτζάνα | Ρέβα | | | |
| Μπιζέλι (Π.Π.) ² | Σέλινο | | | |
| Μπρόκολο | Σέσκουλο | | | |
| Πατάτα | | | | |
| Πεπόνι | | | | |
| Πιπεριά | | | | |
| Σπαράγγι | | | | |
| Τομάτα | | | | |
| Φασόλι | | | | |

1: Ορισμένες ποικιλίες είναι ουδέτερες στη φωτοπερίοδο, ενώ άλλες είναι μεγάλης ημέρας

2: Ποικιλίες πρώιμης καρποφορίας

3: Ποικιλίες όψιμης καρποφορίας

4: Στο ίδιο είδος υπάρχουν και ποικιλίες με ποσοτική αντίδραση στη φωτοπερίοδο.

Επίδραση της φωτοπεριόδου στον σχηματισμό υπόγειων βλαστικών οργάνων

| Ουδέτερα στη φωτοπερίοδο | Μεγάλης φωτοπεριόδου | | Μικρής φωτοπεριόδου | |
|--------------------------|----------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| | Ποσοτική αντίδραση | Ποιοτική αντίδραση | Ποσοτική αντίδραση | Ποιοτική αντίδραση |
| Καρότο | | Κρεμμύδι | Πατάτα | |
| Παντζάρι | | Σκόρδο | Γλυκοπατάτα | |
| Ρέβα | | | | |
| Ραπανάκι | | | | |

Στον πίνακα περιλαμβάνονται μόνο τα κηπευτικά που σχηματίζουν υπόγεια όργανα αγενούς αναπαραγωγής

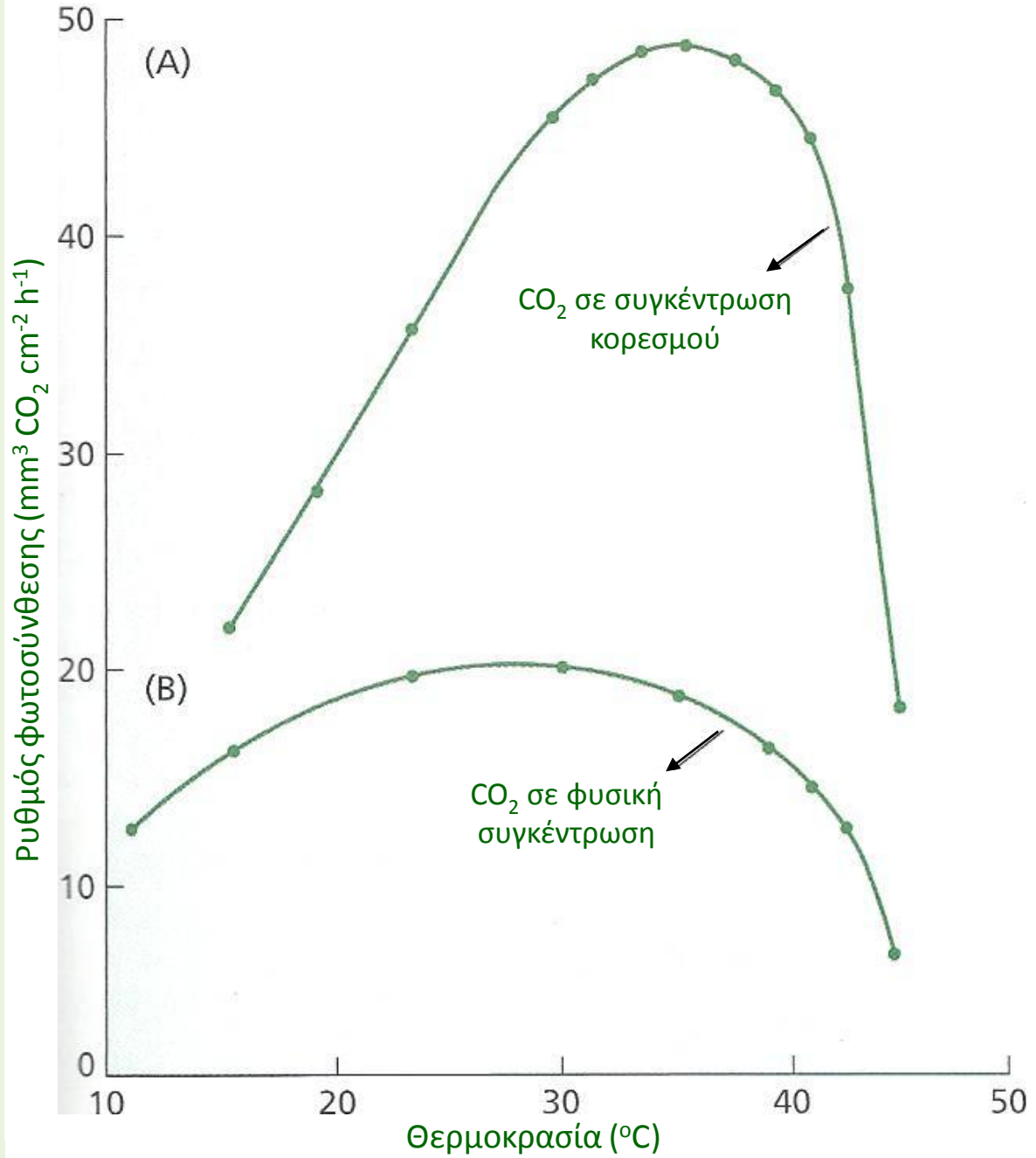
Θερμοκρασία αέρα

- Καθοριστικής σημασίας για την αύξηση και ανάπτυξη των φυτών.
- Επηρεάζει την ταχύτητα των ενζυμικών αντιδράσεων και μέσω αυτών:
 - φωτοσύνθεση,
 - αναπνοή,
 - διαπνοή.

Επίδραση θερμοκρασίας αέρα στην φωτοσύνθεση:

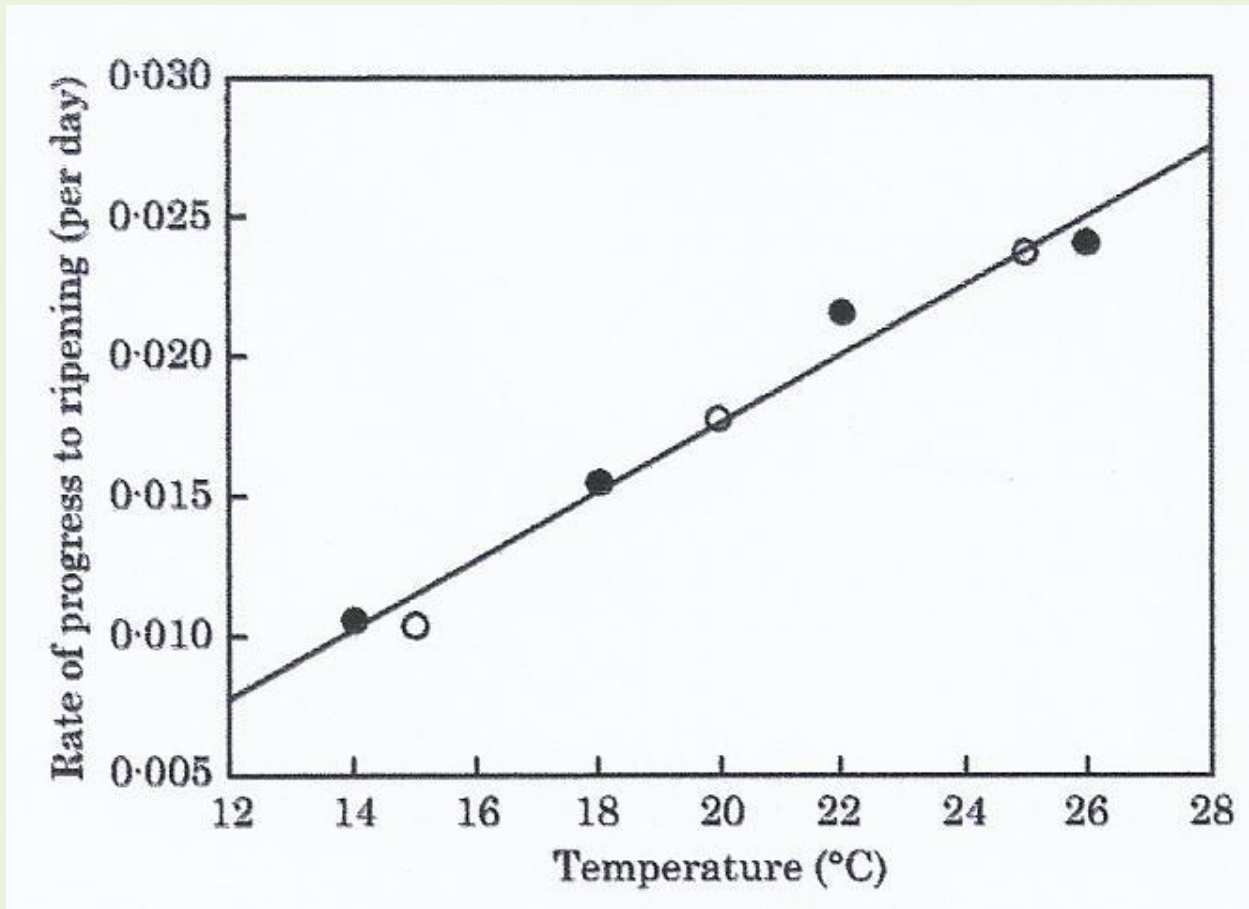
A: σε συγκέντρωση CO₂ που έχει αυξηθεί στο επίπεδο του κορεσμού

B: σε ατμοσφαιρική συγκέντρωση CO₂.



Η έννοια της θερμοημέρας

- Οι θερμοημέρες ορίζονται ως το άθροισμα των γινομένων μεταξύ της μέσης θερμοκρασίας ημέρας πάνω από ένα βασικό επίπεδο (π.χ. 4 °C στην τομάτα) και των ημερών που σημειώθηκε η συγκεκριμένη μέση θερμοκρασία.
- Λόγω της καθοριστικής σημασίας που έχει η θερμοκρασία στον μεταβολισμό των φυτών, ο ρυθμός αύξησης της φυτικής μάζας ενός λαχανικού καθώς και ο ρυθμός ανάπτυξής του είναι συνάρτηση των θερμοημερών και όχι του χρόνου σε ημέρες.



Σχέση μεταξύ θερμοκρασίας αέρα και ρυθμού αύξησης των καρπών της τομάτας

Θερμοπεριοδισμός

- Είναι και η διαφορά θερμοκρασίας ημέρας και νύχτας
- Σχετικά χαμηλή θερμοκρασία νύχτας περιορίζει την κατανάλωση υδατανθράκων μέσω της αναπνοής, οπότε το ισοζύγιο της καθαρής φωτοσύνθεσης αυξάνεται.
- Το αποτέλεσμα είναι η γρηγορότερη και πιο πλούσια αύξηση των φυτών.
- Στην καλλιεργητική πράξη η επίδραση του θερμοπεριοδισμού λαμβάνεται υπόψη κυρίως στις καλλιέργειες θερμοκηπίου στις οποίες η θερμοκρασία νύχτας διατηρείται 5-6 °C χαμηλότερα από την ημέρα την ψυχρή εποχή του έτους εφόσον ο χώρος θερμαίνεται.

Εαρινοποίηση

- Η έκθεση των φυτών σε ψύχος για ένα ελάχιστο αριθμό ωρών με στόχο να ενεργοποιηθούν εκείνες οι βιοχημικές και φυσιολογικές διεργασίες οι οποίες είναι απαραίτητες για:
 - Να φυτρώσουν οι σπόροι
 - Να εισέλθουν τα φυτά στο αναπαραγωγικό τους στάδιο και να ανθίσουν

Επίδραση των χαμηλών θερμοκρασιών στην εαρινοποίηση του κουνουπιδιού.

Αριστερός κάθετος άξονας: ποσοστό του συνολικά απαιτούμενου χρόνου για εαρινοποίηση που καλύπτεται από την έκθεση των φυτών για μία ημέρα στην αντίστοιχη χαμηλή θερμοκρασία.

Δεξιός κάθετος άξονας: Αριθμός φύλλων που σχηματίζονται μέχρι να ξεκινήσει η έκπτυξη ανθικών στελεχών σε κάθε επίπεδο θερμοκρασίας.

Ανάγκες διαφόρων κηπευτικών σε χαμηλές θερμοκρασίες (T) για να εαρινοποιηθούν και να σχηματίσουν ανθικά στελέχη

| Είδος κηπευτικού | Ποιοτική (O) ή ποσοτική (F) αντίδραση ¹ | Στάδιο έναρξης πρόσληψης ερεθίσματος ² | Εύρος T (°C) εαρινοποίησης | Άριστη T (°C) εαρινοποίησης | Απαιτούμενη διάρκεια έκθεσης (εβδ.) |
|------------------|--|---|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| Κουνουπίδι | O | Φ (4 – 12) | 0 - 16 | 10 | 1 - 6 |
| Ραδίκι | O | E | 0 - 12 | 5 | 4 - 8 |
| Κινέζικο λάχανο | O | Σ | 0 - 20 | 5-8 | 1 - 4 |
| Αντίδι | F | E | 0 - 17 | 4 | 3 - 4 |
| Γογγύλι | O | Φ (>2) | 0 - 12 | 5 | 4 - 8 |
| Λάχανο κεφαλωτό | O | Φ (4-15) | 0 - 12 | 4-7 | 4 - 20 |
| Μαρούλι | F | E | 0 - 12 | 2-5 | 2 - 3 |
| Καρότο | O | Φ (>8) | 0 - 10 | 2-6 | 5 - 12 |
| Μαϊντανός | O | Φ (>5) | 0 - 10 | 2-6 | 5 - 8 |
| Πράσο | O | Φ (>5) | 0 - 18 | 5-8 | 3 - 6 |
| Ραπάνι | O και F | B | 3 - 5 | 5 | 1 - 3 |
| Παντζάρι | O | E | 0 - 18 | 5-9 | 3 - 5 |
| Σέλινο | O | Φ (4-6) | 0 - 14 | 5-8 | 2 - 5 |
| Ρέβα | O | B | 0 - 18 | 7 | 2 - 4 |
| Σπανάκι | F | Σ | 0 - 12 | 5-8 | 1 - 3 |
| Κρεμμύδι | O | Φ (4-6) | 2 - 18 | 9-13 | 4 - 12 |
| Μπρόκολο | F | Φ (>4) | 0 - 20 | 5 | 2-4 |
| Λάχανο Βρυξελλών | O | Φ (>15) | 0 - 12 | 4-7 | 5-9 |
| Αγκινάρα | O | B | 0 - 15 | 2-7 | 2 - 4 |
| Μπιζέλι | F | E | 4 - 7 | 4-7 | 2 - 4 |
| Τομάτα | F | Φ | <16 | 12 - 16 | 1 - 2 |

Σε ορισμένα είδη υπάρχουν ποικιλίες που ανήκουν και στις δύο κατηγορίες (O και F).

²: E = έμβρυο πάνω στο μητρικό φυτό, Σ = σπόρος μόλις απορροφήσει υγρασία και διογκωθεί, B = μετά την βλάστηση του ριζιδίου, Φ = φυτό στο στάδιο των (x) φύλλων.



Πρόωρη έκπτυξη ανθικού στελέχους σε φυτό λάχανου (*Brassica oleracea* L. var. *capitata*) το οποίο εκτέθηκε για ικανό χρόνο σε χαμηλές θερμοκρασίες (0-12 °C) και εαρινοποιήθηκε πριν σχηματίσει κλειστή κεφαλή.

Αντιεαρινοποίηση

Η εαρινοποίηση μπορεί να καθυστερήσει σημαντικά αν τα φυτά πριν την έναρξη της έκθεσής τους σε χαμηλές θερμοκρασίες έχουν εκτεθεί σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες.

Από-εαρινοποίηση

Η εαρινοποίηση μπορεί επίσης να αναστραφεί τελείως αν, μετά την επαγωγή της, τα φυτά εκτεθούν σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες της τάξεως των 30 °C.

Κηπευτικά που παρουσιάζουν αντι-εαρινοποίηση ή απο-εαρινοποίηση

| Κηπευτικά που παρουσιάζουν αντι-εαρινοποίηση | Παρατήρηση | Κηπευτικά που παρουσιάζουν απο-εαρινοποίηση | Παρατήρηση |
|--|------------------|---|------------|
| Κουνουπίδι | Ασθενής επίδραση | Κινέζικο λάχανο | >20 °C |
| Ραδίκι | - | Αντίδι | >20 °C |
| Γογγύλι | Ισχυρή , >16 °C | Σέλινο ¹ | >20 °C |
| Κεφαλωτό λάχανο | Ισχυρή, >16 °C | Κρεμμύδι ¹ | >20 °C |
| μαρούλι | - | Μπιζέλι ¹ | |
| καρότο | >20 °C | | |
| Παντζάρι | Ισχυρή, >18 °C | | |
| Σέλινο ¹ | >20 °C | | |
| Ρέβα | >18 °C | | |
| Κρεμμύδι ¹ | >20 °C | | |
| Αγκινάρα | >18 °C | | |
| Μπιζέλι ¹ | | | |

¹: Φυτά που παρουσιάζουν και αντι-εαρινοποίηση και από-εαρινοποίηση.

Παγετός

- Παγετός: θερμοκρασία αέρα ή εδάφους $<0\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Με τον παγετό, το κυτταρικό νερό συστέλλεται, οπότε οι ιστοί του υπέργειου μέρους και της ρίζας παθαίνουν μηχανικές ζημιές.
- Το φυτό με τον παγετό δεν μπορεί να απορροφήσει νερό και παθαίνει αφυδάτωση που συχνά επιφέρει το θάνατό του.
- Η συχνότητα εμφάνισης παγετών καθορίζει τον χρόνο σποράς των λαχανικών στην ύπαιθρο.
- Η εμφάνιση παγετών καθορίζει την δυνατότητα εγκατάστασης μη θερμαινόμενου λαχανοκομικού θερμοκηπίου.
- Θετικός ρόλος χειμερινών παγετών: καταστρέφουν έντομα, παθογόνους μικροοργανισμούς και ζιζάνια.
- Συντελούν επίσης στο θρυμματισμό των βόλων χώματος, με συνέπεια να βελτιώνεται η δομή του εδάφους.

Ατμοσφαιρική υγρασία

- Επηρεάζει:
 - την διαπνοή των φυτών και μέσω αυτής το υδατικό τους ισοζύγιο,
 - την τροφοδότηση των κυττάρων του μεσοφύλλου με CO_2 μέσω των στοματίων,
 - την εμφάνιση μυκητολογικών και βακτηριολογικών ασθενειών.
- Στα θερμοκήπια η υγρασία του αέρα μπορεί να ρυθμιστεί μέσω τεχνικών & καλλιεργητικών επεμβάσεων.

ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (RH) ΑΕΡΑ

Η περιεκτικότητα του αέρα σε υγρασία συνήθως εκφράζεται ως **σχετική υγρασία** (RH) του αέρα.

Η RH είναι αδιάστατο μέγεθος και εκφράζει τον βαθμό κορεσμού του αέρα σε υδρατμούς.

Η RH ορίζεται ως αναλογία (%) μεταξύ της μερικής τάσης των υδρατμών στον αέρα σε μία δεδομένη στιγμή (e_a) και της μερική τάσης σε κατάσταση κορεσμού στην συγκεκριμένη θερμοκρασία (e_o).

$$RH = \frac{100e_a}{e_o}$$

Μεταβολές της μερικής πίεσης των υδρατμών της ατμόσφαιρας σε κατάσταση κορεσμού (e_o) στο συνηθισμένο εύρος θερμοκρασιών (T) ατμόσφαιρας.

| T (°C) | e_o (kPa) | T (°C) | e_o (kPa) |
|--------|-------------|--------|-------------|
| 0 | 0.611 | 21 | 2.487 |
| 1 | 0.657 | 22 | 2.644 |
| 2 | 0.706 | 23 | 2.809 |
| 3 | 0.758 | 24 | 2.984 |
| 4 | 0.813 | 25 | 3.168 |
| 5 | 0.872 | 26 | 3.361 |
| 6 | 0.935 | 27 | 3.565 |
| 7 | 1.002 | 28 | 3.780 |
| 8 | 1.073 | 29 | 4.006 |
| 9 | 1.148 | 30 | 4.243 |
| 10 | 1.228 | 31 | 4.493 |
| 11 | 1.313 | 32 | 4.755 |
| 12 | 1.403 | 33 | 5.030 |
| 13 | 1.498 | 34 | 5.319 |
| 14 | 1.599 | 35 | 5.623 |
| 15 | 1.705 | 36 | 5.941 |
| 16 | 1.818 | 37 | 6.275 |
| 17 | 1.938 | 38 | 6.625 |
| 18 | 2.064 | 39 | 6.991 |
| 19 | 2.197 | 40 | 7.376 |
| 20 | 2.338 | 41 | 7.778 |

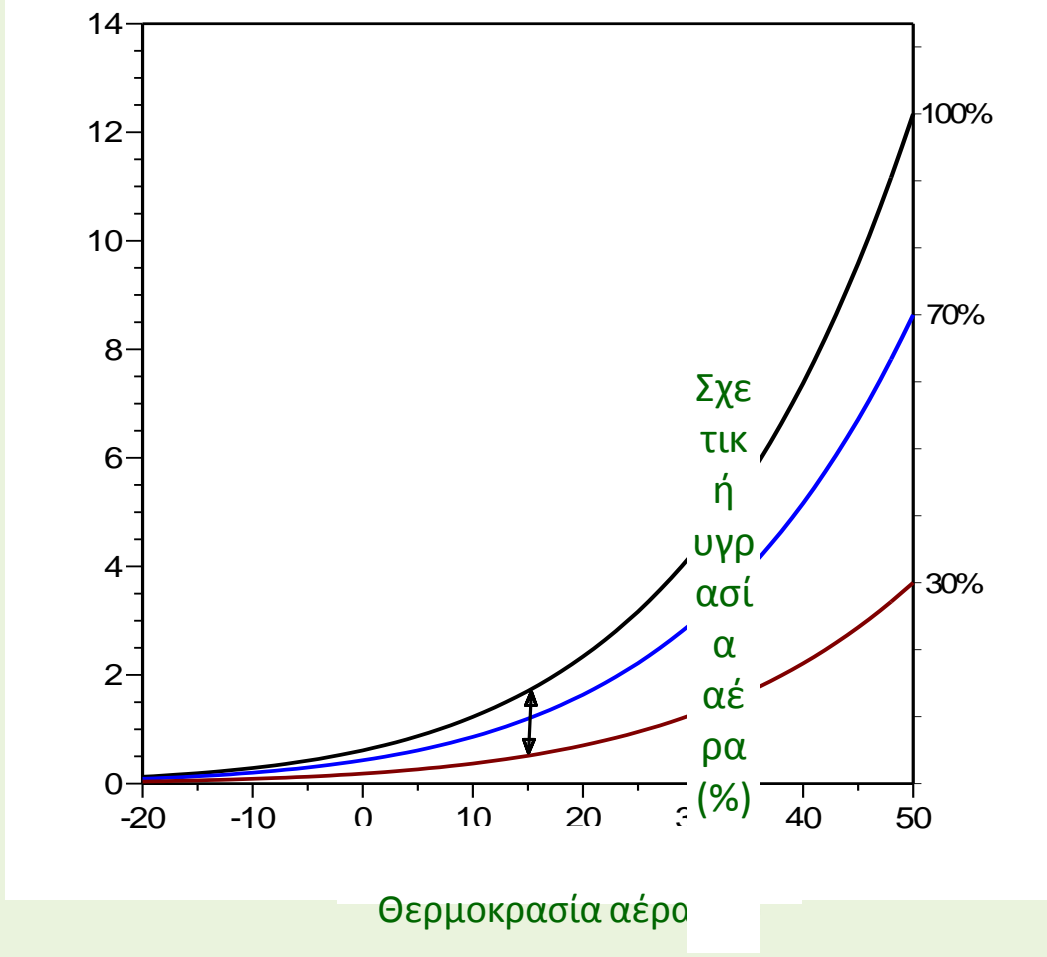
Έλλειμμα πίεσης υδρατμών (ΕΠΥ) (έλλειμμα κορεσμού)

Η διαφορά μεταξύ της μερικής τάσης των υδρατμών αέρα σε μία δεδομένη στιγμή και της μερικής τάσης σε κατάσταση κορεσμού ($e_o - e_a$) καλείται ΕΠΥ (έλλειμμα κορεσμού).

$$e_o - e_a = e_o \left(\frac{RH}{100} \right)$$

Όσο μεγαλύτερο είναι το ΕΠΥ, τόσο χαμηλότερο γίνεται το υδατικό δυναμικό στον ατμοσφαιρικό αέρα και συνεπώς τόσο μεγαλύτερη απορροφητική δύναμη ασκεί η ατμόσφαιρα στο νερό των φύλλων.

Με
ρικ
ή
τάσ
η
υδ
ρατ
μών
(kPa)



Σχέση μεταξύ θερμοκρασίας αέρα (T_a) και μερικής τάσης υδρατμών αέρα στην κατάσταση κορεσμού (e_o), δηλαδή σε RH 100%, καθώς και σε RH 70% και 30%.

Τα αμφίδρομα βέλη απεικονίζουν το έλλειμμα πίεσης υδρατμών (ΕΠΥ) σε δύο διαφορετικές θερμοκρασίες αέρα (15 και 35 °C) για Σ.Υ. 70%.

Άνεμος

- Ο άνεμος ασκεί τόσο μηχανικές όσο και αποξηραντικές επιδράσεις στο έδαφος και στα λαχανικά.
- εκλογή τοποθεσίας που δεν πλήττεται από ανέμους, είναι ένας τρόπος προστασίας των λαχανικών από τη δυσμενή επίδρασή τους.
- Άλλο μέσο προστασίας είναι οι ανεμοφράκτες που δημιουργούνται από φυτά (ζωντανοί ανεμοφράκτες) ή από άλλα ξηρά υλικά (νεκροί ανεμοφράκτες).
- Οι ανεμοφράκτες πρέπει να επιτρέπουν τη διέλευση του 60% του ανέμου που πνέει στην περιοχή.

Επίδραση του μεγέθους των στοματίων στους ρυθμούς διαπνοής σε φύλλα του φυτού *Zebrina pendula*: α) σε συνθήκες άπνοιας και β) όταν επικρατεί ισχυρός άνεμος.

Ο πολύ χαμηλότερος ρυθμός διαπνοής σε συνθήκες άπνοιας για ίδιο μέγεθος στοματίων οφείλεται στην δραστική μείωση της ταχύτητας διάχυσης των υδρατμών από τις υποστομάτιες κοιλότητες προς την ατμόσφαιρα λόγω αυξημένης αντίστασης που ασκεί το ακίνητο στρώμα αέρα που εφάπτεται στην επιφάνεια των φύλλων.

Ανεμοφράκτες

- Ένας ανεμοφράκτης προστατεύει τα λαχανικά σε απόσταση ίση με 8 έως 10 φορές το ύψος του.
- Οι ζωντανοί ανεμοφράκτες επιδρούν και στο μικροκλίμα της περιοχής που προστατεύουν, μετριάζοντας τις ακραίες τιμές της θερμοκρασίας.
- Οι νεκροί ανεμοφράκτες είναι μόνιμοι ή κινητοί.
- Κατασκευάζονται ή από νεκρά φυτικά υπολείμματα ή από βιομηχανικά υλικά.

