



**Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας**  
**Σχολή Γεωπονικών Επιστημών**  
**Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος**  
**Εργαστήριο Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος**

**Πτυχιακή Διατριβή**

«Επίδραση απορροφητικών της υπεριώδους ακτινοβολίας φύλλων κάλυψης θερμοκηπίου στην ανάπτυξη και παραγωγή υδροπονικής καλλιέργειας τομάτας»

«Effect of UV absorbing greenhouse covering films on a hydroponic tomato crop»



**ΓΕΡΑΣΙΜΟΣ ΓΙΑΝΝΑΤΟΣ**  
**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΚΑΤΣΟΥΛΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ, Καθηγητής**  
**Βόλος, 2022**



**Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας**  
**Σχολή Γεωπονικών Επιστημών**  
**Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος**  
**Εργαστήριο Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος**

**Πτυχιακή Διατριβή**

«Επίδραση απορροφητικών της υπεριώδους ακτινοβολίας φύλλων κάλυψης θερμοκηπίου στην ανάπτυξη και παραγωγή υδροπονικής καλλιέργειας τομάτας»

«Effect of UV absorbing greenhouse covering films on a hydroponic tomato crop»

**ΓΕΡΑΣΙΜΟΣ ΓΙΑΝΝΑΤΟΣ**

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή:

**Νικόλαος Κατσούλας** (Επιβλέπων), Καθηγητής Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

**Σπύρος Πετρόπουλος** (Μέλος) Αν. Καθηγητής, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

**Ευθυμία Λεβίζου** (μέλος) Επίκουρη Καθηγήτρια, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Βεβαιώνω ότι είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής εργασίας, η οποία εκπονήθηκε σύμφωνα με τον Κανονισμό Εκπόνησης Πτυχιακής Εργασίας του ΤΓΦΠΑΠ.

## **Περίληψη**

Στην εργασία που ακλουθεί, πραγματοποιήθηκε αξιολόγηση τριών διαφορετικών φύλλων πολυαιθυλενίου, τα οποία κάλυπταν τρία θερμοκήπια, με διαφορετική περατότητα στη UVB ακτινοβολία. Στο θερμοκήπιο 1 (GH1) ήταν τοποθετημένο κάλυμμα με 18,41% περατότητα στη UVB ακτινοβολία, στο θερμοκήπιο 2 (GH2) όπου ήταν και ο μάρτυρας, κάλυμμα με 87% περατότητα και στο θερμοκήπιο 3 (GH3) κάλυμμα με 24,06% περατότητα. Στόχος ήταν η παρατήρηση της επίδρασης αυτών στη συγκέντρωση της χλωροφύλλης, στη φωτοσυνθετική ικανότητα, στην παραγωγή ξηράς ουσίας καθώς και στη συνολική παραγωγή υδροπονικής καλλιέργειας τομάτας. Από τα δεδομένα που συλλέχθηκαν, προέκυψε ότι η συγκέντρωση χλωροφύλλης και φωτοσύνθεσης δεν επηρεάστηκε από τα υλικά κάλυψης. Η ξηρά ουσία παρόλα αυτά επηρεάστηκε από τα καλύμματα με τα φυτά του θερμοκηπίου 2 να έχουν σημαντικά χαμηλότερη ξηρά ουσία απ' ότι του 1 και του 3. Τέλος, παρατηρήθηκε πως η παραγωγή καρπών κάτω από το UV block κάλυμμα του GH3 βρέθηκε σημαντικά αυξημένη (72,05%) συγκριτικά με το μάρτυρα.

## **Summary**

The following study refers to the evaluation of three greenhouse polyethylene covers which transmitted different levels of solar UVB radiation. The first film covered the GH1 and transmitted 18,41% UVB radiation, the second film covered the GH2 and transmitted 87% radiation and the third film transmitted 24,06% radiation. The GH2 was the control of this experiment. The aim of this study was to observe the effect of the three UVB blocking films on chlorophyll concentration, photosynthesis rate, dry matter accumulation and total production of hydroponic tomato cultivation. Results showed that there were no statistical differences between the plants grown under the UV block films and the control as far as the chlorophyll concentration and the photosynthesis rate are concerned. On the other hand the dry matter accumulation was significantly affected by the covering materials. The plants grown under the GH2 had the lowest dry matter accumulation. Finally, it was observed that the fruit production under the UV block covering film of GH3, increased of great degree (72.05 %) compared to the control.

## Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη .....	4
1. Εισαγωγή .....	8
1.1 Υλικά κάλυψης θερμοκηπίου.....	10
1.2 Πλαστικά υλικά.....	10
1.2.1 Ιδιότητες των πλαστικών υλικών.....	10
1.2.2 Πλεονεκτήματα πλαστικών καλυμμάτων .....	11
1.2.3 Μειονεκτήματα πλαστικών καλυμμάτων .....	11
1.3 Πολυαιθυλένιο.....	11
1.3.1 Φύλλα πολυαιθυλενίου και UVB ακτινοβολία.....	12
1.3.2 Ιδιότητες φύλλου πολυαιθυλενίου .....	12
1.4 Τροποποιημένα υλικά κάλυψης .....	13
1.4.1 Υλικά κάλυψης με επιλεκτική περατότητα στο φως .....	13
1.4.2 Υλικά που μπλοκάρουν την υπεριώδη ακτινοβολία.....	13
1.5 Η τομάτα - γενικές πληροφορίες.....	14
1.5.1 Καταγωγή – Ιστορική αναδρομή .....	14
1.5.2 Παραγωγή τομάτας ανά τον κόσμο .....	14
1.5.3 Παραγωγή τομάτας στην Ελλάδα.....	15
1.5.4 Θρεπτική αξία .....	15
1.5.5 Χρήσεις.....	15
1.6 Σκοπός της εργασίας .....	15
2 Υλικά και μέθοδοι .....	16
2.1 Τοποθεσία του πειράματος.....	16
2.2 Περιγραφή Θερμοκηπιακών Εγκαταστάσεων .....	16
2.3 Η καλλιέργεια.....	17
2.4 Μετρήσεις.....	17

2.4.1	Μετρήσεις Φωτοσύνθεσης.....	17
2.4.2	Μετρήσεις Χλωροφύλλης.....	18
2.4.3	Μετρήσεις ύψους – ξηρής ουσίας.....	19
2.5	Στατιστική ανάλυση .....	20
3	Αποτελέσματα .....	20
3.1	Ρυθμός φωτοσύνθεσης .....	20
3.2	Περιεχόμενη χλωροφύλλη φύλλων.....	20
3.3	Ξηρή ουσία φύλλων και βλαστών.....	21
3.4	Μετρήσεις παραγωγής .....	22
3.5	Συζήτηση.....	24
3.6	Συμπεράσματα.....	25

### **Κατάλογος Διαγραμμάτων**

<b>Διάγραμμα 1.</b>	Διακύμανση των τιμών του ρυθμού φωτοσύνθεσης των φυτών των τριών θερμοκηπίων κατά την τρίτη καλλιεργητική περίοδο.....	13
<b>Διάγραμμα 2.</b>	Περιεχόμενη χλωροφύλλη φύλλων φυτών τομάτας κατά την τρίτη καλλιεργητική περίοδο.....	13
<b>Διάγραμμα 3.</b>	Περιεχόμενη ξηρή ουσία φύλλων και βλαστών φυτών τομάτας κατά την τρίτη καλλιεργητική περίοδο.....	14
<b>Διάγραμμα 4.</b>	Παραγωγή φυτών τομάτας εκφρασμένη ως kg καρπού ανά φυτό κατά την τρίτη καλλιεργητική περίοδο.....	15
<b>Διάγραμμα 5.</b>	Μέσο βάρος καρπού ανά μεταχείριση κατά την τρίτη καλλιεργητική περίοδο	16

### **Κατάλογος πινάκων**

<b>Πίνακας 1.</b>	Μέση διάρκεια ζωής διαφορετικών τύπων φύλλων πολυαιθυλενίου.....	3
-------------------	--	---

## **Κατάλογος εικόνων**

<b>Εικόνα 1</b> Η <<πλαστική θάλασσα>> των θερμοκηπίων στην Αλμερία .....	8
<b>Εικόνα 2</b> Πλάγια όψη των 3 θερμοκηπίων στο Βελεστίνο (2019). Σε πρώτο πλάνο και δεξιά είναι το GH3, ενώ σε 2ο επίπεδο και αριστερά το ομοειδές θερμοκήπιο με το GH3 είναι το θερμοκήπιο GH1.....	16
<b>Εικόνα 3</b> Άποψη από το εσωτερικό του θερμοκηπίου GH2 σε πλήρη παραγωγή.....	17
<b>Εικόνα 4</b> Όργανο μέτρησης φωτοσύνθεσης (LCpro, ADC Bioscientific Ltd., UK).....	18
<b>Εικόνα 5</b> Όργανο μέτρησης χλωροφύλλης(Chlorophyll Meter SPAD-502 Plus, Konica Monolta Europe) .....	18
<b>Εικόνα 6</b> Μέτρηση ύψους σε φυτό τομάτας (Βελεστίνο).....	19
<b>Εικόνα 7</b> Συγκομιδή καρπών τομάτας (Βελεστίνο, 2020) .....	22
<b>Εικόνα 8</b> Επιλογή καρπών τομάτας για μέτρηση νωπού βάρους καρπών .....	23

## 1. Εισαγωγή

Τα θερμοκήπια, αποτελούν κατασκευές που δίνουν τη δυνατότητα στον άνθρωπο να ελέγξει τις συνθήκες του περιβάλλοντος, ώστε ρυθμίζοντας τις κατάλληλα να εξασφαλίσει τη βέλτιστη παραγωγή και ποιότητα των προϊόντων της κάθε καλλιέργειας. Ιδιαίτερως τα τελευταία χρόνια όπου το κλίμα είναι ασταθές και τα καιρικά φαινόμενα απρόβλεπτα, τα θερμοκήπια εξασφαλίζουν ένα ασφαλές περιβάλλον, για την ανάπτυξη της καλλιέργειας, τόσο από καιρικά φαινόμενα, όσο και από ασθένειες, έντομα και άγρια ζώα. Επίσης με τη χρήση τους έχει επιτευχθεί η επιμήκυνση της καλλιεργητικής περιόδου πολλών φυτών, με αποτέλεσμα να μπορούμε να έχουμε τους καρπούς τους διαθέσιμους προς κατανάλωση σχεδόν όλο το χρόνο (Jett, L. W. 2017). Επιπροσθέτως έδωσαν την δυνατότητα σε άγονες περιοχές όχι μόνο να καλλιεργηθούν αλλά να αποτελέσουν μοντέρνα καλλιεργητικά μοντέλα της σύγχρονης γεωργίας, συμβάλλοντας έτσι στην ανάπτυξη της τοπικής οικονομίας. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η Αλμερία (πόλη της Ισπανίας), όπου αν και ήταν μια από τις φτωχότερες περιοχές στην Ισπανία, σήμερα έχει καταφέρει η ημερήσια της παραγωγή λαχανικών, να καλύπτει το 50% των αναγκών της Ευρώπης.



**Εικόνα 1** Η <<πλαστική θάλασσα>> των θερμοκηπίων στην Αλμερία

Έτσι τις τελευταίες δεκαετίες οι θερμοκηπιακές εγκαταστάσεις γνώρισαν μεγάλη εξάπλωση, της τάξης του 20% ανά χρόνο, ενώ στην Κίνα οι ρυθμοί ανάπτυξης ήταν ακόμα πιο εντατικοί (Espri et al., 2006).

Βέβαια η επιστημονική κοινότητα κλήθηκε να λύσει και άλλα προβλήματα χρησιμοποιώντας ως εργαλεία τα θερμοκήπια. Είναι γνωστό ότι λόγω της μόλυνσης



προκαλούμενη από τον άνθρωπο, έχει προκληθεί λέπτυνση του στρώματος του όζοντος. Από το 1979-1993 το όζον της στρατόσφαιρας έχει μειωθεί κατά 10-11% στα μέσα γεωγραφικά πλάτη (Bojkon & Fioletov 1997, Callis et al., 1997), αποτέλεσμα να έχει αυξηθεί περίπου κατά 10% η UVB ακτινοβολία που φτάνει σε πολλές περιοχές των μέσων γεωγραφικών πλατών (Herman et al. 1996, Kane 1998). Η αύξηση της υπεριώδους ακτινοβολίας αποτελεί κίνδυνο για την ζωή όλων των ζωντανών οργανισμών του πλανήτη μας (Madronich et al. 1998, Zlatev et al. 2012, Singh et al. 2016a). Έτσι τα φυτά εφόσον είναι εκτεθειμένα σε συνθήκες αυξημένης υπεριώδους ακτινοβολίας, καταπονούνται με αποτέλεσμα να υφίστανται οξειδωτικό στρες (Singh et al., 2019). Άλλες ζημιογόνες επιδράσεις στα φυτά είναι ο μεταχρωματισμός ή αλλοιώσεις των επιδερμικών κυττάρων, κιτρίνισμα των φύλλων, μείωση της ταχύτητας της φωτοσύνθεσης καθώς και της ανάπτυξης όπως και της βιομάζας (Καραμπουρνιώτης et al., 2012).

Λύση στα παραπάνω προβλήματα κλήθηκαν να δώσουν τα καλύμματα των θερμοκηπίων όπου όντας ενισχυμένα με διάφορα πρόσθετα αποκτούν νέες ιδιότητες. Με την κατάλληλη επιλογή καλυμμάτων που φιλτράρουν συγκεκριμένη περιοχή του ηλιακού φάσματος, δίνεται η δυνατότητα στους παραγωγούς να εκμεταλλευτούν στο μέγιστο την ηλιακή ακτινοβολία ανάλογα με τις ανάγκες τις καλλιέργειας (Folta & Carvalho 2015, Kotilainen et al., 2018). Ακόμα και η πιο μικρή μεταβολή στα χαρακτηριστικά των υλικών κάλυψης του θερμοκηπίου, μπορεί να προκαλέσει μεταβολές στον ρυθμό ανάπτυξης των φυτών, στη μορφολογία, στη φυσιολογία και στις βιοχημικές τους δραστηριότητες και κατ'επέκταση στη θρεπτική τους αξία, στην παραγωγή και την ελκυστικότητα του καρπού (Folta & Carvalho, 2015, Alvarado et al., 2020). Έτσι με την εγκατάσταση τέτοιων υλικών, δίνεται η δυνατότητα αποτελεσματικότερης αξιοποίησης της ηλιακής ακτινοβολίας σύμφωνα με τις ανάγκες της καλλιέργειας και των περιβαλλοντικών χαρακτηριστικών της τοποθεσίας της (Impron et al., 2007). Στην περίπτωση μας τα UV block καλύμματα, είναι μη περατά ή λιγότερο περατά στην υπεριώδη ακτινοβολία, προστατεύοντας τα φυτά από τις δυσμενείς επιδράσεις της. Ταυτοχρόνως βρέθηκε από πολλούς ερευνητές ότι με την χρήση τους περιορίζουν σημαντικά τους πληθυσμούς εντόμων καθώς και τις προσβολές από παθογόνους μύκητες, γεγονός πολύ σπουδαίο, αφού περιορίζουν έτσι της χρήση χημικών φαρμάκων (Halevy 1997, Antignus et al., 1998, Costa & Robb 1999, Secker-Esquivira 2000, Doukas & Payne 2007). Έτσι σε μια κοινωνία, που δίνει έμφαση στην ασφάλεια και την υγεία των τροφίμων και στην προστασία του περιβάλλοντος, τέτοιες τεχνικές μπορούν να αποτελέσουν τη λύση, προσφέροντας στην αγορά προϊόντα με ελάχιστα υπολείμματα φυτοφαρμάκων (Katsoulas et al., 2020). Βέβαια τα καλύμματα αυτά επιδρούν στην φυσιολογία των φυτών προκαλώντας διάφορες μεταβολές στην ανάπτυξη τους, επομένως η χρήση τους στις διάφορες καλλιέργειες, πρέπει να ερευνηθεί περαιτέρω.

## **1.1 Υλικά κάλυψης θερμοκηπίου**

Τα υλικά κάλυψης του θερμοκηπίου, ανάλογα με τις ιδιότητές τους επηρεάζουν άμεσα την ποσότητα και την ποιότητα του φωτός που εισέρχεται μέσα στο χώρο του θερμοκηπίου. Θα πρέπει να επιτρέπουν την είσοδο της περισσότερης από την προσπίπτουσα ακτινοβολία καθώς και να ευνοούν τη διάχυσή της, ώστε να υπάρχει ομοιογένεια φωτισμού σε όλο τον καλυπτόμενο χώρο (Μαυρογιαννόπουλος, 2017). Για την κάλυψη των θερμοκηπίων χρησιμοποιούνται δύο υλικά, το πλαστικό και το γυαλί, με διαφορετικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα το καθένα (Μαυρογιαννόπουλος, 2017). Στην παρούσα εργασία θα αναλυθούν τα πλαστικά υλικά.

## **1.2 Πλαστικά υλικά**

Τα πλαστικά είναι συνθετικά πολυμερή υλικά. Δημιουργήθηκαν στις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα από το Βέλγο χημικό Leo Hendrik Baekeland και συγκεκριμένα, το 1907 με την νιτρική σελλουλόζη, ενώ όταν ανακαλύφθηκε το υλικό βακελίτης γνώρισαν μεγάλη ανάπτυξη. Τα πλαστικά είναι οργανικά υλικά με βασικό τους συστατικό τον άνθρακα. Τα οργανικά υλικά συνδέονται με τους ζώντες οργανισμούς. Συνεπώς, έτσι και τα πλαστικά προέρχονται από την αποσύνθεση της φυτικής και ζωικής ύλης, η οποία υπήρξε εκατομμύρια χρόνια πριν. Τα υποπροϊόντα του πετρελαίου και του κάρβουνου αποτελούν τις πηγές των περισσότερων πλαστικών στις μέρες μας (Μαυρογιαννόπουλος, 2017). Η πρώτη φορά που χρησιμοποιήθηκε πλαστικό ως υλικό κάλυψης θερμοκηπιακής καλλιέργειας φαίνεται να έγινε το 1948 από τον Prof. E.M. Emmert ,φτωχό αγρότη ο οποίος δεν είχε τη δυνατότητα να αγοράσει ένα γυάλινο θερμοκήπιο. Από το 1950 και μετά το πλαστικό άρχισε να χρησιμοποιείται κατά κόρων στην γεωργία για εδαφοκάλυψη λαχανικών αντικαθιστώντας το χαρτί. Πλέον στις μέρες μας η χρήση των πλαστικών έχει επεκταθεί σε όλους τους τομείς της γεωργίας, συμμετέχοντας σε μια τεράστια γκάμα προϊόντων (Espí et al., 2006).

### **1.2.1 Ιδιότητες των πλαστικών υλικών**

Τα πλαστικά είναι υλικά που διαθέτουν μεγάλη ανθεκτικότητα τόσο στην ατμοσφαιρική όσο και στη διάβρωση που προκαλείται από χημικά διαλύματα. Εξίσου μεγάλη αντοχή παρουσιάζουν στην έλξη συγκριτικά με το βάρος τους. Βέβαια, η αντοχή αυτή μπορεί να επηρεαστεί άμεσα από τη θερμοκρασία. Πιο συγκεκριμένα, στα περισσότερα πλαστικά, η σκληρότητά τους χάνεται σε χαμηλές θερμοκρασίες, ενώ πολύ λίγα μπορούν να αντέξουν σε θερμοκρασία πάνω από 100°C. Τέλος, κάποιες ακόμα σημαντικές ιδιότητες των υλικών αυτών, είναι η χαμηλή σχετική τους πυκνότητα καθώς, και η ικανότητα να χρησιμοποιηθούν για παραγωγή διαυγών επιφανειών ή φύλλων.

### **1.2.2 Πλεονεκτήματα πλαστικών καλυμμάτων**

Τα πλαστικά καλύμματα πλεονεκτούν συγκριτικά με τα υπόλοιπα υλικά κάλυψης, στις ακόλουθες παραμέτρους. Αρχικά, το μικρό τους βάρος τα καθιστά πολύ καλή επιλογή για μια καινούρια θερμοκηπιακή μονάδα, αφού δίνουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί ένας ελαφρύς και ταυτόχρονα οικονομικός σκελετός θερμοκηπίου. Επίσης, το κόστος τους είναι σχετικά χαμηλό, πράγμα το οποίο καθιστά το αρχικό κεφάλαιο εγκατάστασης του θερμοκηπίου εξίσου μικρό. (Τα υλικά PVF και ETFE έχουν μεγάλο κόστος, λόγω της πολύ μεγαλύτερης διάρκειας ζωής τους). Ακόμα, έχουν την δυνατότητα να προσαρμόζονται σε διάφορα σχήματα των θερμοκηπίων (Μαυρογιαννόπουλος, 2017).

### **1.2.3 Μειονεκτήματα πλαστικών καλυμμάτων**

Έχουν μικρή διάρκεια ζωής, επομένως, το κάλυμμα θα χρειαστεί να αντικατασταθεί πολλές φορές κατά την λειτουργία του θερμοκηπίου. Εξαιρέση αποτελούν τα υλικά PVF και ETFE τα οποία είναι πιο ανθεκτικά. (το ETFE μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πάνω από 12 χρόνια). Επίσης, η τοποθέτησή τους πρέπει να γίνεται πολύ προσεκτικά (όχι ρικνώσεις ή σακουλιάσματα, όχι άμεση επαφή του υλικού στις οξείες γωνίες του σκελετού) και να λαμβάνονται υπόψιν αρκετοί παράμετροι (αντοχή στον άνεμο και στο χιόνι, απλή τοποθέτηση για εύκολη απαγκίστρωση και απομάκρυνση του υλικού) (Μαυρογιαννόπουλος, 2017).

## **1.3 Πολυαιθυλένιο**

Το πολυαιθυλένιο είναι το προϊόν που προκύπτει από τον πολυμερισμό του αιθυλενίου. Η παραγωγή του σε μεγάλη κλίμακα, ξεκίνησε το 1939, όπου προοριζόταν για μονωτής σε ηλεκτρικά εξαρτήματα. Λόγω της αντοχής του, αλλά και της χαμηλής τιμής του, η χρήση του άρχισε να επεκτείνεται σε όλους τους τομείς (Μαυρογιαννόπουλος, 2017).

Ανάλογα με την πυκνότητα συναντάμε δύο τύπους πλαστικών, τα χαμηλής (LDPE) και τα υψηλής (HDPE) πυκνότητας. Το χαμηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο σχεδόν στο 50% του υλικού, έχει κρυσταλλική δομή και χρησιμοποιείται κατά κόρων ως φύλλο συσκευασίας. Αυτή η μορφή χρησιμοποιείται και για την κάλυψη των θερμοκηπίων, με τη διαφορά όμως, ότι γίνεται και προσθήκη σταθεροποιητών, έτσι ώστε να αυξηθεί η αντοχή του στην υπεριώδη ακτινοβολία.

Σε θερμοκηπιακές καλλιέργειες εφαρμόζεται από το 1950, τόσο σε χώρες της νότιας Ευρώπης, όσο και στην Αμερική. Το υψηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο, του οποίου η δομή είναι κατά 90% κρυσταλλική, πρόκειται για ένα σκληρότερο και πιο ανθεκτικό από το LDPE. Οι κύριες χρήσεις του είναι για παραγωγή μπουκαλιών και άλλων δοχείων, τα οποία πρέπει να εκφράζουν τα παραπάνω χαρακτηριστικά αντοχής. Ένα διαφορετικό υλικό είναι το υψηλού μοριακού βάρους

πολυαιθυλένιο. Αυτό αποτελείται από μόρια μεγάλου μήκους και μάζας. Κύριο χαρακτηριστικό του, η αντοχή του καθώς, και ότι είναι ανθεκτικό στη διάβρωση του περιβάλλοντος.

### 1.3.1 Φύλλα πολυαιθυλενίου και UVB ακτινοβολία

Γενικότερα, το πολυαιθυλένιο ως υλικό, είναι περατό στο μεγαλύτερο φάσμα της υπεριώδους ακτινοβολίας. Κύριος εχθρός των φύλλων πολυαιθυλενίου είναι η υπεριώδης ακτινοβολία και μάλιστα η UVB, μιας και περιορίζει αισθητά τη διάρκεια ζωής τους. Η έκθεση σ' αυτήν προκαλεί το μεταχρωματισμό του κάνοντας το δηλαδή, σκουρότερο και εύθραυστο ταυτοχρόνως. Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος, γίνεται προσθήκη διαφόρων πρόσθετων ( 0,18% αντιοξειδωτικό, 2-3% ενώσεις που απορροφούν τις υπεριώδεις ακτίνες και 10% βουτύλιο). Με αυτόν τον τρόπο, τα καλύμματα γίνονται λιγότερο περατά στη UV ακτινοβολία, αυξάνοντας έτσι την ανθεκτικότητα και τη σταθερότητά τους. Βέβαια μειώνεται έτσι και το εύρος του φάσματος της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στα φυτά (Lee et al., 2021). Η χρήση των πρόσθετων είναι πολύ αποτελεσματική λύση μιας και μπορεί σχεδόν να διπλασιάσει τη διάρκεια ωφέλιμης χρήσης του πλαστικού, μειώνοντας έτσι αφενός το κόστος της καλλιέργειας και αφετέρου, το περιβαλλοντικό αποτύπωμα της θερμοκηπιακής καλλιέργειας στο περιβάλλον. Ενδεικτικά, στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι διαφορές στη μέση διάρκεια χρήσης φύλλων πολυαιθυλενίου με ή και χωρίς την προσθήκη πρόσθετων (Μαυρογιανόπουλος, 2017).

**Πίνακας 1.** Μέση διάρκεια ζωής διαφορετικών τύπων φύλλων πολυαιθυλενίου

#### Μέση διάρκεια ζωής (μήνες)

Πάχος Φύλλου	Πολυαιθυλένιο	Πολυαιθυλένιο με πρόσθετα
0,10mm	6-9	12-22
0,15mm	10-11	18-28
0,20mm	12-18	20-32

### 1.3.2 Ιδιότητες φύλλου πολυαιθυλενίου

Αρχικά, το φύλλο πολυαιθυλενίου ως υλικό κάλυψης θερμοκηπιακών εγκαταστάσεων, είναι μη περατό από το νερό και υδρατμούς, προστατεύοντας έτσι την κάθε καλλιέργεια από τα καιρικά φαινόμενα. Από την άλλη πλευρά όμως, επιτρέπει την ανταλλαγή αερίων, όπως το CO<sub>2</sub> και το O<sub>2</sub>, συμβάλλοντας έτσι στην επίτευξη ζωτικής σημασίας λειτουργιών των φυτών. Επιπλέον, επιτρέπει εξίσου την είσοδο του ορατού φωτός (87% περατότητα) αν και με την πάροδο των χρόνων, η ικανότητα αυτή μειώνεται (μείωση 5-10% της περατότητας, το 3ο έτος). Γενικότερα, το υλικό αυτό χαρακτηρίζεται ως ανθεκτικό, όμως, η ιδιότητα αυτή εξαρτάται άμεσα από το πάχος του. Ένα ακόμα προτέρημα του πολυαιθυλενίου, είναι ότι κάνει δυνατή την κατασκευή του σε πλήθος διαστάσεων, ανάλογα με το εκάστοτε θερμοκήπιο. Στο μήκος δεν υπάρχει περιορισμός στην

κατασκευή, αλλά το πλάτος μπορεί να είναι μέχρι 11m. Παρόλα αυτά, η τοποθέτησή του χρήζει μεγάλης προσοχής, διότι εάν τοποθετηθεί λανθασμένα είναι επιρρεπές σε σκισίματα από τον άνεμο. Ενδεικτικά, η κάλυψη ενός θερμοκηπίου διαστάσεων 10x30, χρειάζεται περίπου 8 ώρες. Τέλος, το χαμηλό του κόστος αγοράς, το καθιστά προσιτό και κατάλληλο υλικό για μικρού κεφαλαίου, εποχιακά θερμοκήπια.

Όσον αφορά τις όχι και τόσο ευεργετικές του ιδιότητες, το πολυαιθυλένιο είναι περατό σχεδόν σε όλο το φάσμα της υπέρυθρης ακτινοβολίας, με αποτέλεσμα το θερμοκήπιο να έχει μεγάλες απώλειες θερμότητας και κατ' επέκταση μεγάλες ανάγκες για θέρμανση τις νύχτες του χειμώνα. Βέβαια, το μειονέκτημα αυτό οδήγησε στη δημιουργία πλαστικών καλυμμάτων με μειωμένη περατότητα στη μεγάλη μήκους κύματος ακτινοβολία.

Το μεγαλύτερο πρόβλημά του όμως, είναι η σχετικά μικρή διάρκεια ωφέλιμης χρήσης του, λόγω της ευαισθησίας του στην υπεριώδη ακτινοβολία αλλά και στην υψηλή θερμοκρασία (Μαυρογιανόπουλος, 2017).

## **1.4 Τροποποιημένα υλικά κάλυψης**

### **1.4.1 Υλικά κάλυψης με επιλεκτική περατότητα στο φως**

Πρόκειται για τα συνήθη πλαστικά, τα οποία έχουν ενισχυθεί με διάφορα πρόσθετα με αποτέλεσμα να προκύψει αλλαγή στα οπτικά χαρακτηριστικά τους. Έτσι, ανάλογα με τις ανάγκες τις καλλιέργειας, τα υλικά αυτά μπορούν να καθορίσουν τι μήκους κύματος ακτινοβολίες θα εισέρχονται στο χώρο του θερμοκηπίου και ποιες θα αποκλείονται. Αυτή η δυνατότητα τροποποίησης του περιβάλλοντος του θερμοκηπίου, μπορεί να φανεί ένα χρήσιμο εργαλείο στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες δίνοντας πολλά οφέλη, αλλά λόγω της πολυπλοκότητας από τα αποτελέσματα των εφαρμογών της, χρειάζεται περεταίρω μελέτη (Μαυρογιανόπουλος, 2017).

### **1.4.2 Υλικά που μπλοκάρουν την υπεριώδη ακτινοβολία**

Σε αυτήν την κατηγορία, ανήκουν υλικά τα οποία απορροφούν πλήρως ή μερικώς την υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία. Με τον όρο υπεριώδη ακτινοβολία αναφερόμαστε ακτινοβολίες μήκους κύματος από 200 – 400nm. Αυτό το φάσμα, μπορεί να διαχωριστεί σε 3 περιοχές. Πρώτα στη UVC, η οποία είναι από 200 – 280nm, στη UVB με μήκη από 280 – 320nm και τέλος στην UVA με 320 – 400nm (Καραμπουρνιώτης et al., 2012). Αν και με την πρόοδο της τεχνολογίας και την εξέλιξη των πλαστικών κάλυψης των θερμοκηπίων, αυτά τα υλικά δεν αντιμετωπίζονται ως σημαντικός παράγοντας για την προστασία της καλλιέργειας του θερμοκηπίου (Μαυρογιανόπουλος, 2017). Είναι γνωστό, ότι αδιαμφισβήτητα μειώνουν τις προσβολές από έντομα καθώς, και την ανάπτυξη μυκητολογικών ασθενειών. Αυτό έχει πολλά οφέλη στη σημερινή

εποχή, μιας και οι καταναλωτές δίνουν έμφαση στον τρόπο και στα μέσα που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή των τροφίμων που καταναλώνουν. Τέτοια προϊόντα σαφέστατα θα έχουν ελάχιστα υπολείμματα από χημικά σκευάσματα έως και καθόλου, πράγμα που τα καθιστά ιδανικά για τις ανάγκες των καταναλωτών. Απ' την άλλη, το κόστος της καλλιέργειας μειώνεται και η καλλιέργεια γίνεται πιο φιλική στο περιβάλλον, μιας και χρησιμοποιούνται λιγότερα χημικά σκευάσματα (Katsoulas et al., 2020).

## **1.5 Η τομάτα - γενικές πληροφορίες**

### **1.5.1 Καταγωγή – Ιστορική αναδρομή**

Η τομάτα είναι ετήσιο λαχανικό και είναι διαδεδομένο παγκοσμίως. Ανήκει στο γένος *Solanum* (*Solanum lycopersicum* L.) και στην οικογένεια των σωληνοειδών (Solanaceae), ενώ σε παλιότερη ταξινόμηση ανήκε στο γένος *Lycopersicon* (*Lycopersicon esculentum* Mil.). Πρόκειται για φυτό με διπλοειδή αριθμό χρωμοσωμάτων ( $2n = 24$ ). Προέρχεται από τη Νότια Αμερική και πιο συγκεκριμένα από το Μεξικό. Η ονομασία της, προέρχεται από τη λέξη *tomatl* που σημαίνει διογκωμένος καρπός. Δεν είναι γνωστό το πότε άρχισε να καλλιεργείται, όμως έρευνες δείχνουν ότι καλλιεργούνταν γύρω στο 500μ.Χ. από Αζτέκους. Φημολογείται πως οι πρώτες καλλιεργούμενες τομάτες δεν είχαν το σημερινό γνωστό σε όλους μας κόκκινο χρωματισμό, αλλά είχαν έναν πιο ανοιχτό κίτρινο-πορτοκαλί (Χα και Πετρόπουλος, 2014).

Στην Ευρώπη, η εισαγωγή της έγινε τον 16<sup>ο</sup> αιώνα από Ισπανούς εξερευνητές, όμως, δεν καταναλώνονταν επειδή θεωρούνταν ότι οι καρποί ήταν τοξικοί. Αυτή η επιφυλακτικότητα οφειλόταν στην ομοιότητα της τομάτας με τη Μπελαντόνα (*Atropous Belladonna*), φυτό γνωστό για τους τοξικούς καρπούς του, λόγω της ατροπίνης που περιέχουν. Από τον 18<sup>ο</sup> αιώνα και μετά, οι μύθοι που αφορούσαν το φυτό καταρρίφθηκαν και η εξάπλωση του φυτού ήταν ραγδαία (Χα και Πετρόπουλος, 2014). Στην Ελλάδα εμφανίστηκε για πρώτη φορά στην Αθήνα, το έτος 1818 (Ολύμπιος, 2001). Κατά τη διάρκεια του 20<sup>ου</sup> αιώνα η τομάτα γνώρισε μεγάλη ανάπτυξη εξαιτίας της βιομηχανικής της επεξεργασίας και η ζήτηση των προϊόντων της αυξάνονταν ραγδαία. Σήμερα, η τομάτα αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της διατροφής κάθε ανθρώπου.

### **1.5.2 Παραγωγή τομάτας ανά τον κόσμο**

Σύμφωνα με δεδομένα του FAO, η παγκόσμια παραγωγή τομάτας για το έτος 2019, ανέρχεται στους 180766329 εκατομμύρια τόνους. Με το 62% της παραγωγής να αντιστοιχεί στην Ασία με παραγωγή 112104020 εκατομμύρια τόνους, την Αμερική να ακολουθεί με το 13,2% της παραγωγής, την Ευρώπη με το 12,6%, την Αφρική με το 12% και τέλος την Ωκεανία με το 0,2% της παραγωγής παγκοσμίως (FAO).

### **1.5.3 Παραγωγή τομάτας στην Ελλάδα**

Η τομάτα στην Ελλάδα κατέχει την πρώτη θέση μεταξύ των καλλιεργουμένων λαχανικών ,τόσο σε έκταση όσο και σε παραγωγή. Το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής στη χώρα μας προέρχεται από υπαίθριες καλλιέργειες και υπολογίζεται ότι μόνο το 8 με 10% της παραγωγής νωπών καρπών τομάτας προέρχεται από θερμοκηπιακές καλλιέργειες (Σάββας, 2011).

Το σύνολο της παραγωγής στην Ελλάδα για το έτος 2019 ήταν 753279 τόνοι, από τους οποίους οι 354747 ήταν βιομηχανική, οι 162934 προήλθαν από υπαίθρια καλλιέργεια και οι 235598 από θερμοκηπιακή ( Ελληνική Στατιστική Αρχή, 2019).

### **1.5.4 Θρεπτική αξία**

Οι καρποί της τομάτας έχουν ελκυστικό χρώμα και άρωμα, είναι αρκετά πλούσιοι σε βιταμίνες (κυρίως σε C) και αποτελούν σημαντική πηγή λυκοπενίου. Παρά το γεγονός, ότι η θρεπτική αξία των καρπών της είναι χαμηλή σε σχέση με άλλα λαχανικά, καταναλώνεται σε μεγάλες ποσότητες από τον άνθρωπο και αυτό την καθιστά ιδιαίτερα σημαντική. Η γεύση της τομάτας οφείλεται στην περιεκτικότητα του καρπού σε σάκχαρα και οργανικά οξέα. Το χαρακτηριστικό κόκκινο χρώμα των καρπών, οφείλεται στο λυκοπένιο. Βέβαια, στο εμπόριο υπάρχουν διαθέσιμοι καρποί, ποικίλων χρωμάτων, σχημάτων και μεγεθών το οποίο οφείλεται στην γενετική βελτίωση (Χα και Πετρόπουλος, 2014).

### **1.5.5 Χρήσεις**

Οι καρποί καταναλώνονται σε διάφορες μορφές όπως νωποί, αποξηραμένοι, μαγειρεμένοι, σε μορφή συμπυκνωμένου χυμού, ως τουρσί, σε άλμη, σε κονσέρβες, ως συστατικό χυμών, ποτών ή κρασιών, αποφλοιωμένοι, ολόκληροι ή και τεμαχισμένοι (Χα και Πετρόπουλος, 2014).

## **1.6 Σκοπός της εργασίας**

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η σύγκριση τριών υλικών κάλυψης με διαφορετική περατότητα στην UVB ακτινοβολία, ως προς την επίδραση στη συγκέντρωση χλωροφύλλης, στη φωτοσυνθετική ικανότητα καθώς και στην παραγωγή ξηρής ουσίας σε υδροπονική καλλιέργεια ντομάτας.

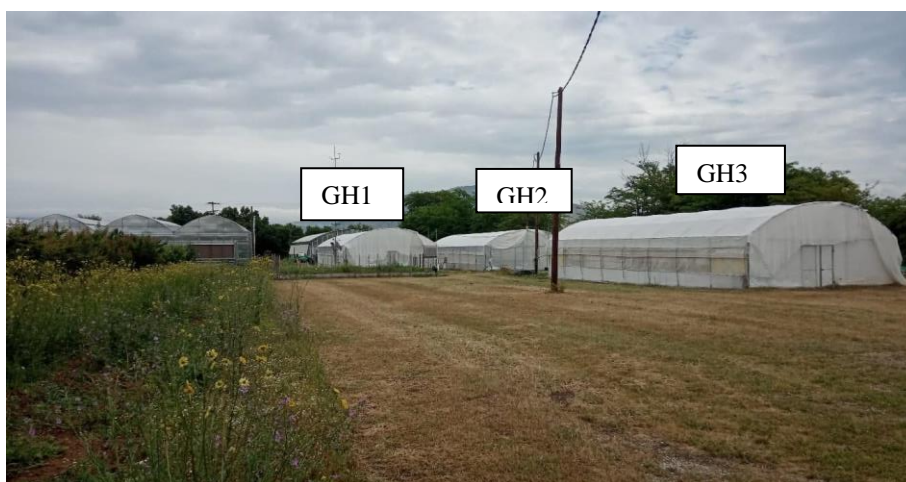
## 2 Υλικά και μέθοδοι

### 2.1 Τοποθεσία του πειράματος

Το πείραμα έλαβε χώρα στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, το οποίο βρίσκεται στην περιοχή του Βελεστίνου, Μαγνησίας κοντά στην εθνική οδό Αθηνών Θεσσαλονίκης. Η περιοχή έχει υψόμετρο 70 m. από την επιφάνεια της θάλασσας με γεωγραφικό πλάτος  $39^{\circ} 02'$  και γεωγραφικό μήκος  $22^{\circ} 45'$  και συνολική έκταση 150 στρέμματα. Η περιοχή χαρακτηρίζεται από Μεσογειακό – Ηπειρωτικό κλίμα, με ήπιους χειμώνες και ξηροθερμικές συνθήκες το καλοκαίρι. Ο χώρος αυτός χρησιμοποιείται για την εκπαίδευση των φοιτητών και για ερευνητικά προγράμματα του τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος της σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Το αγρόκτημα καλύπτεται από κτηριακές εγκαταστάσεις στις οποίες περιλαμβάνονται θερμοκηπιακές και εργαστηριακές εγκαταστάσεις, συγκρότημα κτηρίων για φιλοξενία φοιτητών και χώροι αποθήκευσης και συντήρησης γεωργικών μηχανημάτων.

### 2.2 Περιγραφή Θερμοκηπιακών Εγκαταστάσεων

Για τη διεξαγωγή του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν τρία τροποποιημένα τοξωτά θερμοκήπια με επιφάνεια  $160 \text{ m}^2$ . Οι διαστάσεις των θερμοκηπίων ήταν: 20 m μήκος, 8 m πλάτος, 2,4 m ύψος ορθοστάτη και 4 m ύψος κορφιά. Το υλικό του σκελετού των θερμοκηπίου ήταν γαλβανισμένος χάλυβας, το έδαφος του θερμοκηπίου ήταν καλυμμένο με διπλής όψεως λευκό πλαστικό, ώστε να αποφευχθεί η δημιουργία ζιζανίων. Για την κάλυψη των τριών θερμοκηπίων χρησιμοποιήθηκαν φύλλα πολυαιθυλενίου με διαφορετική περατότητα στην UVB ακτινοβολία. Στο θερμοκήπιο GH1 ήταν τοποθετημένο κάλυμμα με 18,41% περατότητα στη UVB ακτινοβολία, στο θερμοκήπιο GH2 όπου ήταν και ο μάρτυρας, κάλυμμα με 87% περατότητα και στο θερμοκήπιο GH3 κάλυμμα με 24,06% περατότητα.



**Εικόνα 2** Πλάγια όψη των 3 θερμοκηπίων στο Βελεστίνο (2019). Σε πρώτο πλάνο και δεξιά είναι το GH3, ενώ σε 2ο επίπεδο και αριστερά το ομοειδές θερμοκήπιο με το GH3 είναι το θερμοκήπιο GH1.



## 2.3 Η καλλιέργεια

Τα φυτά τομάτας (*Solanum lycopersicum*) αναπτύχθηκαν απευθείας σε σάκους περλίτη ή μίγματος (Hydroperl 33L, NORDIAAGRO, Athens, Greece). Σε κάθε θερμοκήπιο υπήρχαν 8 υδροπονία κανάλια μήκους 13 μέτρων. Σε κάθε υδροπονικό κανάλι ήταν εγκατεστημένοι 13 σάκοι και κάθε σάκος περιλάμβανε 3 φυτά τομάτας (3 φυτά m<sup>-2</sup>). Στις μετρήσεις δεν συμπεριλήφθησαν τα φυτά που βρίσκονταν στα πλευρικά κανάλια του θερμοκηπίου. Συνεπώς, για τη διεξαγωγή του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν 180 φυτά τομάτας σε κάθε θερμοκήπιο. Η παροχή του θρεπτικού διαλύματος τροφοδοσίας στο ριζικό σύστημα των φυτών έγινε μέσω του συστήματος της στάγδην άρδευσης.



Εικόνα 3 Άποψη από το εσωτερικό του θερμοκηπίου GH2 σε πλήρη παραγωγή

## 2.4 Μετρήσεις

### 2.4.1 Μετρήσεις Φωτοσύνθεσης

Οι μετρήσεις της φωτοσύνθεσης των φύλλων, γίνονταν με τη χρήση του συστήματος LC pro, με συχνότητα μια φορά την εβδομάδα. Πιο συγκεκριμένα, από κάθε θερμοκήπιο επιλέγονταν 10 φυτά. Η κεφαλή του μηχανήματος προσδένονταν σε ανεπτυγμένο φύλλο, νεαρής ηλικίας και η μέτρηση εμφανίζονταν στην οθόνη. Μόλις η τιμή σταθεροποιούνταν, η μέτρηση αποθηκευόταν στην κάρτα μνήμης του μηχανήματος. Οι τιμές εκφράζονταν σε  $\mu\text{molm}^{-2} \text{s}^{-1}$ . (LCpro, ADC Bioscientific Ltd., UK)



**Εικόνα 4** Όργανο μέτρησης φωτοσύνθεσης (LCpro, ADC Bioscientific Ltd., UK)

#### **2.4.2 Μετρήσεις Χλωροφύλλης**

Οι μετρήσεις περιεκτικότητας των φύλλων σε χλωροφύλλη γίνονταν με τη χρήση του οργάνου SPAD-502. Οι μετρήσεις πραγματοποιούνταν κάθε εβδομάδα και το μέγεθος του δείγματος ήταν 24 φυτά για κάθε θερμοκήπιο. Οι τιμές λαμβάνονταν από ανεπτυγμένα φύλλα ίδιας ηλικίας. Η διαδικασία της μέτρησης ξεκινούσε με την πρόσδεση της κεφαλή του οργάνου στο φύλλο. Σε κάθε φύλλο η μέτρηση γινόταν 3 φορές, από διαφορετικό σημείο κάθε φορά και ο μέσος όρος που προέκυπτε ήταν η τελική τιμή που καταγραφόταν. Στο GH1 λαμβάνονταν 10 τιμές από 3 σειρές, ενώ στα GH2 και GH3, λαμβάνονταν 10 τιμές από 2 σειρές. (Chlorophyll Meter SPAD-502 Plus, Konica Minolta Europe)



**Εικόνα 5** Όργανο μέτρησης χλωροφύλλης(Chlorophyll Meter SPAD-502 Plus, Konica Minolta Europe)

### 2.4.3 Μετρήσεις ύψους – ξηρής ουσίας

Πραγματοποιήθηκε μια σειρά από καταστροφικές μετρήσεις, οι οποίες αφορούσαν την εκρίζωση τριών φυτών από κάθε μεταχείριση με σκοπό την μέτρηση του ολικού ύψους των φυτών, τον αριθμό και το μήκος των μεσογονατίων διαστημάτων καθώς και την περιεχόμενη ξηρή ουσία των φύλλων και των βλαστών.



**Εικόνα 6** Μέτρηση ύψους σε φυτό τομάτας (Βελεστίνο)

Τα φυτά αφού αφαιρέθηκαν από τα αρδευτικά κανάλια μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο όπου μετρήθηκε το συνολικό τους ύψος, ο αριθμός και το μήκος των μεσογονατίων διαστημάτων. Κατόπιν, έγινε αφαίρεση όλων των φύλλων και καταγράφηκε ο συνολικός αριθμός τους. Στη συνέχεια τα φύλλα, όπως και οι βλαστοί τοποθετήθηκαν σε χάρτινες σακούλες και μετρήθηκε το νωπό τους βάρος και κατόπιν τοποθετήθηκαν σε φούρνο ξήρανσης στους 75°C, έως ότου αποκτήσουν σταθερό βάρος.

Στη συνέχεια τα δείγματα ζυγίστηκαν ξανά και έγινε καταγραφή του ξηρού τους βάρους, ώστε να γίνει ο προσδιορισμός της περιεχόμενης ξηρής ουσίας, σύμφωνα με τον τύπο:

$$\text{Ξηρή ουσία (\%)} = \frac{\text{Ξηρό Βάρος}}{\text{Νωπό Βάρος}} * 100$$

## 2.5 Στατιστική ανάλυση

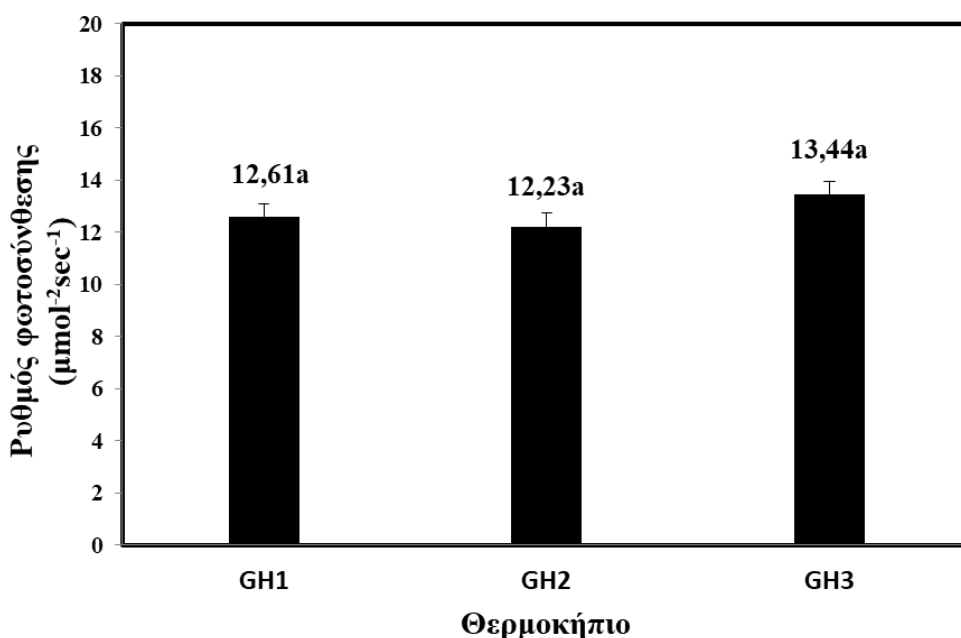
Στο διάστημα διεξαγωγής του πειράματος πραγματοποιήθηκε η λήψη μετρήσεων, οι οποίες επεξεργάστηκαν και αξιολογήθηκαν με τη βοήθεια του στατιστικού λογισμικού προγράμματος SPSS v. 20.0. Άξονας τους, ήταν η ανάλυση διακύμανσης μονής κατεύθυνσης (one way ANOVA) σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

## 3 Αποτελέσματα

### 3.1 Ρυθμός φωτοσύνθεσης

Από το

γίνεται αντιληπτό, ότι δεν υπάρχει σημαντικά στατιστική διαφορά ανάμεσα στις τιμές του ρυθμού φωτοσύνθεσης των 3 θερμοκηπίων επομένως, το υλικό κάλυψης δεν επηρεάζει τη φωτοσυνθετική

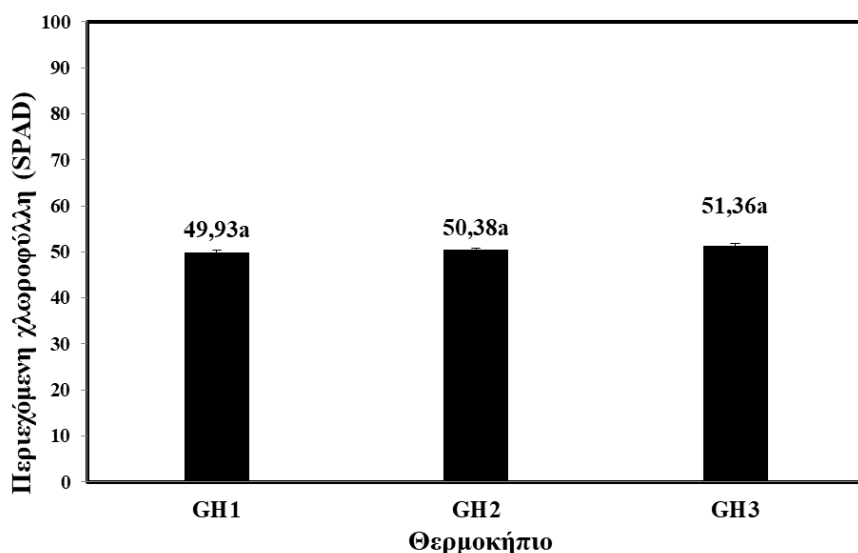


ικανότητα των φυτών τομάτας.

**Διάγραμμα 1.** Διακύμανση των τιμών του ρυθμού φωτοσύνθεσης των φυτών των τριών θερμοκηπίων κατά την τρίτη καλλιεργητική περίοδο

### 3.2 Περιεχόμενη χλωροφύλλη φύλλων

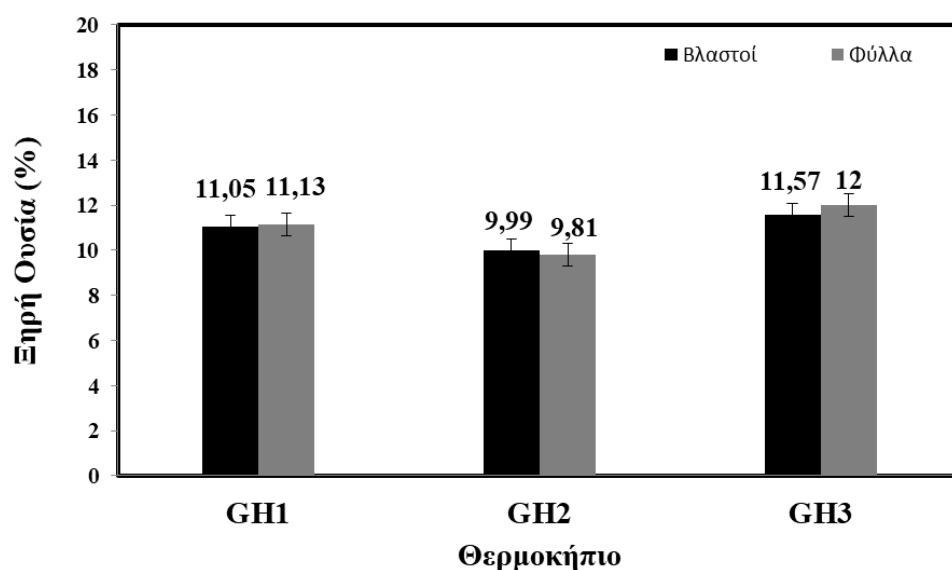
Από το Διάγραμμα 2, γίνεται αντιληπτό ότι οι διαφορές τις περιεχόμενης χλωροφύλλης των φύλλων των φυτών στα τρία διαφορετικά θερμοκήπια δεν ήταν στατιστικά σημαντικές.



Διάγραμμα 2. Περιεχόμενη χλωροφύλλη φύλλων φυτών τομάτας κατά την τρίτη καλλιεργητική περίοδο

### 3.3 Ξηρή ουσία φύλλων και βλαστών

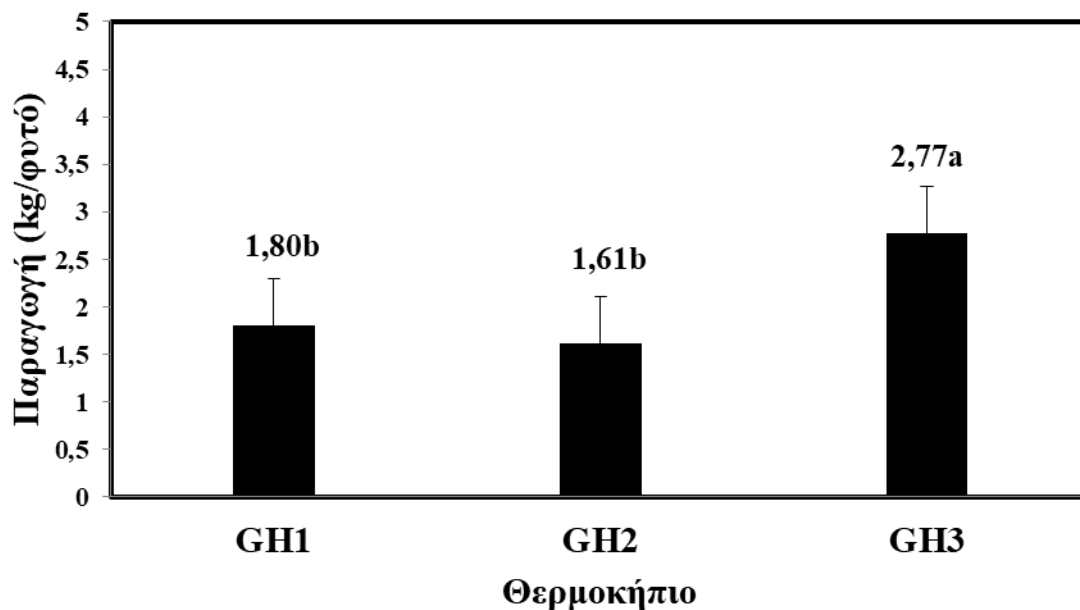
Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της καταστροφικής μέτρησης (06/10/2020), προέκυψε ότι τα φύλλα και οι βλαστοί των φυτών που αναπτύχτηκαν στο θερμοκήπιο 2 περιείχαν τα μικρότερα ποσοστά ξηρής ουσίας συγκριτικά με τα θερμοκήπια 1 και 3. Η διαφορά των τιμών χαρακτηρίζεται στατιστικά σημαντική (**Σφάλμα! Το αρχείο προέλευσης της αναφοράς δεν βρέθηκε.**).



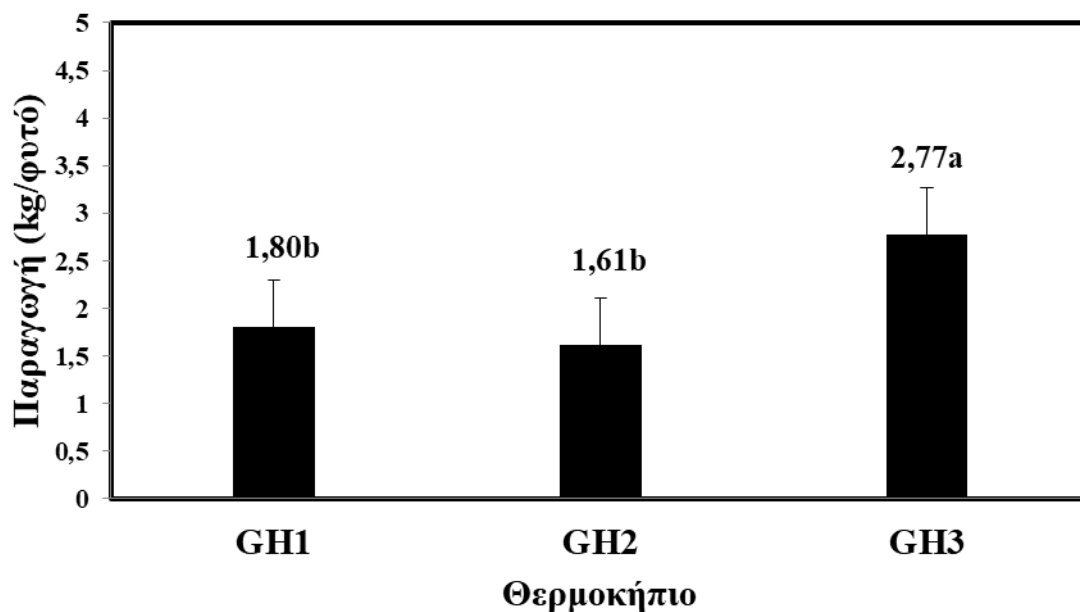
Διάγραμμα 3. Περιεχόμενη ξηρή ουσία φύλλων και βλαστών φυτών τομάτας κατά την τρίτη καλλιεργητική περίοδο

### 3.4 Μετρήσεις παραγωγής

Στο σύνολο της καλλιεργητικής περιόδου το παραγωγικό δυναμικό των φυτών εκφρασμένο ως kg καρπών / φυτό φαίνεται στο



**Διάγραμμα 4.** Εκεί παρατηρείται ότι τα φυτά του θερμοκηπίου GH3 παρήγαγαν περισσότερα κιλά καρπών ανά φυτό 2,8 kg/φυτό έναντι των GH1 και GH2 που παρήγαγαν 1,8 και 1,6 kg/φυτό, αντίστοιχα κατά τη διάρκεια της τρίτης καλλιεργητικής περιόδου. Επομένως και η συνολική παραγωγή των θερμοκηπίων είναι αυξημένη στα θερμοκήπια όπου έχουν εξοπλιστεί με UV block καλύμματα.

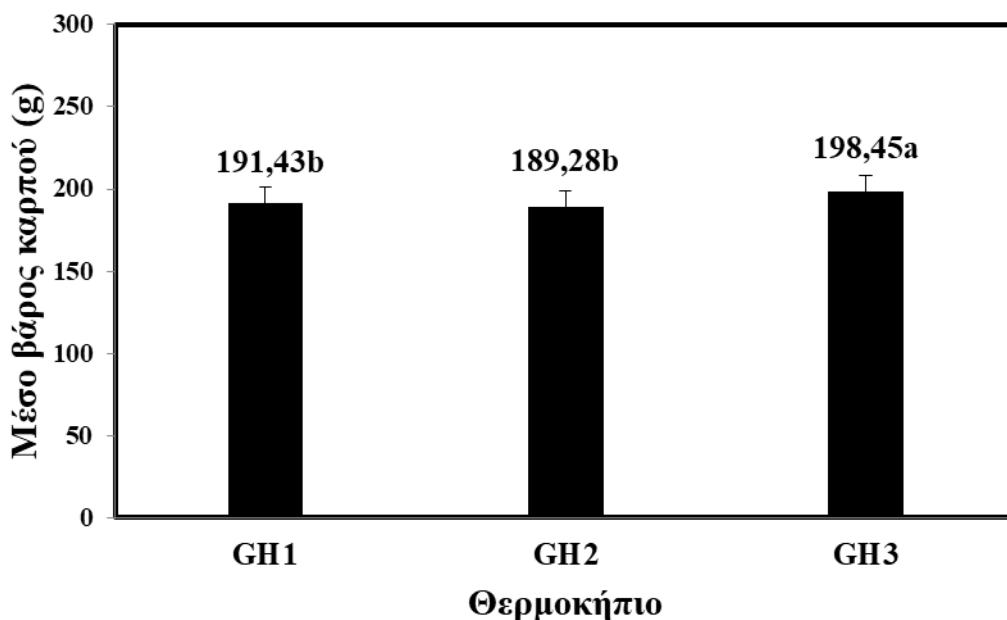


**Διάγραμμα 4.** Παραγωγή φυτών τομάτας εκφρασμένη ως kg καρπού ανά φυτό κατά την τρίτη καλλιεργητική περίοδο



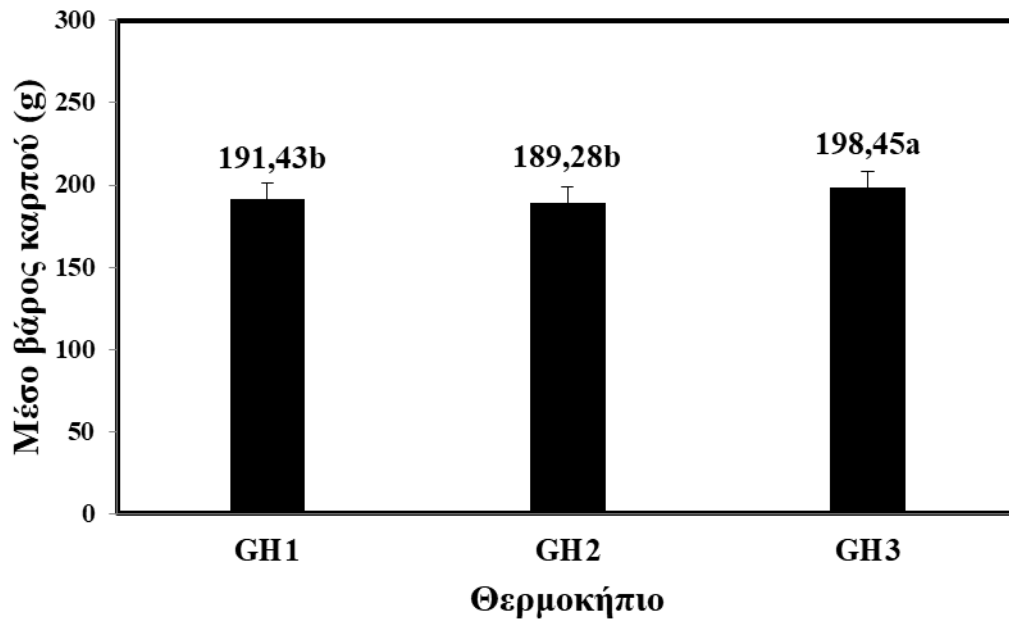
**Εικόνα 7** Συγκομιδή καρπών τομάτας (Βελεστίνο, 2020)

Σε σύνολο 8 συγκομιδών (29/10/2020 – 22/12/2020) βρέθηκε ότι οι τιμές του μέσου βάρους των συγκομισμένων καρπών ήταν υψηλότερες στους καρπούς που συγκομίστηκαν από το GH3 και διάφεραν σημαντικά από τιμές των καρπών των GH1 και GH2, οι οποίες δεν βρέθηκε να διαφέρουν σημαντικά, όπως φαίνεται στο διάγραμμα



**Διάγραμμα 5.**





Διάγραμμα 5. Μέσο βάρος καρπού ανά μεταχείριση κατά την τρίτη καλλιεργητική περίοδο



Εικόνα 8 Επιλογή καρπών τομάτας για μέτρηση νωπού βάρους καρπών

### 3.5 Συζήτηση

Στην παρούσα εργασία προέκυψε ότι ο ρυθμός φωτοσύνθεσης μένει ανεπηρέαστος και είναι ανεξάρτητος από το καλύμματα που χρησιμοποιήθηκαν. Βέβαια τα αποτελέσματα του πειράματος έρχονται σε αντίθεση με αυτά των, Tezuka et al., 1993, όσων αφορά την επίδραση των UV



απορροφητικών καλυμμάτων στο ρυθμό φωτοσύνθεσης,. Σύμφωνα με τον Tezuka, ο μεταβολισμός άνθρακα κάτω από συνθήκες αποκλεισμού της UV ακτινοβολίας ήταν αυξημένος.

Εξίσου διαφορετικά αποτελέσματα προέκυψαν στις μετρήσεις χλωροφύλλης. Σύμφωνα με τους Tezuka et al., 1993, κάτω από συνθήκες αποκλεισμού της UVB ακτινοβολίας, οι μετρήσεις χλωροφύλλης ήταν μεγαλύτερες από αυτές που επέτρεπαν την είσοδο της υπεριώδους ακτινοβολίας ή από αυτές που την απέκλειαν τελείως. Παρόμοια αποτελέσματα βρέθηκαν και στις εργασίες των Papaioannou et al., 2012 και Ibrahim et al., 2018, Αντίθετα στην εργασία μας, αν και οι τιμές της χλωροφύλλης ήταν μεγαλύτερες από αυτές του μάρτυρα, η διαφορά δεν ήταν αρκετά μεγάλη ώστε να χαρακτηριστεί ως στατιστικά σημαντική. Από την άλλη πλευρά στο πείραμα των Lee et al., 2021 όπου χρησιμοποίησαν έξι διαφορετικούς τύπους καλυμμάτων με διαφορετικές περατότητες στην υπεριώδη ακτινοβολία, δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στη συγκέντρωση χλωροφύλλης στα φύλλα καλλιέργειας μαρουλιού.

Όσον αφορά τα αποτελέσματα συσσώρευσης ξηρής ουσίας, βρήκαμε ότι κάτω από συνθήκες περιορισμού εισόδου της UVB ακτινοβολίας η ξηρά ουσία ήταν σαφώς περισσότερη. Τα αποτελέσματα αυτά, συμβαδίζουν με τα αποτελέσματα των Tezuka et al., 1993, Fletcher et al., 2004, Hidaka et al. 2008, Ibrahim et al., 2018, όπου σε καλλιέργεια τομάτας κάτω από καλύμματα απορροφητικά της UV ακτινοβολίας, η ξηρή ουσία και η φυλλική επιφάνεια βρέθηκαν αυξημένες. Όπως και αυξημένο ύψος βλαστών κάτω από συνθήκες αποκλεισμού της υπεριώδους ακτινοβολίας καταγράφηκε στις έρευνες των (Costa et al., 2002, Monci et al., 2004, Papaioannou et al., 2012, όπως ακριβώς και στην παρούσα εργασία. Αυτό οφείλεται στο ότι συνήθως η UVB ακτινοβολία μειώνει την ανάπτυξη πολλών καλλιεργούμενων φυτών (Krizek et al., 1998; Yamasaki et al., 2007). Ωστόσο στην εργασία των Gude et al., 2022, η συσσώρευση βιομάζας φυτών τομάτας μεταξύ του UV block καλύμματος και του μάρτυρα δεν φάνηκαν να διαφέρουν σημαντικά.

Η διαφορετική περατότητα των καλυμμάτων φάνηκε να επηρεάζει σημαντικά την συνολική παραγωγή της καλλιέργειας ( **Διάγραμμα 4**) καθώς και το μέσο βάρος καρπού (**Διάγραμμα 5**). Τα αποτελέσματα αυτά, έρχονται σε συμφωνία με τα ευρήματα των Tezuka et al., 1993, Lopez-Marin et al. 2013, Ibrahim et al., 2018 όπου σε συνθήκες περιορισμού της υπεριώδους ακτινοβολίας το νωπό βάρος των καρπών ήταν σημαντικά υψηλότερο. Μάλιστα στην έρευνα του Ibrahim το μέσο βάρος καρπών είναι αυξημένο, όπως ακριβώς συνέβη και στο δικό μας πείραμα. Αυξημένη παραγωγή σε φυτά τομάτας, κάτω από συνθήκες αποκλεισμού της UVB ακτινοβολίας έχει παρατηρηθεί και από τους Monci et al., 2014, Gonzalez et al., 2004). Βέβαια σύμφωνα με τους Van Der Ploeg και Heuvelink, η παραγωγή της τομάτας δεν είναι ένα ανεξάρτητο χαρακτηριστικό, αλλά επηρεάζεται από τη μορφολογία των φυτών, τη φυσιολογία τους καθώς και τις συνθήκες ανάπτυξής τους. Επομένως εφόσον τα φυτά των θερμοκηπίων 2 και 3 βρίσκονταν σε καλύτερες συνθήκες ανάπτυξης σε σύγκριση με το

μάρτυρα, χωρίς δηλαδή την καταπόνηση από τη UVB ακτινοβολία, είναι λογικό να έχουν και μεγαλύτερη παραγωγή.

Αξίζει να διευκρινιστεί, ότι ερμηνεύοντας τα παραπάνω αποτελέσματα, οφείλουμε να λάβουμε υπόψη μας τις διακυμάνσεις των επιπέδων της υπεριώδους ακτινοβολίας ανά τον κόσμο, ανά εποχή και ανάλογα της έντασης εκδήλωσης των μετεωρολογικών φαινομένων. Έτσι μπορούν να δικαιολογηθούν πολλές διαφορές σε μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στο ίδιο είδος, αλλά σε διαφορετικές χώρες, ακόμα και αν οι χώρες αυτές δέχονται τα ίδια επίπεδα υπεριώδους ακτινοβολίας (Katsoulas et al., 2020).

### **3.6 Συμπεράσματα**

Συνοψίζοντας διαπιστώνουμε ότι τα απορροφητικά καλύμματα της UV ακτινοβολίας είναι ασφαλή στην χρήση τους, χωρίς να προκαλούν προβλήματα στην καλλιέργεια τομάτας. Οι φυσιολογικές λειτουργίες των φυτών φαίνεται να μένουν ανεπηρέαστες ή τουλάχιστον να μην επηρεάζονται αρνητικά. Η παραγωγή καρπών βρέθηκε αυξημένη και σε συνδυασμό με τις μειωμένες προσβολές από έντομα, άρα και το κόστος σε εντομοκτόνα. Θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε ότι πρόκειται για μια τεχνική η οποία εάν υιοθετηθεί από τους παραγωγούς θα μπορούσε να τους επιφέρει οικονομικά οφέλη.

## Βιβλιογραφία

### Ξενόγλωσση

- Alvarado, K.A., Mill, A., Pearce, J.M., Vocaet, A., and Denkenberger, D. (2020). Scaling of greenhouse crop production in low sunlight scenarios. *Science of the Total Environment* 707.
- Antignus, Y., Lapidot, M., Hadar, D., Messika, Y., Cohen, S., 1998. Ultravioletabsorbing screens serve as optical barriers to protect crops from virus and insect pests. *J. Econ. Entomol.* 9 (6), 1401–1405.
- Antignus, Y., 0. Lachman, Y. Leshem, E. Matan, H. Yehezkel and Y. Messika (1999). Protection efficiency of UV-absorbing films in greenhouses with vertical walls. In Summary of Research Projects and Field Experiments in Tomato Crops for 1999, Ministry of Agriculture, Israel pp. 29-39.
- Bojkov, R. & Fioletov, V. E. 1997. Changes of the lower stratospheric ozone over Europe and Canada. *J. Geophys. Res.* 102: 1337–1347.
- Callis, L. B., Natarajan, M., Lambeth, J. D. & Boughner, R. E. 1997. On the origin of midlatitude ozone changes: Data analysis and simulations for 1979–1993. *J. Geophys. Res.* 102: 1215–1228.
- Costa, H.S., Robb, K.L., 1999. Effects of ultraviolet-absorbing greenhouse plastic films on flight behavior of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) and *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Tripidae). *J. Econ. Entomol.* 92, 557–562.
- Costa, H.S.; Robb, K.L.; Wilen, C.A. Field trials measuring the effects of ultraviolet-absorbing greenhouse plastic films on insect populations. *J. Econ. Entomol.* 2002, 95, 113–120.
- Doukas, D., Payne, C.C., 2007. Greenhouse whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) dispersal under different UV light environments. *J. Econ. Entomol.* 100, 389–397.
- Espí, E., Salmerón, A., Fontecha, A., García, Y., & Real, A. I. (2006). PLastic Films for Agricultural Applications. *Journal of Plastic Film & Sheeting*, 22(2), 85–102.
- Fletcher, J.M., Tatsiopoulou, A., Hadley, P., Davis, F.J., and Henbest, R.G.C. (2004). Growth, yield and development of Strawberry cv. “Elsanta” under novel photoselective film clad greenhouses. In *Acta Horticulturae*, (International Society for Horticultural Science), pp. 99–106.
- Folta, K.M., and Carvalho, S.D. (2015). Photoreceptors and control of horticultural plant traits. *HortScience* 50, 1274–1280.
- González, A., García-Alonso, Y., Espí, E., Fontecha, A., and Salmerón, A. (2004). Viral diseases control with UV-blocking films in greenhouses of southern Spain. In *Acta Horticulturae*, (International Society for Horticultural Science), pp. 331–338.
- Halevy, A., 1997. Is there an ideal cover for protected cultivation? In: Proceedings of 14th International Congress for Plastics in Agriculture, Tel Aviv, Israel, March 1997, pp. 3–7.

- Herman, J. R., Bhartia, P. K. Ziemke, J. & Larko, D. 1996. UV-B increases (1979–1992) from decreases in total ozone. *Geophys. Res. Lett.* 23: 2117–2120.
- Hidaka, K.; Yoshida, K.; Shimasaki, K.; Murakami, K.; Yasutake, D.; Kitano, M. Spectrum conversion film for regulation of plant growth. *J. Fac. Agric.* 2008, 53, 549–552.
- Ibrahim, H. A., Abdullah, M. A. A., Hassan, N. M. K., & El-Batran, H. S. (2018). Effect of different levels of solar ultraviolet radiation on the vegetative growth, yield and quality of cherry tomatoes. *Bioscience Research*, 15(3), 2408–2415.
- Impron, I., Hemming, S., and Bot, G.P.A. (2007). Simple greenhouse climate model as a design tool for greenhouses in tropical lowland. *Biosystems Engineering* 98, 79–89.
- Jansen, M.A.K. (2002). Ultraviolet-B radiation effects on plants: Induction of morphogenic responses. *Physiologia Plantarum* 116, 423–429.
- Jett, L. W. (2017). High Tunnels. A Guide to the Manufacture, Performance, and Potential of Plastics in Agriculture, 107–116.
- Kane, R. P. 1998. Ozone depletion, related UV-B changes and increased skin cancer incidence. *Int. J. Climatol.* 18: 457–472.
- Katsoulas, N., Bari, A., and Papaioannou, C. (2020). Plant responses to UV blocking greenhouse covering materials: A review. *Agronomy* 10.
- Kelly M. Gude, Eleni D. Pliakoni, Brianna Cunningham, Kanwal Ayub, Qing Kang, Channa B. Rajashekar, and Cary L. Rivard. (2022). High Tunnel Coverings Alter Crop Productivity and Microclimate of Tomato and Lettuce. *HortScience* 57: 1–8.
- Kotilainen, T., Robson, T. M., & Hernández, R. (2018). Light quality characterization under climate screens and shade nets for controlled-environment agriculture. *PLOS ONE*, 13(6), e0199628.
- Krizek, D.T., Britz, S.J. and Mirecki, R.M. 1998. Inhibitory effects of ambient levels of solar UV-A and UV-B radiation on growth of cv. New Red Fire lettuce. *Physiol. Plant.* 103:1-7.
- Lee, M., Rivard, C., Wang, W., Pliakoni, E., Gude, K., and Rajashekar, C.B. (2021). Spectral blocking of solar radiation in high tunnels by poly covers: Its impact on nutritional quality regarding essential nutrients and health-promoting phytochemicals in lettuce and tomato. *Horticulturae* 7.
- Madronich S, McKenzie RL, Bjorn LO, Caldwell MM (1998) Changes in biologically active ultraviolet radiation reaching the Earth's surface. *J Photochem Photobiol B* 146:5–19.
- Monci, F., García-Andrés, S., Sánchez, F., Moriones, E., Espí, E., and Salmerón, A. (2004). Tomato yellow leaf curl disease control with UV-blocking plastic covers in commercial plastic houses of Southern Spain. In *Acta Horticulturae*, (International Society for Horticultural Science), pp. 537–542.
- Papaioannou, C.; Katsoulas, N.; Maletsika, P.; Siomos, A.; Kittas, C. Effects of a UV-absorbing greenhouse covering film on tomato yield and quality. *Span. J. Agric. Res* 2012, 10, 959–966.

Seker, I. (1999) Studies on the effects of UV-absorbing films on the pollination activity of bumblebees in greenhouse tomatoes. In Summary of Research Projects and Field Experiments in Tomato Crops for 1999, Ministry of Agriculture, Israel pp. 41-53.

Secker-Esquire, I., 2000. Effect of UV absorbing plastic covers on bumblebees in tomato greenhouses. In: Proceedings of 15th International Congress for Plastic in Agriculture, Pennsylvania, USA, September 2000, pp. 150–151.

Singh VP, Kumar J, Singh M, Singh S, Prasad SM, Dwivedi R, Singh MPVVB (2016a) Role of salicylic acid-seed priming in the regulation of chromium (VI) and UV-B toxicity in maize seedlings. *Plant Growth Regul* 78:79–91.

Singh, M., Bashri, G., Prasad, S. M., & Singh, V. P. (2019). Kinetin Alleviates UV-B-Induced Damage in *Solanum lycopersicum*: Implications of Phenolics and Antioxidants. *Journal of Plant Growth Regulation*.

Tezuka, T., Hotta, T., & Watanabe, I. (1993). Growth promotion of tomato and radish plants by solar UV radiation reaching the Earth's surface. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 19(1), 61–66.

Van Der Ploeg, A., and Heuvelink, E. (2005). Influence of sub-optimal temperature on tomato growth and yield: A review. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 80, 652–659.  
Yamasaki, S., Noguchi, N. and Mimaki, K. 2007. Continuous UV-B irradiation induces morphological changes and the accumulation of polyphenolic compounds on the surface of cucumber cotyledons. *J. Radiat. Res.* 48:443-454.

Zlatev ZS, Lidon FJC, Kaimakanova M (2012) Plant physiological responses to UV-B radiation. *Emir J Food Agric* 2:481–501.

## Ελληνική

Ολύμπιος Χ., 2001. Η τεχνική της καλλιέργειας των κηπευτικών στα θερμοκήπια. Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα.

Καραμπουρνιώτης Α.Γ., Λιακόπουλος Γ., Νικολόπουλος Δ., 2012. Φυσιολογία Καταπονήσεων των Φυτών. Εκδόσεις Έμβρυο, Αθήνα.

Μαυρογιαννόπουλος Γ., 2017. Τεχνολογία θερμοκηπίων. Εκδόσεις UNIBOOKS I.K.E., Αθήνα.

Σάββας Δ., 2011. Καλλιέργειες εκτός εδάφους: Υδροπονία, Υποστρώματα. Εκδόσεις Αγροτύπος, Αθήνα.

Χα Ι., Πετρόπουλος Σ., 2014. Γενική Λαχανοκομία & Υπαίθρια Καλλιέργεια Λαχανικών. Εκδόσεις Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, Βόλος.