

Συστήματα Δροσισμού
Θερμοκηπίων:
1) Σύστημα τεχνητής ομίχλης

Εργαστήριο Γεωργικών Κατασκευών και
Ελέγχου Περιβάλλοντος
Ν. Κατσούλας, Κ. Κίττας

Συστήματα δροσισμού

- Τεχνητή ομίχλη
- Υγρή παρειά και ανεμιστήρες

Σύστημα τεχνητής ομίχλης

Μετατροπή της αισθητής θερμότητας σε λανθάνουσα, με εξάτμιση νερού το οποίο ψεκάζεται από το σύστημα στον αέρα του θερμοκηπίου.

Εφαρμόζεται συνήθως σε θερμοκήπια εξοπλισμένα με παθητικό εξαερισμό.

Τεχνητή ομίχλη

- Συστήματα χαμηλής πίεσης
(Πίεση λειτουργίας 5 bar)

Σταγονίδια νερού μεγέθους
>200μm.

- Συστήματα υψηλής πίεσης
(Πίεση λειτουργίας 60 bar)

Σταγονίδια νερού
της τάξης των 10-30 μm.

(Μια τρίχα έχει πάχος από 40 έως
200 μm)



Τεχνητή ομίχλη

Γιατί είναι τόσο σημαντικό το μέγεθος της σταγόνας;

1) Η μικρή σταγόνα έχει μεγάλη επιφάνεια

2) Η μικρή σταγόνα έχει μικρό βάρος

Εκτοξευτήρες

Ο αριθμός των εκτοξευτήρων και των γραμμών των σωλήνων επάνω στους οποίους τοποθετούνται, προσδιορίζονται από την πίεση,

την παροχή του εκτοξευτήρα και από το μέγεθος του θερμοκηπίου.



Αντλία

Για την πίεση
χρησιμοποιούνται
αντλίες υψηλής
πίεσης.



Τεχνητή ομίχλη

Προβλήματα

- Όταν χρησιμοποιούνται συσκευές χαμηλής πίεσης, μέρος της εξάτμισης γίνεται στα φύλλα και στο έδαφος κάτι που οδηγεί σε υγραποιήσεις.
- Οι συσκευές υψηλής πίεσης απαιτούν νερό πολύ καλής ποιότητας και παράλληλη χρήση συστημάτων απιονισμού για την αποφυγή απόφραξης των μικροεκτοξευτήρων.
- Πρέπει να συνδυάζεται με σωστή διαχείριση του συστήματος αερισμού.

Τεχνητή ομίχλη

Γιατί είναι απαραίτητος ο αερισμός;

Ας φανταστούμε ότι ο αέρας είναι ένας σπόγγος. Θα απορροφήσει αρχικά μια ποσότητα νερού και όταν κορεσθεί θα αρχίσει να στραγγίζει.

Στην περίπτωση του αέρα:

- 1) Όταν φτάσει στον κορεσμό δεν θα μπορέσει να απορροφήσει άλλο νερό και θα πρέπει, προκειμένου να συνεχιστεί η διαδικασία του δροσισμού με εξάτμιση, να αντικατασταθεί από εξωτερικό, ξηρό αέρα.
- 2) Όσο πιο ξηρός είναι στην αρχή ο αέρας, δηλαδή όσο πιο λίγο νερό περιέχει, τόσο πιο πολύ νερό θα απορροφήσει μέχρι να φτάσει στον κορεσμό.

Τεχνητή ομίχλη-Αερισμός

Ο απαιτούμενος αερισμός ενός θερμοκηπίου εξοπλισμένου με σύστημα τεχνητής ομίχλης, προκειμένου να επιτευχθούν οι επιθυμητές εσωτερικές συνθήκες θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας δίνεται από την παρακάτω σχέση:

Τεχνητή ομίχλη-Αερισμός

$$q \text{ (kg s}^{-1} \text{ m}^{-2}\text{)} = \frac{RSo \cdot \tau \cdot \zeta - U (T_i - T_o)}{h_i - h_o}$$

όπου:

RSo η ηλιακή ακτινοβολία έξω από το θερμοκήπιο ($W m^{-2}$),

τ η διαπερατότητα του θερμοκηπίου,

ζ ο λόγος της ηλιακής ενέργειας που χρησιμοποιείται για την αύξηση της ενθαλπίας του αέρα του θερμοκηπίου,

U ο ολικός συντελεστής απωλειών θερμότητας του θερμοκηπίου $W ^\circ C^{-1} m^{-2}$ εδάφους,

h_i και h_o η ενθαλπία του εσωτερικού και εξωτερικού αέρα του θερμοκηπίου ($j kg^{-1}$) και

T_i και T_o η θερμοκρασία του αέρα μέσα και έξω από το θερμοκήπιο ($^\circ C$)

Τεχνητή ομίχλη

Η απαιτούμενη ποσότητα νερού m_w που πρέπει να διοχετευθεί στην ατμόσφαιρα του θερμοκηπίου, προκειμένου να επιτευχθούν οι επιθυμητές κλιματικές συνθήκες, δίνεται από τη σχέση:

$$m_w \text{ (kg s}^{-1} \text{ m}^{-2}\text{)} = q (w_i - w_o)$$

όπου: w_i και w_o η απόλυτη υγρασία του αέρα μέσα και έξω από το θερμοκήπιο (kg/kg)

Τεχνητή ομίχλη

Η πηγή του νερού-υδρατμών που πρέπει να διοχετευθούν στην ατμόσφαιρα του θερμοκηπίου είναι τα φυτά και το έδαφος, μέσα από τη διαδικασία της εξατμισοδιαπνοής και το σύστημα τεχνητής ομίχλης. Είναι δηλαδή:

$$m_w = m_{tr} + m_{fog} \text{ (kg s}^{-1} \text{ m}^{-2}\text{)}$$

όπου: m_{tr} ο ρυθμός εξατμισοδιαπνοής στο θερμοκήπιο και m_{fog} ο ρυθμός παροχής νερού από το σύστημα τεχνητής ομίχλης

Τεχνητή ομίχλη

Ο ρυθμός διαπνοής της καλλιέργειας μπορεί να υπολογιστεί από την παρακάτω σχέση:

$$m_{tr} = [A R_n + B D_i] / \lambda$$

όπου R_n η καθαρή ενέργεια που είναι διαθέσιμη στο επίπεδο των φυτών ($W m^{-2}$) και D_i το έλλειμμα κορεσμού του αέρα του θερμοκηπίου (kPa).

ή από την απλοποιημένη σχέση:

$$m_{tr} = a^* \tau^* \zeta^* R S_o / \lambda$$

Τεχνητή ομίχλη

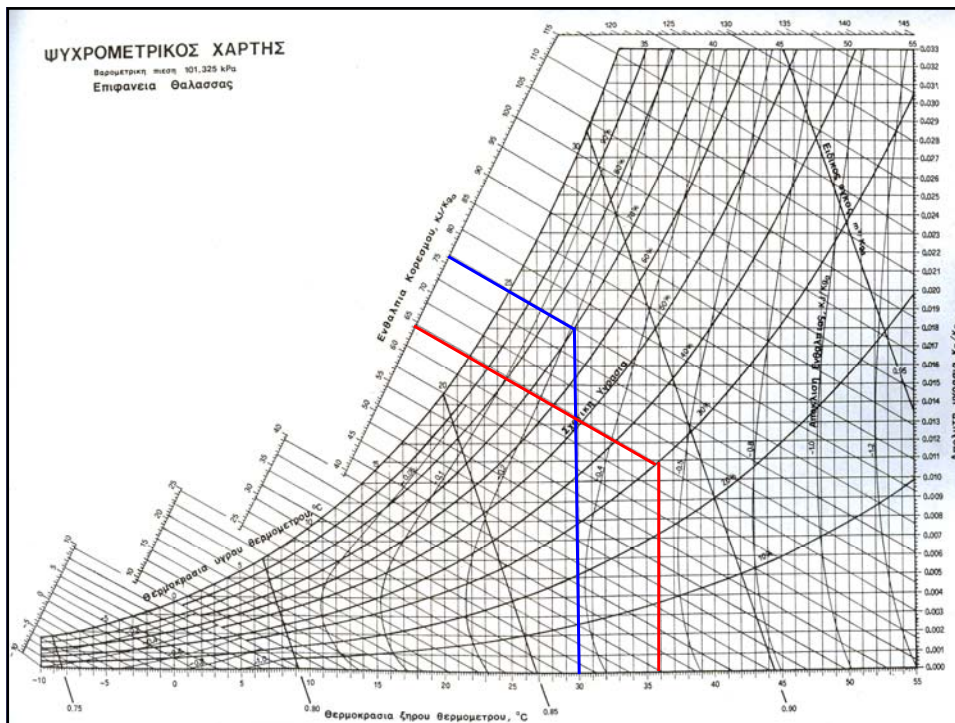
Παρόλα αυτά το σύστημα θα πρέπει να είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε να μπορεί να καλύπτει τις ανάγκες για δροσισμό του θερμοκηπίου, ακόμα και όταν η διαπνοή της καλλιέργειας είναι μηδενική ή ελάχιστη.

Εφαρμογή

Να υπολογιστεί η απαιτούμενη παροχή αερισμού του θερμοκηπίου (20*40) και η παροχή νερού από το σύστημα τεχνητής ομίχλης προκειμένου να επιτευχθεί στο χώρο του θερμοκηπίου θερμοκρασία 30°C και σχετική υγρασία 70%. Η θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα είναι 36°C και η σχετική του υγρασία 30%.

$$\zeta = 0.7, \tau = 0.4, \alpha = 0.5$$

$$U = 5 \text{ W } ^\circ\text{C}^{-1} \text{ m}^{-2}, R_{So} = 800 \text{ W m}^{-2}.$$



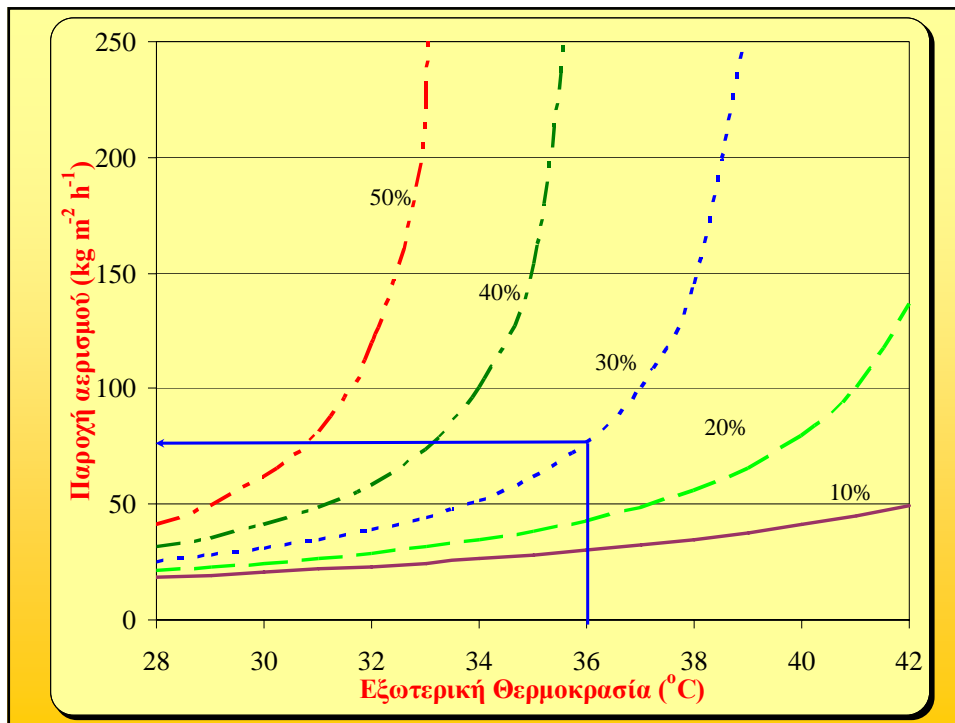
Εφαρμογή

Η παροχή αερισμού δίνεται από τη σχέση:

$$q = \frac{800 \cdot 0.4 \cdot 0.7 \cdot 0.5 - 5 (30 - 36)}{75922 - 63952} \Rightarrow$$

$$q = 0.02122 \text{ kg s}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ ή}$$

$$q = 76.39 \text{ kg h}^{-1} \text{ m}^{-2}$$



Εφαρμογή

Ο ειδικός όγκος του εισερχόμενου αέρα είναι $0.875 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ και συνεπώς η παροχή θα είναι:

$$q = 0.02122 * 0.875 = 0.01857 \text{ m}^3 \text{ αέρα s}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ εδάφους}$$

Η συνολική παροχή αέρα στο θερμοκήπιο θα είναι:

$$q = 0.01857 * (20 * 40) = 14.856 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ ή } 53\,481 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$$

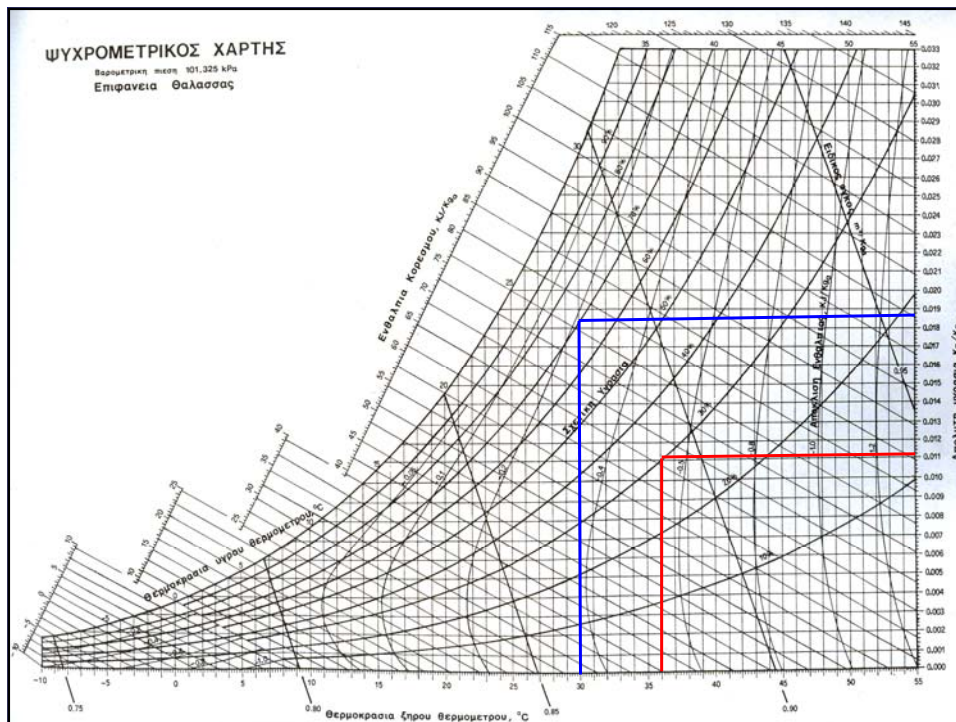
(Για ένα θερμοκήπιο με μέσο ύψος 3.5 μ αντιστοιχεί σε 19.1 ανανεώσεις του αέρα ανά ώρα)

Εφαρμογή

Η απαιτούμενη ποσότητα νερού m_w που πρέπει να διοχετευθεί στην ατμόσφαιρα του θερμοκηπίου, προκειμένου να επιτευχθούν οι επιθυμητές κλιματικές συνθήκες, δίνεται από τη σχέση:

$$m_w = q (w_i - w_o)$$

$$w = 0.000046 * (RH/100) * e^{(T/17)}$$



Εφαρμογή

Η απαιτούμενη ποσότητα νερού m_w είναι:

$$m_w = 0.02122 * (0.0188 - 0.0115) \Rightarrow$$

$$m_w = 0.00016 \text{ kg s}^{-1} \text{ m}^{-2}$$

Ο ρυθμός διαπνοής της καλλιέργειας είναι:

$$m_{tr} = \alpha \tau \zeta R S_o = 0.5 * 0.4 * 0.7 * 800 / 2500000 \Rightarrow$$

$$m_{tr} = 0.000045 \text{ kg s}^{-1} \text{ m}^{-2}$$

Εφαρμογή

Συνεπώς, η απαιτούμενη ποσότητα νερού που πρέπει να προστεθεί από το σύστημα δροσισμού θα είναι:

$$m_{fog} = m_w - m_{tr} \Rightarrow$$

$$m_{fog} = 0.000115 \text{ kg s}^{-1} \text{ m}^{-2}$$

$$m_{fog} = 0.414 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$$

