

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ**  
**ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**  
**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ**  
**ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ**

«Επίδραση απορροφητικών της υπεριώδους ακτινοβολίας υλικών κάλυψης θερμοκηπίου στην ανάπτυξη και παραγωγή καλλιέργειας φράουλας και αγγουριού»

**Ευαγγελία Άννα Παπαϊωάννου**

**Βόλος, 2022**

*«Επίδραση απορροφητικών της υπεριώδους ακτινοβολίας υλικών κάλυψης θερμοκηπίου στην ανάπτυξη και παραγωγή καλλιέργειας φράουλας και αγγουριού».*

*«Effect of UV absorbing greenhouse covering films on greenhouse cucumber and strawberry crop production».*

Ευαγγελία Άννα Παπαϊωάννου

**Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή**

**Νικόλαος Κατσούλας** Επιβλέπων Καθηγητής

Καθηγητής Γεωργικών Κατασκευών-Θερμοκηπίων,  
τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού  
Περιβάλλοντος

**Σπυρίδων Πετρόπουλος** Μέλος

Αναπληρωτής Καθηγητής Λαχανοκομίας, τμήμα  
Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού  
Περιβάλλοντος

**Χρυσούλα Παπαϊωάννου** Μέλος

Καθηγήτρια Γεωργικής Μηχανικής, τμήμα Γεωπονίας-  
Αγροτεχνολογίας

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

Copyright © *Ευαγγελία Άννα Παπαϊωάννου*, 2022.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας διατριβής, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης.

Η έγκριση της Προπτυχιακής Διατριβής Ειδίκευσης από το Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δε δηλώνει αποδοχή των γνώμων του συγγραφέα.

## **Ευχαριστίες**

Θα ήθελα να εκφράσω τις ιδιαίτερα θερμές ευχαριστίες μου στον Καθηγητή Γεωργικών Κατασκευών-Θερμοκηπίων του Π.Θ. κ. Ν. Κατσούλα που ήταν ο επιβλέπων της πτυχιακής μου διατριβής, καθώς με βοήθησε εύστοχα στην επιλογή του θέματος αλλά και για τη συνεχή καθοδήγηση κατά την εκτέλεση του πειραματικού μέρους. Οι πολύ διαφωτιστικές βασικές υποδείξεις και διορθώσεις κατά τη συγγραφή του κειμένου αλλά και κατά την παρουσίαση των αποτελεσμάτων ήταν καθοριστικές.

Επίσης θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου τόσο στον κ. Σ. Πετρόπουλο αλλά και στην κα. Χ. Παπαϊωάννου Αν. Καθηγητή και Καθηγήτρια του Π.Θ. αντίστοιχα, για τη βοήθειά τους στην ομαλή διεξαγωγή του πειράματος όσο και στην κα. Αναστασία Μπάρη Γεωπόνο για την πολύτιμη βοήθεια και τις διευκρινίσεις της κυρίως για τη συγγραφή της εργασίας αλλά και για τη διαμόρφωση του τελικού κειμένου.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου, τους φίλους μου και τους συμφοιτητές μου οι οποίοι ευγενικά προσφέρθηκαν να με βοηθήσουν και να με στηρίξουν με συνεχή ενθάρρυνση κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	ix
SUMMARY .....	x
<b>1. Εισαγωγικές έννοιες.....</b>	<b>11</b>
1.1. Θερμοκήπιο.....	11
1.2. Υλικά κάλυψης .....	11
1.3. Πλαστικά υλικά κάλυψης θερμοκηπίου .....	12
1.4. Πολυαιθυλένιο Χαμηλής Πυκνότητας (LDPE) .....	13
1.5. Πρόσθετες ιδιότητες των υλικών κάλυψης .....	14
1.5.1. Πρόσθετα, που προσδίδουν στο κάλυμμα, UV-blocking ιδιότητες (UV-blocking claddings -Αντανακλούν την Υπεριώδη Ακτινοβολία) .....	15
<b>1.6. Φυτικά είδη .....</b>	<b>16</b>
1.6.1. Εισαγωγή .....	16
<b>1.6.2. Φράουλα .....</b>	<b>16</b>
1.6.2.1. Φυσιολογία φράουλας .....	16
1.6.2.2. Εξάπλωση της καλλιέργειας φράουλας .....	17
1.6.2.3. Διατροφικά χαρακτηριστικά φράουλας .....	17
1.6.2.4. Οφέλη φράουλας, στην ανθρώπινη υγεία .....	19
<b>1.6.3. Αγγούρι.....</b>	<b>19</b>
1.6.3.1. Φυσιολογία αγγουριού .....	20
1.6.3.2. Εξάπλωση της καλλιέργειας αγγουριού.....	21
1.6.3.3. Διατροφικά χαρακτηριστικά αγγουριού .....	21
1.6.3.4. Οφέλη του αγγουριού, στην ανθρώπινη υγεία.....	22
<b>1.7. Σκοπός.....</b>	<b>23</b>
<b>2. Υλικά και μέθοδοι.....</b>	<b>24</b>
2.1. Υλικά κάλυψης θερμοκηπίων.....	24
2.2. Θερμοκήπια.....	25
2.3. Καλλιέργεια .....	26
2.4. Πειραματικός σχεδιασμός και ανάλυση .....	26
2.5. Μετρήσεις .....	27
2.5.1. Αγρονομικές μετρήσεις .....	27
2.5.1.1. Περιεχόμενη Χλωροφύλλη Φύλλων.....	27
2.5.1.2. Ρυθμός Φωτοσύνθεσης .....	28
2.5.1.3. Χαρακτηριστικά ανάπτυξης ανά καλλιέργεια .....	29
2.5.1.3.1. Φράουλα .....	29
2.5.1.3.2. Αγγούρι .....	31
2.5.2. Ποιοτικές μετρήσεις .....	33
2.5.2.1. Μέτρηση Παραμέτρων Χρώματος Καρπού Φράουλας .....	34

2.6.	Στατιστική ανάλυση.....	34
3.	Αποτελέσματα.....	35
3.1.	Περιεχόμενη Χλωροφύλλη Φύλλων .....	115
3.2.	Ρυθμός Φωτοσύνθεσης .....	116
3.3.	Συγκομιδή.....	38
3.4.	Περιεχόμενη Ξηρή ουσία Καρπών .....	40
3.5.	Περιεχόμενη Ξηρή ουσία Φύλλων .....	41
3.6.	Παράμετροι Χρώματος Καρπών Φράουλας.....	42
4.	Συζήτηση .....	46
4.1.	Αγρονομικές μετρήσεις.....	46
	4.1.1. Περιεχόμενη Χλωροφύλλη Φύλλων .....	46
	4.1.2. Ρυθμός Φωτοσύνθεσης.....	46
	4.1.3. Συγκομιδή .....	46
	4.1.4. Περιεχόμενη Ξηρή Ουσία Καρπών - Φύλλων .....	47
	4.1.4.1. Περιεχόμενη Ξηρή ουσία Καρπών .....	47
	4.1.4.2. Περιεχόμενη Ξηρή ουσία Φύλλων.....	47
4.2.	Ποιοτικές μετρήσεις.....	47
	4.2.1. Μέτρηση Παραμέτρων Χρώματος Καρπών Φράουλας.....	47
5.	Συμπεράσματα.....	49
6.	Βιβλιογραφία.....	50
6.1.	Ξενόγλωσση βιβλιογραφία .....	50
6.2.	Ελληνική βιβλιογραφία .....	63

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.	Παγκόσμια παραγωγή φράουλας (σε tn), ανά ήπειρο (FAOSTAT, 2018). .....	17
Πίνακας 2.	Παραγωγή φράουλας (σε tn), στην Ελλάδα (επίσημα στοιχεία) (ΕΛ.ΣΤΑΤ., 2019). .....	17
Πίνακας 3.	Θρεπτική σύσταση καρπού φράουλας (ανά 100 g νωπού βάρους) (Giampieri et al., 2014, USDA, 2019).....	18
Πίνακας 4.	Συγκεντρώσεις των κύριων φαινολικών ενώσεων στις φράουλες (Aaby et al., 2012, Giampieri et al., 2012b, Giampieri et al., 2014, Rahman et al., 2019). .....	19
Πίνακας 5.	Παγκόσμια παραγωγή αγγουριού (σε tn), ανά ήπειρο (FAOSTAT, 2018). .....	21
Πίνακας 6.	Παραγωγή αγγουριού (σε tn), στην Ελλάδα (επίσημα στοιχεία) (ΕΛ.ΣΤΑΤ., 2019). .....	21
Πίνακας 7.	Θρεπτική αξία καρπού αγγουριάς (ανά 100 g νωπού βάρους) (USDA, 2019). ...	22

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

<b>Διάγραμμα 1.</b> Διακύμανση τιμών περιεχόμενης χλωροφύλλης, ανά θερμοκήπιο και ανά ημερομηνία, στην καλλιέργεια της φράουλας.....	35
<b>Διάγραμμα 2.</b> Διακύμανση τιμών περιεχόμενης χλωροφύλλης, ανά θερμοκήπιο και ανά ημερομηνία, στην καλλιέργεια του αγγουριού.....	36
<b>Διάγραμμα 3.</b> Διακύμανση τιμών φωτοσύνθεσης, ανά θερμοκήπιο και ανά ημερομηνία, στην καλλιέργεια της φράουλας.....	37
<b>Διάγραμμα 4.</b> Διακύμανση τιμών φωτοσύνθεσης, ανά θερμοκήπιο και ανά ημερομηνία, στην καλλιέργεια του αγγουριού.....	38
<b>Διάγραμμα 5.</b> Διακύμανση τιμών βάρους καρπών φράουλας, ανά θερμοκήπιο και ανά ημερομηνία.....	39
<b>Διάγραμμα 6.</b> Διακύμανση τιμών βάρους καρπών αγγουριού, ανά θερμοκήπιο και ανά ημερομηνία.....	39
<b>Διάγραμμα 7.</b> Διακύμανση τιμών ξηράς ουσίας (ξ.ο.) καρπών φράουλας, ανά θερμοκήπιο και ανά ημερομηνία.....	40
<b>Διάγραμμα 8.</b> Διακύμανση τιμών ξηράς ουσίας (ξ.ο.) καρπών αγγουριού, ανά θερμοκήπιο και ανά ημερομηνία.....	41
<b>Διάγραμμα 9.</b> Διακύμανση τιμών παραμέτρου $L^*$ σε καρπούς φράουλας, ανά θερμοκήπιο και ανά ημερομηνία.....	43
<b>Διάγραμμα 10.</b> Διακύμανση τιμών παραμέτρου $a^*$ σε καρπούς φράουλας, ανά θερμοκήπιο και ανά ημερομηνία.....	43
<b>Διάγραμμα 11.</b> Διακύμανση τιμών παραμέτρου $b^*$ σε καρπούς φράουλας, ανά θερμοκήπιο και ανά ημερομηνία.....	44
<b>Διάγραμμα 12.</b> Διακύμανση τιμών παραμέτρου Chroma* σε καρπούς φράουλας, ανά θερμοκήπιο και ανά ημερομηνία.....	45

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

<b>Εικόνα 1.</b> Ένα από τα 3 υλικά κάλυψης που χρησιμοποιήθηκαν, για την πραγματοποίηση του πειράματος (προσωπικό αρχείο, 2020).....	25
<b>Εικόνα 2.</b> Κάτοψη των τριών θερμοκηπίων από δορυφόρο (Google Earth, 2020).....	25
<b>Εικόνα 3.</b> Άλλη όψη των τριών θερμοκηπίων (προσωπικό αρχείο, 2020).....	26
<b>Εικόνες 4 και 5.</b> Μεταφύτευση φυτών φράουλας (αριστερά) (προσωπικό αρχείο, 2020) και αγγουριού (δεξιά) (προσωπικό αρχείο, 2020).....	26
<b>Εικόνες 6,7,8.</b> Χωροθέτηση φυτών φράουλας και αγγουριού στα 3 θερμοκήπια (από αριστερά προς τα δεξιά) (προσωπικό αρχείο, 2020).....	27
<b>Εικόνα 9.</b> Όργανο μέτρησης της σχετικής συγκέντρωσης χλωροφύλλης (προσωπικό αρχείο, 2020).....	28
<b>Εικόνα 10.</b> Όργανο μέτρησης της φωτοσύνθεσης (προσωπικό αρχείο, 2020).....	29
<b>Εικόνα 11,12,13.</b> Εικόνες συγκομιδής, καθώς και μέτρησης βάρους καρπού φράουλας (από αριστερά προς τα δεξιά) (προσωπικό αρχείο, 2020).....	30
<b>Εικόνα 14,15,16.</b> Διάφορες παραμορφώσεις καρπών φράουλας (προσωπικό αρχείο, 2020).....	30
<b>Εικόνα 17,18,19.</b> Εικόνες σταδίων μέτρησης, νωπού και ξηρού βάρους, καρπών φράουλας (από αριστερά προς τα δεξιά) (προσωπικό αρχείο, 2020).....	30
<b>Εικόνα 20.</b> Όργανο μέτρησης βάρους φυτών, φύλλων και βλαστών (προσωπικό αρχείο, 2020).....	31
<b>Εικόνα 21.</b> Συσκευή ξήρανσης φύλλων και καρπών (προσωπικό αρχείο, 2020).....	31



<b>Εικόνα 22,23,24.</b> Επιλεγέντα φυτά αγγουριού, για μέτρηση των χαρακτηριστικών της ανάπτυξης (προσωπικό αρχείο, 2020).....	33
<b>Εικόνα 25,26,27.</b> Εικόνες συγκομιδής, καθώς και μέτρησης βάρους καρπών αγγουριού (από αριστερά προς τα δεξιά) (προσωπικό αρχείο, 2020).....	33
<b>Εικόνα 28,29,30,31.</b> Εικόνες σταδίων μέτρησης, βάρους και διαμέτρου φύλλων, καθώς και νωπού και ξηρού βάρους καρπών αγγουριού (από πάνω αριστερά προς κάτω δεξιά) (προσωπικό αρχείο, 2020).....	33
<b>Εικόνες 32,33.</b> Όργανο μέτρησης του χρώματος των καρπών φράουλας (προσωπικό αρχείο, 2020).....	34
<b>Εικόνα 34.</b> Διακύμανση τιμών περιεχόμενης ξηράς ουσίας (ξ.ο.) φύλλων φράουλας ανά θερμοκήπιο στις 25/8.....	41
<b>Εικόνα 35.</b> Διακύμανση τιμών περιεχόμενης ξηράς ουσίας (ξ.ο.) φύλλων αγγουριού ανά θερμοκήπιο στις 14/5, 25/6 και 24/7.....	42

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η μελέτη της επίδρασης 3 υλικών κάλυψης με τροποποιημένη διαπερατότητα στην υπεριώδη ακτινοβολία σε φυτά φράουλας και αγγουριάς. Για το λόγο αυτό επιλέχθηκαν 3 εύκαμπτα, πλαστικά, επταστρωματικά υλικά κάλυψης, με διαφορετικά πρόσθετα (1 UV-Open, με περατότητα στη UV ακτινοβολία 87,42% και 2 UV-blocking, με περατότητα στη UV ακτινοβολία 18,41% και 24,06%), σε καλλιέργειες φράουλας (ποικ. Victory) και αγγουριού (ποικ. Aegeas). Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν και για τις 2 καλλιέργειες ήταν η φωτοσύνθεση, η χλωροφύλλη, το ξηρό βάρος καρπού και φύλλων και η συνολική παραγωγή, ενώ για την φράουλα ήταν, εκτός των προαναφερθέντων, και η μέτρηση του χρώματος. Από τις μετρήσεις αυτές παρατηρήθηκε ότι και τα 2 είδη έδωσαν καλύτερα αποτελέσματα, όσον αφορά τη χλωροφύλλη και τη παραγωγή, στο UV-open, ενώ στη φωτοσύνθεση και στις ξηρές ουσίες καρπών και φύλλων, στο UV-blocking υλικό κάλυψης. Επιπρόσθετα, σχετικά με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του καρπού της φράουλας, δεν παρατηρήθηκε κάποια υπεροχή ενός υλικού σε σχέση με ένα άλλο διότι στις παραμέτρους  $b^*$  και Chroma\* έδειξε καλύτερα αποτελέσματα το UV-open ενώ στις  $L^*$  και  $a^*$  τα UV-blocking υλικά κάλυψης. Ωστόσο υπήρχαν και περιπτώσεις, όπως σε αυτές της φωτοσύνθεσης και της ξηράς ουσίας φύλλων στη φράουλα, όπου μπορεί το UV-blocking με περατότητα στη UV ακτινοβολία 24,06% να εμφάνισε καλύτερα αποτελέσματα, σε σύγκριση με το UV-open, όμως και αυτό με τη σειρά του ήταν πιο αποδοτικό σε σχέση με το UV-blocking με περατότητα στη UV ακτινοβολία 18,41%. Συμπερασματικά λοιπόν, και στις 2 περιπτώσεις, τα UV-blocking υλικά κάλυψης έδωσαν καλύτερα αποτελέσματα τόσο στη φράουλα όσο και στο αγγούρι και κυρίως το UV-blocking με περατότητα στη UV ακτινοβολία 24,06%.

**Λέξεις-κλειδιά:** UV-Open, UV-blocking, Victory, Aegeas.

## **SUMMARY**

The purpose of this study was to study the effect of 3 coating materials, with modified UV permeability, on strawberry and cucumber plants. For this reason, 3 flexible, plastic, seven-layer coating materials were selected, with different additives (1 UV-Open, with UV-permeability 87.42%, and 2 UV-blocking, with UV-permeability of 18.41% and 24.06%), in strawberry (cv. Victory) and cucumber (cv. Aegeas) crops. The measurements performed for both crops were photosynthesis, chlorophyll, dry weight of fruit and leaves and total production, while for strawberry was, in addition to the color measurement. From these measurements, it was observed that, both species gave better results, in terms of chlorophyll and production, in UV-open, while in photosynthesis and in dry matter, fruits and leaves, in UV-blocking cover material. In addition, regarding the quality characteristics of the strawberry fruit, no superiority of one material was observed, in relation to another, because, in the parameters of  $b^*$  and  $Chroma^*$ , UV-open cover material showed better results, while in the  $L^*$  and  $a^*$ , the UV-blocking cover materials. However, there have been cases, such as photosynthesis and dry leaf matter, in strawberry, where UV-blocking, with a permeability to UV radiation of 24.06%, may have shown better results than UV-Open, but this, in turn, was more efficient, than UV-blocking, with a permeability to UV radiation of 18.41%. In conclusion, in terms of cover materials, in both cases, UV-blocking, shown better results, both strawberry and cucumber, and especially UV-blocking, with a permeability to UV radiation of 24.06%.

**Keywords:** UV-Open, UV-blocking, Victory, Aegeas.

## **1. Εισαγωγικές έννοιες**

### **1.1. Θερμοκήπιο**

Το θερμοκήπιο θεωρείται ως ένα από τα σημαντικότερα γεωργικά κτίρια καθώς, ολοένα και περισσότερο, χρησιμοποιείται για την παραγωγή λαχανικών, φρούτων, αλλά και δρεπτικών ανθοκομικών ειδών (Lamont, 2009, Aitken, 2012, Yano and Cossu, 2019).

Αποτελεί μία κατασκευή η οποία προσφέρει στα φυτά προστασία από το εξωτερικό περιβάλλον με σκοπό τη στήριξη, τόσο στην ανάπτυξη των καλλιεργειών όσο και στην αύξηση της παραγωγής και στην ποιότητα (Choab et.al., 2019).

Ο τελικός σχεδιασμός ενός θερμοκηπίου θα πρέπει να αντισταθμιστεί μεταξύ τριών σημαντικών ζητημάτων: α) στον συνολικό σχεδιασμό του θερμοκηπίου και των χαρακτηριστικών των επιμέρους δομικών στοιχείων, β) στις μηχανικές και φυσικές ιδιότητες που καθορίζουν τη δομική αλλά και λειτουργική συμπεριφορά των υλικών κάλυψης, καθώς και (γ) στην φωτοευαισθησία και τη θερμοκρασία της καλλιέργειας, η οποία πρόκειται να καλλιεργηθεί στο θερμοκήπιο σε συνδυασμό βέβαια με άλλες αγρονομικές απαιτήσεις (Briassoulis et al., 1997, Dehbi and Mourad, 2016).

Με βάση τα παραπάνω, τα συστατικά τα οποία εμπλέκονται στο σχεδιασμό του θερμοκηπίου είναι: το υλικό κάλυψης, το σχήμα και ο προσανατολισμός, όπως επίσης και ο τεχνικός εξοπλισμός ο οποίος απαιτείται για τον έλεγχο του μικροκλίματος στο εσωτερικό του (Bot, 1991, El Afou et al., 2015, Choab et.al., 2019).

### **1.2. Υλικά κάλυψης**

Αναφορικά με το υλικό κάλυψης, η επιλογή του είναι ζωτικής σημασίας για τις συνολικές επιδόσεις των συστημάτων παραγωγής ενός θερμοκηπίου, διότι οι ακτινοβολίες των υλικών διαδραματίζουν πρωτεύοντα ρόλο, τόσο στη βελτιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας, της απόδοσης και της οικονομίας του θερμοκηπίου, όσο και στη συμπεριφορά των καλλιεργειών (Kittas and Baille, 1998, Ghoulem et. al., 2019). Ωστόσο, ορισμένοι από τους παράγοντες οι οποίοι θεωρούνται κρίσιμοι και που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την επιλογή ενός υλικού κάλυψης είναι: η αρχική επένδυση, το κόστος

συντήρησης, η παραγωγικότητα των καλλιεργειών, το τοπικό κλίμα και οι τεχνολογικές εξελίξεις (Paradopoulos and Hao, 1997, Ghoulam et. al., 2019).

Σε αυτό το σημείο αξίζει να σημειωθεί ότι, δεν υπάρχει ιδανικό υλικό κάλυψης θερμοκηπίου. Το καθένα έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ενώ επηρεάζει και τα μικροκλίματα των φυτών με μοναδικό τρόπο. Εντούτοις, ένα καλό υλικό κάλυψης πρέπει να έχει: υψηλή διαπερατότητα στην παγκόσμια ηλιακή ακτινοβολία (και συγκεκριμένα εντός της περιοχής της Φωτοσυνθετικά Ενεργού Ακτινοβολίας (PAR)), να είναι όσο το δυνατόν μη περατό στην υπέρυθη ακτινοβολία (IR), αλλά και να έχει υψηλή ακτινοβολία διάχυσης, καλή μόνωση και αντι-συμπυκνωτικές ιδιότητες (Castilla, 2013, Ahamed et. al., 2019).

Τα υλικά κάλυψης θερμοκηπίου είναι, κατά κύριο λόγο, δύο τύποι: οι πλαστικές μεμβράνες και τα άκαμπτα πάνελ, με κυριότερο εκπρόσωπο το γυαλί (Ahamed et. al., 2019).

### **1.3. Πλαστικά υλικά κάλυψης θερμοκηπίου**

Τα τελευταία χρόνια η κάλυψη των θερμοκηπίων πραγματοποιείται κυρίως με τη χρήση πλαστικών μεμβρανών.

Η χρήση τους αυξάνονταν σταθερά ήδη από τα μέσα του 20<sup>ου</sup> αι. και συγκεκριμένα από τη δεκαετία του 1950, με την εμφάνισή της 1ης γενιάς πλαστικών θερμοκηπίων η οποία έμελλε να φέρει επανάσταση στη βιομηχανία τροφίμων σε όλο τον κόσμο (Yang et. al., 2017), όχι μόνο λόγω των πολλών ωφελειών που προσέφερε (π.χ. αυξημένη απόδοση των καλλιεργειών, πρωιμότητα συγκομιδής, μείωση της κατανάλωσης ζιζανιοκτόνων και παρασιτοκτόνων) (Cascone et. al., 2020), αλλά και του χαμηλότερου κόστους και βάρους τους και της διαθεσιμότητάς τους στη μαζική παραγωγή, σε σύγκριση με άλλα υλικά (π.χ. γυαλί) (Seven et. al., 2019). Επιπλέον, παρουσίαζαν μοναδικά χαρακτηριστικά όσον αφορά την οπτική διαφάνεια, την αεροστεγανότητα και την υψηλή ανακλαστικότητα (Von Elsner et al., 2000, Yang et. al., 2017).

Σύμφωνα με τα επίσημα στατιστικά στοιχεία της ISTAT το 2018, ένα μεγάλο μέρος της παραγόμενης ποσότητας των πλαστικών μεμβρανών χρησιμοποιείται κυρίως από τις μεσογειακές χώρες (Scarascia-Mugnozza et al., 2011, Cascone et. al., 2020).

Σήμερα, με τη βιομηχανία πλαστικών μεμβρανών να ανθίζει, έχει κατασκευαστεί και δοκιμαστεί ένα ευρύ φάσμα πλαστικών υλικών καλύψεως ως καλύμματα θερμοκηπίου όπως τα: πολυβινιλοχλωρίδιο (PVC), πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας (LDPE), συμπολυμερές αιθυλενικού οξικού βινυλεστέρα (EVA), κ.α. (Papadopoulos and Hao, 1997). Ωστόσο, το πιο ευρέως διαδεδομένο και πολυχρησιμοποιούμενο υλικό κάλυψης θερμοκηπίου αποτελεί το πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας (LDPE) (Babaghayou et al., 2018).

#### **1.4. Πολυαιθυλένιο Χαμηλής Πυκνότητας (LDPE)**

Η μεμβράνη πολυαιθυλενίου χαμηλής πυκνότητας (LDPE), αν και ανακαλύφθηκε το 1933 (Klimesch et. al., 2001) εντούτοις, όπως προαναφέρθηκε, αποτελεί το πλέον διαδεδομένο και πολυχρησιμοποιούμενο υλικό κάλυψης θερμοκηπίου (Yagoubi et al., 2015, Emekli et. al., 2016, Bangarwa and Norsworthy, 2016, Babaghayou et al., 2016, Babaghayou et al., 2018, Seven et al., 2019, Choab et.al., 2019), τόσο λόγω των αξιοθαύματων φυσικοχημικών ιδιοτήτων της (χαμηλή πυκνότητα, ευκαμψία, χημική αντοχή, οπτική διαφάνεια και μη τοξικότητα) (Pandiyaraj et. al., 2016), όσο και λόγω του χαμηλού κόστους της (Yagoubi et al., 2015, Emekli et. al., 2016, Bangarwa and Norsworthy, 2016, Babaghayou et al., 2016, Babaghayou et al., 2018, Seven et al., 2019, Choab et.al., 2019).

Ωστόσο, πολλές φορές η μεμβράνη αυτή περιέχει ειδικά πρόσθετα τα οποία έχουν σχεδιαστεί, είτε για να ενισχύσουν την απόδοσή της στις ειδικές συνθήκες που συναντώνται σε κάθε ένα θερμοκήπιο, είτε για να παρατείνουν τη διάρκεια ζωής της, ελαχιστοποιώντας έτσι τις επιδράσεις του περιβάλλοντος στη δομή της (Dilara and Briassoulis, 1998).

### 1.5. Πρόσθετες ιδιότητες των υλικών κάλυψης

Η παγκόσμια ηλιακή ακτινοβολία, η οποία εισέρχεται στον εσωτερικό χώρο ενός θερμοκηπίου, μπορεί να χωριστεί σε τρεις κατηγορίες:

- ✓ την **υπεριώδη ακτινοβολία (UV)**, η οποία διαιρείται επιπλέον σε τρεις επιμέρους ζώνες, τις: UV-a (320-400 nm), UV-b (280-320 nm) και UV-c (100-280 nm),
- ✓ την **φωτοσυνθετικά ενεργό ακτινοβολία (PAR)**, με μήκη κύματος μεταξύ 400 και 700 nm (Chou and Lee, 1996, Lamnatou and Chemisana, 2013a) και
- ✓ την **υπέρυθρη ακτινοβολία (IR)**, η οποία αποτελείται και αυτή από τις εξής ζώνες, τις: NIR (780-3.000 nm), MIR (3.000-50.000 nm) και FIR (50.000-10<sup>6</sup> nm) (ISO, 2007, Lamnatou and Chemisana, 2013a).

Από τα προαναφερθέντα φάσματα, μόνο αυτό της PAR απορροφάται από τα φυτά του θερμοκηπίου και το οποίο είναι σημαντικό τόσο για την ανάπτυξή τους όσο και για τη φωτοσύνθεση. Αυτό σημαίνει ότι συγκεκριμένοι χειρισμοί της ακτινοβολίας, η οποία εισέρχεται στον εσωτερικό χώρο του θερμοκηπίου, μπορούν να προσφέρουν πλεονεκτήματα (Lamnatou and Chemisana, 2013a).

Με βάση τα παραπάνω, έχουν αναφερθεί βιβλιογραφικά αρκετές επενδύσεις για υλικά κάλυψης θερμοκηπίου οι οποίες προκαλούν φασματικές τροποποιήσεις του ηλιακού φωτός (Lamnatou and Chemisana, 2013a).

Ορισμένες από τις σημαντικότερες κατηγορίες επενδύσεων (ή επικαλύψεων) είναι τα υλικά που αντανακλούν την NIR (Κοντινή Υπέρυθρη Ακτινοβολία) τα οποία αποτρέπουν την είσοδο του NIR στο εσωτερικό του θερμοκηπίου, τροποποιώντας όχι μόνο η ποιότητα αλλά και η ποσότητα της ακτινοβολίας που εισέρχεται σε αυτό (Lamnatou and Chemisana, 2013a), τα φωτοεκλεκτικά υλικά κάλυψης τα οποία μπορούν να επηρεάσουν τόσο τη φωτοσύνθεση όσο και τη φωτομορφογένεση και συνεπώς την ανάπτυξη των φυτών και τα φωτοεκλεκτικά δίχτυα τα οποία στοχεύουν, μέσω της διασποράς και ανακλάσεως του φωτός, στις φυσιολογικές αποκρίσεις οι οποίες είναι επιθυμητές και μπορούν να επιτευχθούν μέσω των διαφόρων φασματικών χειρισμών αλλά και η φωτοεκλεκτική επίδραση στις ασθένειες των φυτών στα παράσιτα και στα ωφέλιμα έντομα (Shahak *et al.*, 2008, Lamnatou and Chemisana, 2013b).

Ακολούθως, μία άλλη κατηγορία αποτελούν οι αντι-σταγονικές (anti-drip) επενδύσεις οι οποίες αποτρέπουν τη δημιουργία συμπυκνώματος στην εσωτερική επιφάνεια του καλύμματος του θερμοκηπίου, το οποίο μπορεί να έχει αρνητικές επιπτώσεις τόσο στην ανάπτυξη όσο και στην ποιότητα των φυτών ενώ προσδίδουν περισσότερο φωτισμό στον εσωτερικό χώρο του θερμοκηπίου, υψηλότερη απόδοση της εκάστοτε καλλιέργειας, καλύτερη ποιότητα αυτής (και κατά συνέπεια υψηλότερη εμπορική αξία), αλλά και μείωση των ασθενειών (οδηγώντας σε μειωμένες ανάγκες για φυτοφάρμακα) (Lamnatou and Chemisana, 2013b), τα πρόσθετα που προσδίδουν στο κάλυμμα αντιομιχλώδεις (anti-fog) ιδιότητες επιτυγχάνοντας καλύτερη μετάδοση φωτός η οποία ενισχύει τη φωτοσύνθεση, βελτιώνοντας έτσι την απόδοση της καλλιέργειας (Duran and Laroche, 2019) και τα πρόσθετα που εμποδίζουν την έκθεση σε UV ακτινοβολία (Lamnatou and Chemisana, 2013a).

#### **1.5.1. Πρόσθετα που προσδίδουν στο κάλυμμα UV-blocking ιδιότητες (UV-blocking claddings-Αντανακλούν την Υπεριώδη Ακτινοβολία)**

Τέλος, μία άλλη κατηγορία, ίσως η πιο σημαντική, είναι οι επενδύσεις υλικών κάλυψης που εμποδίζουν την έκθεση σε UV ακτινοβολία. Η UV ακτινοβολία (και συγκεκριμένα τα μικρότερα μήκη κύματος) μπορεί να προκαλέσει βλάβες στην επένδυση του θερμοκηπίου επηρεάζοντας αρνητικά την ανάπτυξη των φυτών. Για την αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων, αν και έχουν κατασκευαστεί διάφορα πρόσθετα σταθεροποίησης με UV ακτινοβολία, το πιο σύνηθες ωστόσο, τόσο σε πλαστικά όσο και σε γυάλινα υλικά κάλυψης, είναι οι επικαλύψεις οι οποίες είναι αδιαφανείς στη UV-b (Mavrogianopoulos, 2001, Lamnatou and Chemisana, 2013a). Τα καλύμματα αυτά λοιπόν, επηρεάζουν όχι μόνο την ανάπτυξη των φυτών αλλά και τα επιζήμια ή μη έντομα, τους μύκητες και τη μέλισσα (Ravin and Antignus, 2004, Lamnatou and Chemisana, 2013a). Σε γενικές γραμμές όμως, οι επενδύσεις που εμποδίζουν την UV ακτινοβολία φαίνεται να είναι πολλά υποσχόμενες και θα μπορούσαν να υιοθετηθούν στο πλαίσιο της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Επιβλαβών Οργανισμών (IPM) παρέχοντας έτσι μια φιλική, προς το περιβάλλον, λύση για τον έλεγχο παρασίτων και ασθενειών (Lamnatou and Chemisana, 2013a).



## **1.6. Φυτικά είδη**

### **1.6.1. Εισαγωγή**

Τα φρούτα και τα λαχανικά έχουν θεωρηθεί από πολλούς ως λειτουργικά τρόφιμα λόγω του διατροφικού τους περιεχομένου αλλά και των ωφελειών που προσφέρουν στην ανθρώπινη υγεία (Asghar et al., 2016, Yunusa et al., 2018). Αντιπροσωπευτικά παραδείγματα αυτών των κατηγοριών, τα οποία και μελετήθηκαν στην παρούσα πτυχιακή, αποτελούν η φράουλα και το αγγούρι τα οποία αναλύονται εκτενώς σε επόμενες ενότητες.

### **1.6.2. Φράουλα**

#### **1.6.2.1. Φυσιολογία φράουλας**

Η φράουλα (*Fragaria x ananassa* Duch.) ανήκει στα είδη του γένους *Fragaria*, της οικογένειας Rosaceae. Οι καλλιεργούμενες ποικιλίες της, ως υβρίδια, προέρχονται από τη διασταύρωση των οκταπλοειδών ειδών *Fragaria Virginiana* και *Fragaria Chiloensis* (Darrow, 1966, Παρασκευοπούλου-Παρούση, 1996).

Όσον αφορά τα μορφολογικά χαρακτηριστικά της: είναι φυτό ερμαφρόδιτο (κατά κύριο λόγο) (Hancock, 1999, Darnell et al., 2003), πλώδες και πολυετές (Παρασκευοπούλου-Παρούση, 1996). Ειδικότερα, παρουσιάζει μορφή ροζέτας (Guttridge, 1969, Παρασκευοπούλου-Παρούση, 1996) με βραχύ βλαστικό άξονα, σύνθετα φύλλα αποτελούμενα από τρία φυλλάρια τα οποία φύονται στα γόνατά του, με μασχαλιαίους βλαστοφόρους οφθαλμούς, καθώς επίσης και ανθοφόρο οφθαλμό στην κορυφή του ο οποίος εμπεριέχει μία διαφοροποιημένη ταξιανθία (Παρασκευοπούλου-Παρούση, 1996). Η ρίζα από την άλλη, αποτελείται συνήθως από 20-35 κύριες ρίζες και χιλιάδες μικρές δευτερεύουσες οι οποίες ζουν για μια περίοδο μερικών ημερών ή εβδομάδων και αντικαθίστανται συνεχώς (Poling, 2012). Ακολούθως, τα άνθη είναι λευκά, σπανίως κόκκινα (Kuchi and Sharavani, 2019), φερόμενα σε ταξιανθίες που είναι διακλαδισμένα διχάσια (Seelig, 1975, Παρασκευοπούλου-Παρούση, 1996). Τέλος, ο καρπός αποτελεί τη διογκωμένη σαρκώδη ανθοδόχη με πολλά αχαίνια, βυθισμένα στην εξωτερική της επιφάνεια και τα

οποία είναι αυτά που αποτελούν και τους πραγματικούς καρπούς (Παρασκευοπούλου-Παρούση, 1996).

### 1.6.2.2. Εξάπλωση της καλλιέργειας φράουλας

Οι φράουλες είναι από τις σημαντικότερες καλλιέργειες κηπευτικών παγκοσμίως (Xu et al., 2019, Zahedipour-Sheshglani and Asghari, 2020) ενώ η παγκόσμια παραγωγή της βρίσκεται στη δεύτερη θέση μετά το σταφύλι (Malone, 2014).

Με βάση τα στατιστικά στοιχεία του FAO (FAOSTAT, 2018), η παγκόσμια παραγωγή της ανέρχεται σε 8.337.099 tn (σε μία έκταση 372.361 ha), με την Ασία να αποτελεί τον μεγαλύτερο παραγωγό φράουλας στον κόσμο με 3.889.105 tn ετησίως (Πιν. 1).

**Πίνακας 1.** Παγκόσμια παραγωγή φράουλας (σε tn), ανά ήπειρο (FAOSTAT, 2018).

Ήπειρος	Παραγωγή (σε tn)
Ασία	3.889.105
Αμερική	2.179.990
Ευρώπη	1.680.164
Αφρική	525.707
Ωκεανία	62.133

Στην Ελλάδα, με βάση στοιχεία της ΕΛ.ΣΤΑΤ. (ΕΛ.ΣΤΑΤ., 2019), η παραγωγή φράουλας σε θερμοκήπιο υπό κάλυψη είναι 56.286 tn (Πιν. 2). Ωστόσο, δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία όσον αφορά την παραγωγή σε υδροπονικό σύστημα συγκεκριμένα.

**Πίνακας 2.** Παραγωγή φράουλας (σε tn), στην Ελλάδα (επίσημα στοιχεία) (ΕΛ.ΣΤΑΤ., 2019).

Φράουλα	Έκταση (στρ.)	Παραγωγή (tn)
Υπαίθρου	1.189	2.906
Υπό κάλυψη	13.488	56.286

### 1.6.2.3. Διατροφικά χαρακτηριστικά φράουλας

Η φράουλα αποτελεί το πιο διαδεδομένο και συχνά καταναλώσιμο μούρο παγκοσμίως (Rahman et al., 2019), λόγω κυρίως του μοναδικού της αρώματος αλλά και της υψηλά θρεπτικής της αξίας (Hong et al., 2018).

Είναι μία εξαιρετική πηγή φυσικών αντιοξειδωτικών, όπως Βιταμίνη C και πολυφαινόλες (π.χ. φλαβονοειδή, ανθοκυανίνες), αντιοξειδωτικών ενζύμων (Wang, 2012), με εξαιρετικά υψηλή ικανότητα απομάκρυνσης των

ελεύθερων ριζών (Huang et al., 2012, Rahman et al., 2019) καθώς και άλλων απαραίτητων φαινολικών οξέων, όπως το ελλαγικό οξύ (Cerdá et al., 2005, Shanmugam et al., 2017, Akimov, 2019), ενώ συγκαταλέγεται μεταξύ των πλουσιότερων φυσικών πηγών φυλλικού οξέος (Tulipani et al., 2008b, Akimov, 2019, Rahman et al., 2019). Επίσης, εκτός από την υψηλή περιεκτικότητάς της σε μικροθρεπτικά συστατικά (π.χ. φολικά άλατα, μέταλλα και βιταμίνες) (Giampieri et al., 2014), περιέχει και φυτικές ίνες (Rahman et al., 2019).

Ωστόσο, οι καρποί των φραουλών περιέχουν, εκτός από μια πληθώρα βιταμινών και καροτενοειδή (Giampieri et al., 2012b, Lukyanchuk & Zhbanova, 2017, Akimov, 2019). Παρακάτω παρατείνεται αναλυτικά η θρεπτική σύσταση του καρπού της φράουλας (Πίν. 3).

**Πίνακας 3.** Θρεπτική σύσταση καρπού φράουλας (ανά 100 g νωπού βάρους) (Giampieri et al., 2014, USDA, 2019).

Διατροφικά στοιχεία	Συγκέντρωση	Διατροφικά στοιχεία	Συγκέντρωση
<b>Διατητικά στοιχεία</b>		<b>Βιταμίνες</b>	
Νερό (g)	90,95	Βιταμίνη Β1 (Θειαμίνη) (mg)	0,024
Θερμίδες (Ενέργεια) (Kcal)	32	Βιταμίνη Β2 (Ριβοφλαβίνη) (mg)	0,022
Υδατάνθρακες (g)	7,68	Βιταμίνη Β3 (Νιασίνη) (mg)	0,386
Σάκχαρο (g)	4,89	Βιταμίνη Β5 (Παντοθενικό οξύ) (mg)	0,125
Σακχαρόζη (g)	0,47	Βιταμίνη Β6 (mg)	0,047
Γλυκόζη (g)	1,99	Βιταμίνη Β9 (Φυλλικό οξύ) (μg)	24
Φρουκτόζη (g)	2,44	Βιταμίνη C (Ασκορβικό οξύ) (mg)	58,8
Άμυλο (g)	0,04	Βιταμίνη Α (Ρετινόλη) (μg)	1
Φυτικές ίνες (g)	2	β καροτένιο (μg)	7
Λίπη (g)	0,3	Λουτεΐνη + Ξεαξανθίνη (μg)	26
Κορεσμένα λιπαρά οξέα (g), ολικό	0,015	Βιταμίνη Ε (Α-Τοκοφερόλη) (mg)	0,29
16:0 (g)	0,012	Β-Τοκοφερόλη (mg)	0,01
18:0 (g)	0,003	Γ-Τοκοφερόλη (mg)	0,08
Μονοακόρεστα λιπαρά οξέα (g), ολικό	0,043	Δ-Τοκοφερόλη (mg)	0,01
16:1 (g)	0,001	Α-Τοκοτριενόλη (mg)	0,01
18:1 (g)	0,042	Βιταμίνη Κ (Φυλλοκινόνη) (μg)	2,2
Πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (g), ολικό	0,155	<b>Αμινοξέα</b>	
18:2 (g)	0,09	Λευκίνη (g)	0,034
18:3 (g)	0,065	Λυσίνη (g)	0,026
Πρωτεΐνες (g)	0,67	Φαινυλαλανίνη (g)	0,019
Ξηρή ουσία (τέφρα) (g)	0,4	Βαλίνη (g)	0,019
<b>Ανόργανα στοιχεία</b>		Αργινίνη (g)	0,028
Ασβέστιο (Ca) (mg)	16	Αλανίνη (g)	0,033
Σίδηρος (Fe) (mg)	0,41	Τρυπτοφάνη (g)	0,008
Μαγνήσιο (Mg) (mg)	13	Θρεονίνη (g)	0,02
Φωσφόρος (P) (mg)	24	Ισολευκίνη (g)	0,016
Κάλιο (K) (mg)	153	Μεθειονίνη (g)	0,002
Νάτριο (Na) (mg)	1	Κυστίνη (g)	0,006
Ψευδάργυρος (Zn) (mg)	0,14	Τυροσίνη (g)	0,022
Μαγγάνιο (Mn) (mg)	0,386	Ιστιδίνη (g)	0,012
Χαλκός (Cu) (mg)	0,048	Ασπαρτικό οξύ (g)	0,149
Σελήνιο (Se) (μg)	0,4	Γλουταμινικό οξύ (g)	0,098
Φθόριο (F) (μg)	4,4	Γλυκίνη (Gly) (g)	0,026
Χλώριο (Cl) (mg)	5,7	Προλίνη (g)	0,02
		Σερίνη (g)	0,025
		Βεταΐνη (TMG) (mg)	0,2

Εκτός από τα παραπάνω, η φράουλα αποτελείται από μία μεγάλη ποικιλία φαινολικών συστατικών (Πίν. 4) (Battino et al., 2009, Buendia et al., 2010, Giampieri et al., 2012b, Aaby et al., 2012, Giampieri et al., 2013, Giampieri et al., 2014) με κύριο εκπρόσωπο τα φλαβονοειδή και συγκεκριμένα τις ανθοκυανίνες, τις πιο γνωστές και ποσοτικά σημαντικές πολυφαινολικές ενώσεις της, με πιο αντιπροσωπευτικά παράγωγα αυτά της πελαργονιδίνης

και της κυανιδίνης (Alvarez-Suarez et al., 2011, Giampieri et al., 2012a, Giampieri et al., 2012b, Giampieri et al., 2013, Giampieri et al., 2014). Επιπλέον είναι πλούσια και σε φλαβον-3-όλη (Olas, 2018).

**Πίνακας 4.** Συγκεντρώσεις των κύριων φαινολικών ενώσεων στις φράουλες (Aaby et al., 2012, Giampieri et al., 2012b, Giampieri et al., 2014, Rahman et al., 2019).

Ομάδα	Χημική ένωση	Συγκέντρωση (mg / 100 g FW)
Ανθοκυανίνες	κυανιδίνη-3-γλυκοζίτη	1.10
	πελαργονιδίνη-3-γλυκοζίτη	25.30
	πελαργονιδίνη-3-ρουτινοσίδη	1.10
	κυανιδίνη-3-μηλονυλογλυκοσίδη	0.40
	πελαργονιδίνη-3-μηλυλογλυκοσίδη	6.00
Φλαβονόλες	γλυκοσίδες κουερσετίνης	1.81
	γλυκοζίτες καμπφερόλης	0.84
φλαβανο-3-όλες	(+) - κατεχίνη	4.50
	προανθοκυανιδίνες	
	διμερή της προκυανιδίνης	9.10
	πρωμειανιδίνη	7.90
Ελαγκαντανίνες	αγριμωνίνη	8.80
	ελαγικό οξύ	0.52
Γλυκοζίτες ελαγικού οξέος	πελαζοσίδη ελαγικού οξέος, δεοξυεξοσίδη ελαγικού οξέος, δεοξυεξοσίδη μεθυλαγικού οξέος	0.58
Συζυγή κινναμικού οξέος	κουμαροΐλ εξόζες	5.40
	γλυκόζη κινναμούλιου	5.00

#### 1.6.2.4. Οφέλη φράουλας στην ανθρώπινη υγεία

Τα οφέλη για την ανθρώπινη υγεία, μιας διατροφής πλούσιας σε φρούτα και λαχανικά, έχουν αναγνωριστεί ευρέως καθώς μπορεί να διαδραματίσει καθοριστικό ρόλο στην πρόληψη πολλών ασθενειών, όπως ο καρκίνος, τα καρδιαγγειακά, τα νευροεκφυλιστικά και άλλες χρόνιες παθολογίες (Giampieri et al., 2014).

Ο σημαντικός ρόλος της φράουλας στη διατροφή του ανθρώπου έχει αναγνωριστεί εδώ και πολύ καιρό (Tulipani et al., 2008a) παρουσιάζοντας μία θετική επίδραση στην ανθρώπινη υγεία (Akimov, 2019). Ορισμένα από τα οφέλη της στον άνθρωπο είναι τα εξής: αντιοξειδωτική δράση (Giampieri et al., 2012b, Kosińska-Cagnazzo et al., 2015), αναστολή της γήρανσης των ανθρώπων και μείωση της συχνότητας εμφάνισης ασθενειών όπως λοιμώξεις, διαταραχές του ανοσοποιητικού συστήματος και καρκίνος (Cai et al., 2004; Eum et al., 2009; Roleira et al., 2015, Hong et al., 2018). Ωστόσο, οι μηχανισμοί με τους οποίους οι φράουλες ασκούν αυτά τα θετικά αποτελέσματα δεν είναι πλήρως κατανοητοί (Rahman et al., 2019).

#### 1.6.3. Αγγούρι

### 1.6.3.1. Φυσιολογία αγγουριού

Η αγγουριά (*Cucumis sativus* L.) ανήκει στην οικογένεια Cucurbitaceae (Jeffrey, 2005, Schaefer et al., 2009, Liu et al., 2016, Ahmad et al., 2017, Valcárcel et al., 2018), με τις περισσότερες καλλιεργούμενες ποικιλίες της να είναι παρθενοκαρπικά υβρίδια ( $2n = 2x = 14$ ) (Valcárcel et al., 2018). Ωστόσο, οι ποικιλίες και τα υβρίδια αυτά μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε: α) μικρόκαρπες («Ισπανικός» τύπος), β) μεσόκαρπες («Slicer» ή «Γαλλικός» τύπος) και γ) μακρόκαρπες («Αλμερία» ή «Ολλανδικός» ή «Ευρωπαϊκός» τύπος) ποικιλίες (Μπλέτσιος, 2012, Valcárcel et al., 2018).

Όσον αφορά τα μορφολογικά χαρακτηριστικά της: είναι φυτό ετήσιο, μόνοικο και δικλινές (παραδοσιακές ποικιλίες) (Μπλέτσιος, 2012), θερμόφιλο (Tatlioglu, 1993), με μία έρπουσα ή αναρριχόμενη ανάπτυξη, σπανίως θαμνώδη (Chrtková, 1990, Kirkbride, 1993, Rubatzky & Yamaguchi, 1997, Křístková et al., 2003). Οι βλαστοί του φυτού είναι τριγωνικοί με συνεχή ανάπτυξη ενώ τα φύλλα είναι απλά (Křístková et al., 2003), με μεγάλο μίσχο και έλασμα (Μπλέτσιος, 2012). Το ριζικό σύστημα είναι συνήθως αβαθές, σπανίως ξυλώδες και κονδυλώδες (Chrtková, 1990, Kirkbride, 1993, Rubatzky & Yamaguchi, 1997, Křístková et al., 2003). Επιπλέον, τα αρσενικά άνθη σχηματίζονται σε ομάδες των τριών με πέντε, στα γόνατα του κεντρικού βλαστού είναι κίτρινα με λεπτό ποδίσκο, 5 σέπαλα, 5 πέταλα και 3 στήμονες, ενώ από την άλλη τα θηλυκά παρουσιάζουν ωοθήκη τρίχωρη, διογκωμένη, με λευκές ή μαύρες τρίχες καθώς και με αρκετές γραμμές σπερμοβλαστών και στύλο με τρία δίλοβα στίγματα (Μπλέτσιος, 2012). Επιπρόσθετα, οι καρποί είναι κυλινδρικοί και λεπτότεροι στην άκρη (ροπαλοειδούς σχήματος στις παραδοσιακές ποικιλίες) (Μπλέτσιος, 2012), πράσινοι ή πρασινοκίτρινοι, με ή χωρίς λαιμό, λείοι ή με σαρκώδη εξογκώματα, με λευκές ραβδώσεις, αυλακώσεις ή ρυτιδώσεις, με τρίχες, αγκάθια ή συνδυασμό αυτών ενώ το χρώμα της σάρκας του διαφοροποιείται ανάλογα σε λευκό, πράσινο, ροζ ή πορτοκαλί (Chrtková, 1990, Kirkbride, 1993, Rubatzky & Yamaguchi, 1997, Křístková et al., 2003), το οποίο με τη σειρά του περικλείει 200-400 σπόρους (Μπλέτσιος, 2012) οι οποίοι όταν ωριμάζουν έχουν λευκό ή κρεμ έως κίτρινο χρώμα, είναι λείοι, συμπιεσμένοι, ωοειδείς προς ελλειπτικοί, χωρίς περιθώριο και με οξεικατάληκτη άκρη (Chrtková, 1990, Kirkbride, 1993, Rubatzky & Yamaguchi, 1997, Křístková et al., 2003).

### 1.6.3.2. Εξάπλωση της καλλιέργειας αγγουριού

Το αγγούρι αποτελεί ένα από τα 20 πιο ευρέως διαδεδομένα καλλιεργούμενα λαχανικά (FAOSTAT, 2008, Zhang et al., 2012, Liu et al., 2016, Ahmad et al., 2017), καταλαμβάνοντας την τέταρτη θέση παγκοσμίως (Alsadon et al., 2016a).

Με βάση τα στατιστικά στοιχεία του FAO (FAOSTAT, 2018), η παγκόσμια παραγωγή της ανέρχεται σε 75.219.440 tn (σε μία έκταση 1.984.518 ha), με την Ασία να αποτελεί τον μεγαλύτερο παραγωγό αγγουριού στον κόσμο με 65.619.556 tn ετησίως (Πιν. 5).

Πίνακας 5. Παγκόσμια παραγωγή αγγουριού (σε tn), ανά ήπειρο (FAOSTAT, 2018).

Ήπειρος	Παραγωγή (σε tn)
Ασία	65.619.556
Ευρώπη	5.946.785
Αμερική	2.179.129
Αφρική	1.453.194
Ωκεανία	20.776

Στην Ελλάδα, με βάση στοιχεία της ΕΛ.ΣΤΑΤ. (ΕΛ.ΣΤΑΤ., 2019), η παραγωγή αγγουριού σε θερμοκήπιο υπό κάλυψη είναι 120.285 tn (Πιν. 6). Εντούτοις, δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία όσον αφορά την παραγωγή σε υδροπονικό σύστημα συγκεκριμένα.

Πίνακας 6. Παραγωγή αγγουριού (σε tn), στην Ελλάδα (επίσημα στοιχεία) (ΕΛ.ΣΤΑΤ., 2019).

Αγγούρι	Έκταση (στρ.)	Παραγωγή (tn)
Υπαίθρου	5.429	11.196
Υπό κάλυψη	12.026	120.285
Αγγουράκια υπό κάλυψη	1.703	22.061

### 1.6.3.3. Διατροφικά χαρακτηριστικά αγγουριού

Το αγγούρι συνιστά ένα από τα καλύτερα τρόφιμα για τον άνθρωπο λόγω της υψηλής διατροφικής του αξίας (Alsadon et al., 2016a). Αποτελείται κυρίως από νερό, αλλά και από πρωτογενείς (πρωτεΐνες, λίπη, υδατάνθρακες, φυτικές ίνες) και δευτερογενείς (αλκαλοειδή, φλαβονοειδή, τερπενοειδή, τανίνες, σαπωνίνες, στεροειδή, φαινόλες, γλυκοσίδες, αναγωγικά σάκχαρα κ.λπ.) μεταβολίτες (Agatemor et al., 2018). Επίσης αποτελεί καλή πηγή ορισμένων βασικών βιταμινών και αντιοξειδωτικών (π.χ. Βιταμίνη Β5, Βιταμίνη

C) (Alsadon et al., 2016b), οφέλιμων για την ανθρώπινη υγεία (Grubben and Denton, 2004; Wang et al., 2007, Agatemor et al., 2018).

Επιπλέον, εκτός από τα φαινολικά αντιοξειδωτικά (π.χ. γαλακτικό οξύ), μεταξύ των μη φαινολικών αντιοξειδωτικών, που μπορούν επίσης να συμβάλουν στο συνολικό αντιοξειδωτικό δυναμικό του καρπού του αγγουριού, μπορούν να συμπεριληφθούν δύο κύρια βιοδραστικά συστατικά: η ουρακίλη και η 24-μεθυλενοκυκλοαρτανόλη (Sotiroudis et al., 2010, Yunusa et al., 2018) καθώς και άλλοι δευτερογενείς μεταβολίτες, σε μικρές ωστόσο ποσότητες (Sotiroudis et al., 2010).

Παρακάτω παρατείθεται αναλυτικά η θρεπτική σύσταση του καρπού της αγγουριάς (Πίν. 7).

**Πίνακας 7.** Θρεπτική αξία καρπού αγγουριάς (ανά 100 g νωπού βάρους) (USDA, 2019).

Διατροφικά στοιχεία	Συγκέντρωση	Διατροφικά στοιχεία	Συγκέντρωση
<b>Διαιτητικά στοιχεία</b>		<b>Βιταμίνες</b>	
Νερό (g)	95,23	Βιταμίνη Β1 (Θειαμίνη) (mg)	0,027
Θερμίδες (Ενέργεια) (Kcal)	15	Βιταμίνη Β2 (Ριβοφλαβίνη) (mg)	0,033
Υδατάνθρακες (g)	3,63	Βιταμίνη Β3 (Νιασίνη) (mg)	0,098
Σάκχαρα (g)	1,67	Βιταμίνη Β5 (Παντοθενικό οξύ) (mg)	0,259
Σακχαρόζη (g)	0,03	Βιταμίνη Β6 (mg)	0,040
Γλυκόζη (g)	0,76	Βιταμίνη Β9 (Φυλλικό οξύ) (μg)	7
Φρουκτόζη (g)	0,87	Βιταμίνη C (Ασκορβικό οξύ) (mg)	2,8
Μαλτόζη (g)	0,01	Βιταμίνη Α (Ρετινόλη) (μg)	5
Άμυλο (g)	0,83	β καροτένιο (μg)	45
Φυτικές ίνες (g)	0,5	α καροτένιο (μg)	11
Λίπη (g)	0,11	Κρυπτοξανθίνη β (μg)	26
Κορεσμένα λιπαρά οξέα (g), ολικά	0,037	Λουτένη + Ζεαξανθίνη (μg)	23
14:0 (g)	0,005	Βιταμίνη Ε (Α-Τοκοφερόλη) (mg)	0,03
16:0 (g)	0,028	Β-Τοκοφερόλη (mg)	0,01
18:0 (g)	0,005	Γ-Τοκοφερόλη (mg)	0,03
Μονοκόρεστα λιπαρά οξέα (g), ολικά	0,005	Α-Τοκοτριενόλη (mg)	0,04
18:1 (g)	0,005	Βιταμίνη Κ (Φυλλοκινόνη) (μg)	16,4
Πολυκόρεστα λιπαρά οξέα (g), ολικά	0,032	<b>Αμινοξέα</b>	
18:2 (g)	0,028	Λευκίνη (g)	0,029
18:3 (g)	0,005	Λυσίνη (g)	0,029
Πρωτεΐνες (g)	0,65	Φαινυλαλανίνη (g)	0,019
Ξηρή ουσία (τέφρα) (g)	0,38	Βαλίνη (g)	0,022
<b>Ανόργανα στοιχεία</b>		Αργινίνη (g)	0,044
Ασβέστιο (Ca) (mg)	16	Αλανίνη (g)	0,024
Σίδηρος (Fe) (mg)	0,28	Τρυπτοφάνη (g)	0,005
Μαγνήσιο (Mg) (mg)	13	Θρεονίνη (g)	0,019
Φωσφόρος (P) (mg)	24	Ισολευκίνη (g)	0,021
Κάλιο (K) (mg)	147	Μεθειονίνη (g)	0,006
Νάτριο (Na) (mg)	2	Κυστίνη (g)	0,004
Ψευδάργυρος (Zn) (mg)	0,20	Τυροσίνη (g)	0,011
Μαγγάνιο (Mn) (mg)	0,079	Ιστιδίνη (g)	0,01
Χαλκός (Cu) (mg)	0,041	Ασπαρτικό οξύ (g)	0,041
Σελήνιο (Se) (μg)	0,3	Γλουταμινικό οξύ (g)	0,196
Φθόριο (F) (μg)	1,3	Γλυκίνη (Gly) (g)	0,024
Χλώριο (Cl) (mg)	6	Προλίνη (g)	0,015
		Σερίνη (g)	0,02
		Βεταΐνη (TMG) (mg)	0,1

#### 1.6.3.4. Οφέλη του αγγουριού στην ανθρώπινη υγεία

Πιθανά οφέλη του αγγουριού για τον άνθρωπο, εκτός από την σωματική ανάπτυξη, είναι: η ενυδάτωση του σώματος, η ρύθμιση της αρτηριακής πίεσης, ο έλεγχος του σωματικού βάρους, η μείωση της χοληστερόλης, η πρόληψη του καρκίνου, η υγεία των οστών, η θεραπεία του διαβήτη, η αντιοξειδωτική δράση, κ.α. (Abbey et al, 2017). Επιπρόσθετα,

σύμφωνα με έρευνα των Yunusa et al. (2018), η κατανάλωση αγγουριού με φλούδα μπορεί να συμβάλει στην πρόληψη πολλών παθήσεων οι οποίες προκαλούνται από το οξειδωτικό στρες.

### **1.7. Σκοπός**

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η μελέτη της επίδρασης 3 υλικών κάλυψης με τροποποιημένη διαπερατότητα στην υπεριώδη ακτινοβολία, σε φυτά φράουλας και αγγουριού.



## 2. Υλικά και μέθοδοι

### 2.1. Υλικά κάλυψης θερμοκηπίων

Επιλέχθηκαν 3 εύκαμπτα, πλαστικά, επταστρωματικά (7-layer) υλικά κάλυψης (Εικ. 1), με διαφορετικά πρόσθετα. Συγκεκριμένα, τα υλικά αυτά ήταν τα εξής: (i) ένα απλό φιλμ πολυαιθυλενίου με περατότητα στη UV ακτινοβολία 87,42% (UV-Open) (που ορίστηκε ως Θ2) και (ii) δύο φιλμ που μπλοκάρουν μέρος της UV ακτινοβολίας (το UV-blocking με περατότητα στη UV ακτινοβολία 18,41%, που ορίστηκε ως Θ1 και το UV-blocking με περατότητα στη UV ακτινοβολία 24,06%, ως Θ3), τα οποία προμηθεύτηκαν από τα ΠΛΑΣΤΙΚΑ ΚΡΗΤΗΣ Α.Β.Ε.Ε..

Τα παραπάνω υλικά κάλυψης χαρακτηρίζονται, τόσο ως προς την υδροφιλικότητα της επιφάνειάς τους, όσο και ως προς τις οπτικές, θερμικές, αλλά και μηχανικές τους ιδιότητες. Ειδικότερα, τα φύλλα αυτά παρήχθησαν εργοστασιακά, σε γραμμή παραγωγής φύλλων, με επίστρωση (στην εξωτερική επιφάνεια) από πολυμερικό νανοσύνθετο υλικό (περιβαλλοντικά αποδεκτό φθοροπολυμερές και νανοσωματίδια διοξειδίου του πυριτίου). Η επίστρωση αυτή πραγματοποιήθηκε με την τεχνική της εναπόθεσης από διάλυμα (π.χ. με Mayer Rod, ψεκασμό ή εμβάπτιση).

Με την ανάπτυξη λοιπόν αυτών των υπερευδρόφοβων επιστρωμάτων με ικανότητα αυτοκαθαρισμού, δημιουργήθηκε στην εξωτερική επιφάνειά τους μία υπερευδρόφοβη και υδατοαπωθητική συμπεριφορά η οποία οδήγησε στην δημιουργία της αντισκονικής και anti-algae ιδιότητάς τους. Επιπλέον, με την χρήση του φθοροπολυμερούς επιτεύχθη η απαιτούμενη χαμηλή επιφανειακή ενέργεια ενώ με τα νανοσωματίδια του διοξειδίου του πυριτίου προέκυψε ένα επιπλέον επίπεδο επιφανειακής τραχύτητας.



**Εικόνα 1.** Ένα από τα 3 υλικά κάλυψης που χρησιμοποιήθηκαν, για την πραγματοποίηση του πειράματος (προσωπικό αρχείο, 2020).

## **2.2. Θερμοκήπια**

Χρησιμοποιήθηκαν 3 πανομοιότυπα τοξωτά θερμοκήπια (Εικ. 2 και 3), τα οποία βρίσκονταν στο Αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο ( $39^{\circ} 2'$  Βόρειο Γεωγραφικό Πλάτος,  $22^{\circ} 45'$  Ανατολικό Γεωγραφικό Μήκος), κατά την διάρκεια της περιόδου από τις 21/2/20 έως τις 16/7/2020.

Όσον αφορά τα χαρακτηριστικά τους, το καθένα από αυτά είχε εμβαδόν  $160 \text{ m}^2$  (μήκος 20 m και πλάτος 80 m), ύψος κορυφιά 4,1 m και ύψος ορθοστάτη 2,4 m. Επιπρόσθετα, στα πλευρικά τοιχώματα αυτών τοποθετήθηκε ένα ειδικό θερμικό φύλλο 3 στρώσεων μακράς διάρκειας (KRITIFIL TUV 3492).



**Εικόνα 2.** Κάτοψη των τριών θερμοκηπίων από δορυφόρο (Google Earth, 2020).



Εικόνα 3. Άλλη όψη των τριών θερμοκηπίων (προσωπικό αρχείο, 2020).

### 2.3. Καλλιέργεια

Φυτά φράουλας (*Fragaria x ananassa*, cv. Victory) και αγγουριού (*Cucumis sativus*, cv. Aegeas) (Εικ. 4 και 5) μεταφυτεύθηκαν στις 21 Φεβρουαρίου και στις 8 Απριλίου 2020 αντίστοιχα, στα 3 θερμοκήπια σε σάκους περλίτη.



Εικόνες 4 και 5. Μεταφύτευση φυτών φράουλας (αριστερά) και αγγουριού (δεξιά) (προσωπικό αρχείο, 2020).

### 2.4. Πειραματικός σχεδιασμός και ανάλυση

Το κάθε θερμοκήπιο χωρίστηκε σε 2 μέρη. Στη μία πλευρά μεταφυτεύθηκαν τα φυτά φράουλας με πυκνότητα φύτευσης 8 φυτά/m<sup>2</sup> και στην άλλη τα φυτά αγγουριού με πυκνότητα φύτευσης 3 φυτά/m<sup>2</sup> (Εικ. 6-8).



**Εικόνες 6,7,8.** Χωροθέτηση φυτών φράουλας και αγγουριού στα 3 θερμοκήπια (από αριστερά προς τα δεξιά) (προσωπικό αρχείο, 2020).

## **2.5. Μετρήσεις**

### **2.5.1. Αγρονομικές μετρήσεις**

#### **2.5.1.1. Περιεχόμενη Χλωροφύλλη Φύλλων**

Η μέτρηση της χλωροφύλλης πραγματοποιούνταν αρχικά 1 φορά την εβδομάδα και αργότερα 1 φορά κάθε 2η εβδομάδα περίπου, στις θερμοκηπιακές εγκαταστάσεις του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο κατά τις πρωινές κυρίως ώρες (9-11 π.μ.). Η διαδικασία της μέτρησης της χλωροφύλλης διέφερε σε κάποια σημεία και για τις 2 καλλιέργειες. Ειδικότερα, όσον αφορά τη φράουλα επιλέγονταν τυχαία 20 φυτά από κάθε θερμοκήπιο και συγκεκριμένα 3 υγιή φύλλα από το κάθε φυτό ενώ στο αγγούρι 1 υγιές φύλλο από κάθε φυτό. Εν συνεχεία στη φράουλα, σε καθένα από αυτά τα 3 φύλλα λαμβάνονταν μία τιμή και ακολούθως υπολογίζονταν 1 μέσος όρος αυτών ενώ στο αγγούρι λαμβάνονταν 3 τιμές περιμετρικά του φύλλου και ακολούθως υπολογίζονταν 1 μέσος όρος αυτών. Οι μετρήσεις καταγράφονταν από τον χρήστη σε τετράδιο και στη συνέχεια μεταφέρονταν σε ένα αρχείο excel για περαιτέρω ανάλυσή τους, με το στατιστικό πακέτο SPSS.

Ένα όργανο μέτρησης της σχετικής συγκέντρωσης χλωροφύλλης (SPAD) χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση της χλωροφύλλης στις 2 καλλιέργειες και συγκεκριμένα το φορητό όργανο Chlorophyll Meter SPAD-502Plus (Konica Minolta Europe) (Εικ. 9).



**Εικόνα 9.** Όργανο μέτρησης της σχετικής συγκέντρωσης χλωροφύλλης (προσωπικό αρχείο, 2020).

#### **2.5.1.2. Ρυθμός Φωτοσύνθεσης**

Η μέτρηση της φωτοσύνθεσης πραγματοποιούνταν επίσης την ίδια ημέρα με αυτή της χλωροφύλλης, αρχικά 1 φορά την εβδομάδα και αργότερα 1 φορά κάθε 2η εβδομάδα περίπου, στις θερμοκηπιακές εγκαταστάσεις του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο κατά τις πρωινές κυρίως ώρες (11 π.μ.-1 μ.μ.). Αναφορικά με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης και για τις 2 καλλιέργειες ήταν η ίδια. Ειδικότερα, επιλέγονταν τυχαία 10 φυτά από κάθε θερμοκήπιο και συγκεκριμένα ένα φύλλο υγιές χωρίς προσβολές και με άμεση επαφή με την ηλιακή ακτινοβολία. Οι μετρήσεις καταγράφονταν ταυτόχρονα και από το μηχάνημα της φωτοσύνθεσης αλλά και από τον χρήστη σε τετράδιο, με σκοπό τον περιορισμό τυχόν λαθών κατά τη διαδικασία της μέτρησης. Ακολούθως οι μετρήσεις αυτές μεταφέρονταν σε ένα αρχείο excel για περαιτέρω ανάλυσή τους, με το στατιστικό πακέτο SPSS.

Ένα όργανο μέτρησης της φωτοσύνθεσης χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση της φωτοσύνθεσης στις 2 καλλιέργειες (Εικ. 10) και συγκεκριμένα το LCpro+ 1.0 ADC, Bioscientific Ltd., Hoddesdon, Hertfordshire, UK.



**Εικόνα 10.** Όργανο μέτρησης της φωτοσύνθεσης (προσωπικό αρχείο, 2020).

### **2.5.1.3. Χαρακτηριστικά ανάπτυξης ανά καλλιέργεια**

#### **2.5.1.3.1. Φράουλα**

Με το πέρας του πειράματος, τρία φυτά από κάθε θερμοκήπιο επιλέχθηκαν τυχαία για τη μέτρηση των χαρακτηριστικών ανάπτυξης.

Παράμετροι φυτικής ανάπτυξης (νωπό και ξηρό βάρος 4 φύλλων) καθώς και χαρακτηριστικά καρπών και απόδοσης (αριθμός και βάρος καρπών, νωπό και ξηρό βάρος 5 καρπών από κάθε θερμοκήπιο, χρώμα καρπού) καταγράφηκαν σε κάθε συγκομιδή (Εικ. 11-13).

Αναλυτικότερα, σχετικά με τα χαρακτηριστικά των καρπών και την απόδοση, κάθε εβδομάδα (κάθε Πέμπτη) πραγματοποιούνταν συγκομιδή και στα 3 θερμοκήπια όπου ο κάθε καρπός μαρκάρονταν ανάλογα με το θερμοκήπιο και το φυτό από το οποίο συγκομίστηκε. Ακολουθως η συγκομιδή μεταφέρονταν στο Εργαστήριο Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος, του τμήματος Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών, όπου πραγματοποιούνταν οι μετρήσεις του αριθμού των καρπών συνολικά καθώς του βάρους του κάθε καρπού ατομικά. Έπειτα ο κάθε καρπός τοποθετούνταν στον πάγκο, ανάλογα με το θερμοκήπιο από το οποίο συγκομίστηκε και ανάλογα με το στάδιο ωρίμανσης, όπως φαίνεται παρακάτω (Εικ. 12). Εν συνεχεία γίνονταν παρατήρηση των καρπών οι οποίοι παρουσίαζαν κάποια παραμόρφωση (Εικ. 14-16) ανά θερμοκήπιο και αφού καταγράφονταν, απομακρύνονταν ως μη εμπορεύσιμοι. Η ίδια διαδικασία ακολουθούνταν και για τους καρπούς των οποίων το βάρος τους δεν υπερέβαινε τα 5 g. Τέλος, για τις μετρήσεις του νωπού και ξηρού βάρους επιλέγονταν τυχαία από κάθε

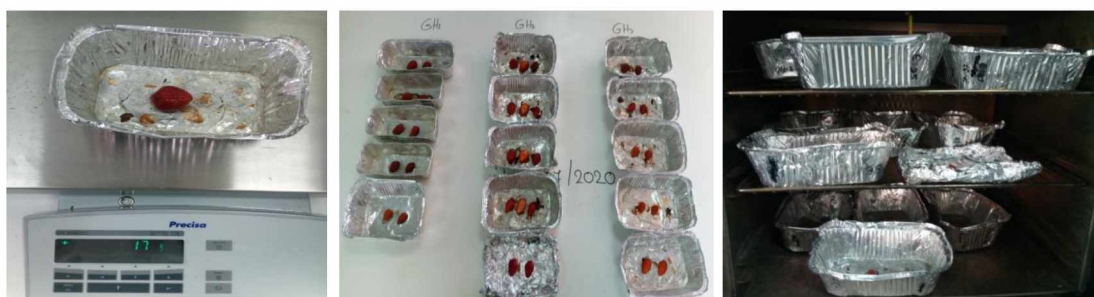
συγκομιδή από τα 3 θερμοκήπια 5 καρποί οι οποίοι, αφού ζυγίζονταν εκ νέου, κόβονταν σε φέτες (διαμήκης τομή) και τοποθετούνταν σε σκεύη αλουμινίου μίας χρήσεως όπου μεταφέρονταν και τοποθετούνταν στο φούρνο στους 75° C για 48 ώρες (Εικ. 19). Μετά το πέρας των 48 ωρών τα δείγματα ζυγίζονταν ξανά με σκοπό τον υπολογισμό του ξηρού τους βάρους.



**Εικόνα 11,12,13.** Εικόνες συγκομιδής, καθώς και μέτρησης βάρους καρπού φράουλας (από αριστερά προς τα δεξιά) (προσωπικό αρχείο, 2020).



**Εικόνες 14,15,16.** Διάφορες παραμορφώσεις καρπών φράουλας (προσωπικό αρχείο, 2020).



**Εικόνες 17,18,19.** Εικόνες σταδίων μέτρησης, νωπού και ξηρού βάρους, καρπών φράουλας (από αριστερά προς τα δεξιά) (προσωπικό αρχείο, 2020).

Μία ζυγαριά ακριβείας χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση όλων των βαρών και συγκεκριμένα της εταιρείας Precisa (Εικ. 20) η οποία παρέχει ακριβείς και αξιόπιστες μετρήσεις χάρη στο αυτόματο σύστημα αυτοβαθμονόμησης που περιέχει (Precisa, 2021).



**Εικόνα 20.** Όργανο μέτρησης βάρους φυτών, φύλλων και βλαστών (προσωπικό αρχείο, 2020).

Επιπλέον, ένας φούρνος χρησιμοποιήθηκε για την ξήρανση, τόσο των φύλλων όσο και των καρπών και συγκεκριμένα της εταιρείας Rayra ® (Εικ. 21) ο οποίος παρέχει ευκολία τόσο χειρισμού όσο και διατήρησης της θερμοκρασίας σε σταθερά επίπεδα (Rayra, 2017).



**Εικόνα 21.** Συσκευή ξήρανσης φύλλων και καρπών (προσωπικό αρχείο, 2020).

#### **2.5.1.3.2. Αγγούρι**

Κάθε μήνα, τρία φυτά από κάθε θερμοκήπιο επιλέγονταν τυχαία για τη μέτρηση των χαρακτηριστικών ανάπτυξης (Εικ. 22-24).

Αναλυτικότερα, σχετικά με τη μέτρηση των χαρακτηριστικών ανάπτυξης του φυτού, μία φορά τον μήνα πραγματοποιούνταν καταστροφική 3 φυτών από κάθε θερμοκήπιο ενώ ταυτόχρονα μαρκάρονταν ανάλογα με το θερμοκήπιο. Ακολούθως, η συγκομιδή μεταφέρονταν στο Εργαστήριο Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος, του τμήματος Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, της Σχολής Γεωπονικών



Επιστημών, όπου πραγματοποιούνταν οι μετρήσεις επί του φυτού. Συγκεκριμένα, τα συγκομισθέντα φυτά εντός του ίδιου θερμοκηπίου μαρκάρωνταν εκ νέου με αρίθμηση από το Α έως το Γ (φυτό Α, φυτό Β, φυτό Γ) (Εικ. 22-24). Εν συνεχεία, από κάθε φυτό γίνονταν προσεκτική αφαίρεση 4 φύλλων τυχαία, με παρόμοιο ωστόσο σχήμα, όπου ζυγίζονταν και στη συνέχεια τοποθετούνταν στον φούρνο στους 75° C για 48 ώρες (Εικ. 28). Μετά το πέρας των 48 ωρών, τα δείγματα ζυγίζονταν ξανά με σκοπό τον υπολογισμό του ξηρού τους βάρους.

Σε κάθε συγκομιδή μετρήθηκαν και καταγράφηκαν οι παράμετροι φυτικής ανάπτυξης (νωπό και ξηρό βάρος 4 φύλλων) καθώς και τα χαρακτηριστικά καρπών και απόδοσης (αριθμός και βάρος καρπών, νωπό και ξηρό βάρος 5 καρπών από κάθε θερμοκήπιο) (Εικ. 27, 28, 30 και 31).

Αναλυτικότερα, σχετικά με τα χαρακτηριστικά των καρπών και την απόδοση, μία φορά την εβδομάδα αρχικά (κάθε Πέμπτη) και αργότερα με την αύξηση της παραγωγής κάθε 2 φορές (Δευτέρα και Πέμπτη), πραγματοποιούνταν συγκομιδή και στα 3 θερμοκήπια όπου ο κάθε καρπός μαρκάρωνταν ανάλογα με το θερμοκήπιο, το φυτό και την κοτυλιδόνα από την οποία συγκομίστηκε. Ακολούθως η συγκομιδή μεταφέρονταν στο Εργαστήριο Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος, του τμήματος Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών, όπου πραγματοποιούνταν οι μετρήσεις του αριθμού των καρπών συνολικά καθώς του βάρους του κάθε καρπού ατομικά. Εν συνεχεία, ο κάθε καρπός τοποθετούνταν στον πάγκο, αρχικά ανάλογα με το θερμοκήπιο από το οποίο προήλθε και αργότερα ανάλογα με το φυτό και την κοτυλιδόνα από την οποία συγκομίστηκε κατά αύξουσα σειρά, όπως φαίνεται παρακάτω (Εικ. 26). Μετέπειτα γίνονταν παρατήρηση των καρπών οι οποίοι παρουσίαζαν κάποια παραμόρφωση ανά θερμοκήπιο, καταγράφονταν και απομακρύνονταν ως μη εμπορεύσιμοι. Τέλος, για τις μετρήσεις του νωπού και ξηρού βάρους επιλέγονταν τυχαία από κάθε συγκομιδή από τα 3 θερμοκήπια, 3 καρποί, οι οποίοι αφού ζυγίζονταν εκ νέου κόβονταν σε φέτες (εγκάρσια τομή), 5 cm εκατέρωθεν από το κέντρο, τοποθετούνταν σε σκεύη αλουμινίου μίας χρήσεως και εν συνεχεία μεταφέρονταν και τοποθετούνταν στο φούρνο στους 75° C για 48 ώρες (Εικ. 31). Μετά το πέρας των 48 ωρών, τα δείγματα ζυγίζονταν ξανά με σκοπό τον υπολογισμό του ξηρού τους βάρους.

Μία ζυγαριά ακριβείας χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση όλων των βαρών και συγκεκριμένα της εταιρείας Precisa (Εικ.20).



**Εικόνες 22,23,24.** Επιλεγμένα φυτά αγγουριού, για μέτρηση των χαρακτηριστικών της ανάπτυξης (προσωπικό αρχείο, 2020).



**Εικόνες 25,26,27.** Εικόνες συγκομιδής, καθώς και μέτρησης βάρους καρπών αγγουριού (από αριστερά προς τα δεξιά) (προσωπικό αρχείο, 2020).



**Εικόνες 28,29,30,31.** Εικόνες σταδίων μέτρησης, βάρους και διαμέτρου φύλλων, καθώς και νωπού και ξηρού βάρους καρπών αγγουριού (από πάνω αριστερά προς κάτω δεξιά) (προσωπικό αρχείο, 2020).

Επιπλέον, ένας φούρνος χρησιμοποιήθηκε για την ξήρανση τόσο των φύλλων όσο και των καρπών και συγκεκριμένα της εταιρείας Rayra ® (Εικ. 21).

## 2.5.2. Ποιοτικές μετρήσεις

### 2.5.2.1. Μέτρηση Παραμέτρων Χρώματος Καρπών Φράουλας

Σχετικά με τη μέτρηση του χρώματος καρπών, αυτή πραγματοποιήθηκε μόνο 4 φορές λόγω των μη στατιστικά σημαντικών διαφορών που παρουσίαζαν τα αποτελέσματά της, τα οποία επαληθεύτηκαν και μέσα από τη χρήση στατιστικών πακέτων (SPSS).

Ένα φασματοφωτόμετρο χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση του χρώματος των καρπών της φράουλας και συγκεκριμένα το HunterLab MiniScan XE Plus (Εικ. 32 και 33).



Εικόνες 32,33. Όργανο μέτρησης του χρώματος των καρπών φράουλας (προσωπικό αρχείο, 2020).

### 2.6. Στατιστική ανάλυση

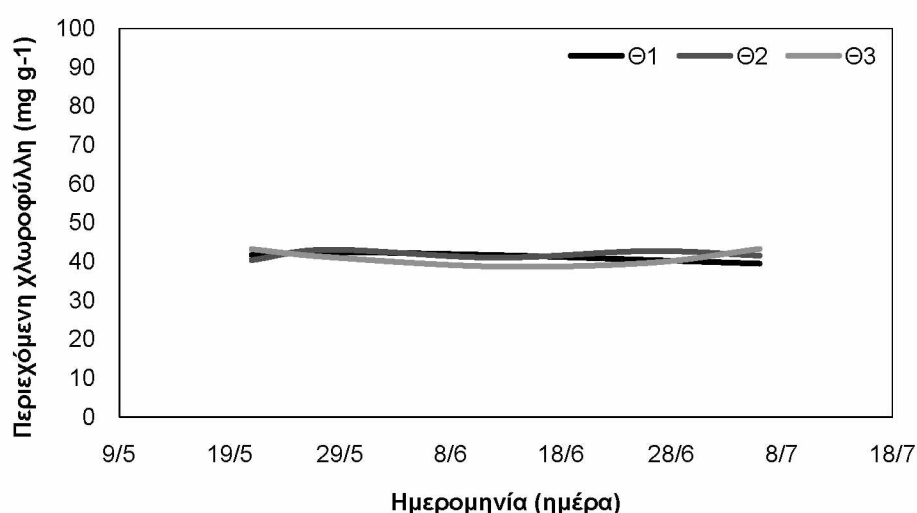
Η στατιστική ανάλυση των μετρήσεων πραγματοποιήθηκε μέσω του MS Excel και του SPSS Statistics.

### 3. Αποτελέσματα

#### 3.1. Περιεχόμενη Χλωροφύλλη Φύλλων

Πειραματικά, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις χλωροφύλλης σε φυτά φράουλας από τις 21/05/2020 έως τις 06/07/2020 και σε φυτά αγγουριού από τις 21/05/2020 έως τις 09/07/2020.

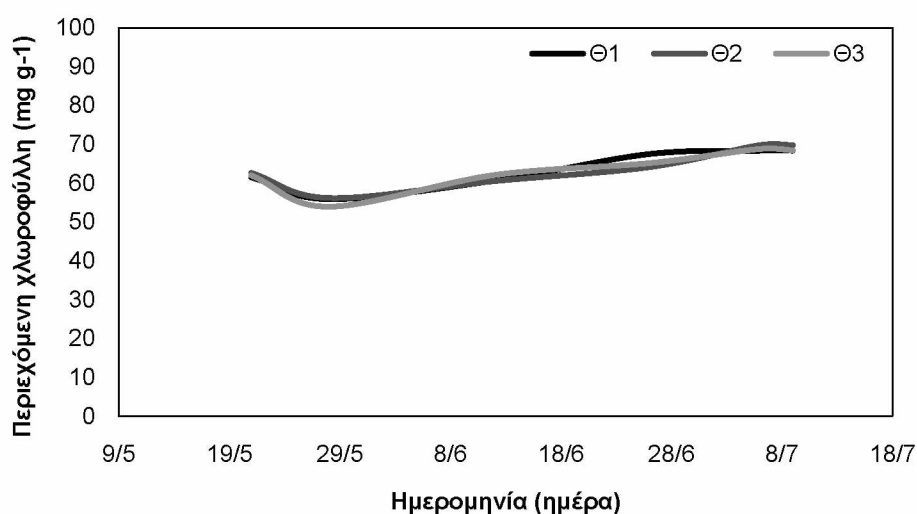
Όσον αφορά την φράουλα, σε όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου το θερμοκήπιο 2 (Θ2) παρουσίασε τις υψηλότερες τιμές ενώ το θερμοκήπιο 3 (Θ3) τις χαμηλότερες (Διάγρ. 1). Ωστόσο, σε ορισμένες από τις ημερομηνίες που μελετήθηκαν, παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των Θ2 και Θ3 αλλά όχι αυτών με το θερμοκήπιο 1 (Θ1), διαφορές του Θ3 με τα Θ1 και Θ2, τα οποία όμως δεν διέφεραν μεταξύ τους και το Θ2 με τα Θ1 και Θ3, όπου επίσης δεν διέφεραν μεταξύ τους ενώ παρατηρήθηκε κατά την τελευταία μέτρηση στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ και των τριών θερμοκηπίων (Θ1, Θ2 και Θ3). Γενικότερα όμως, παρόλο που μεμονωμένα στις επιμέρους ημερομηνίες παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των θερμοκηπίων, εντούτοις στο σύνολο της καλλιεργητικής περιόδου δεν παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ αυτών.



**Διάγραμμα 1.** Διακύμανση τιμών περιεχόμενης χλωροφύλλης, ανά θερμοκήπιο και ανά ημερομηνία, στην καλλιέργεια της φράουλας.

Από την άλλη στο αγγούρι (Διάγρ. 2), αν και εδώ το Θ2 παρουσίασε καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου τις υψηλότερες τιμές ενώ το

Θ3 τις χαμηλότερες, εντούτοις δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές εκτός από μία μέτρηση στην οποία τα Θ1 και Θ2 διέφεραν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους, με το Θ3 ωστόσο να μην διαφέρει στατιστικά σημαντικά από αυτά (Θ1 και Θ2). Γενικότερα όμως, παρά το γεγονός ότι μεμονωμένα στις επιμέρους ημερομηνίες παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των θερμοκηπίων, εντούτοις στο σύνολο της καλλιεργητικής περιόδου δεν παρατηρήθηκαν διαφορές μεταξύ αυτών.



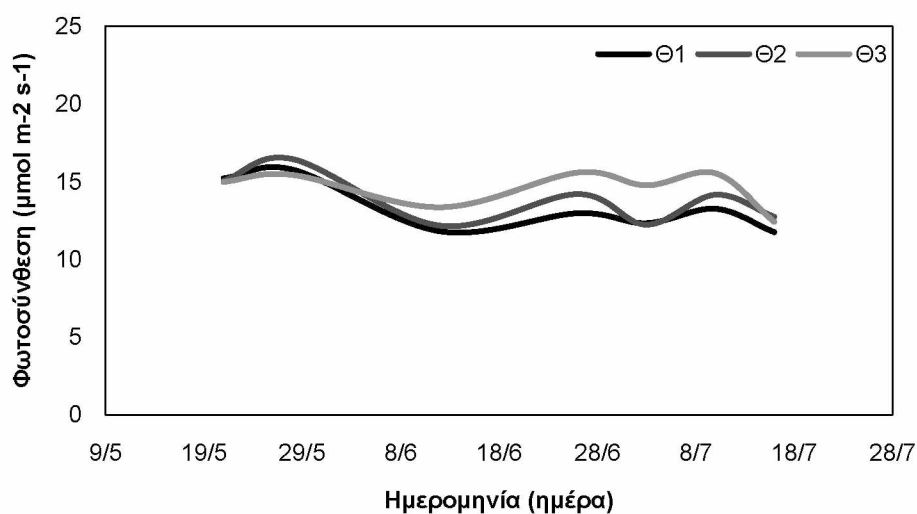
**Διάγραμμα 2.** Διακύμανση τιμών περιεχόμενης χλωροφύλλης, ανά θερμοκήπιο και ανά ημερομηνία, στην καλλιέργεια του αγγουριού.

### 3.2. Ρυθμός Φωτοσύνθεσης

Ακολούθως πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις φωτοσύνθεσης και στις 2 καλλιέργειες (φράουλα και αγγούρι) από τις 21/05/2020 έως τις 16/07/2020, με ποικίλα αποτελέσματα.

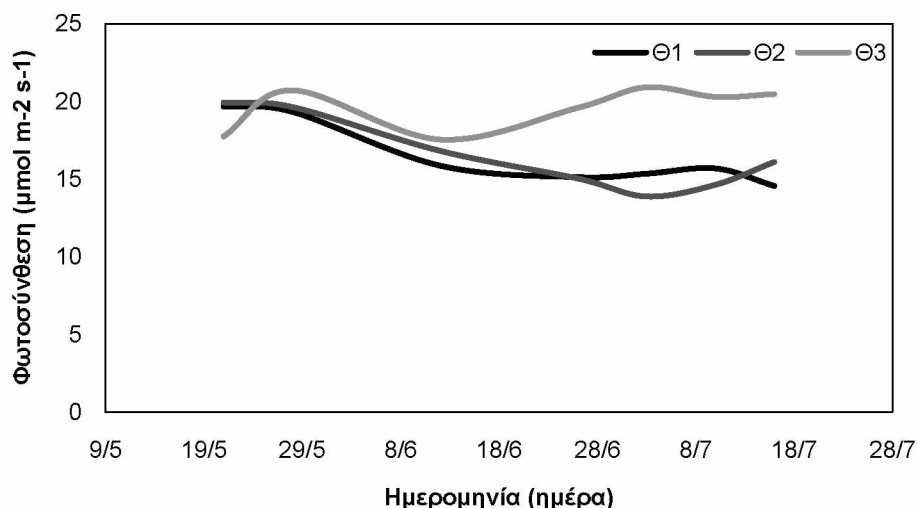
Αναλυτικότερα στη φράουλα, σε όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου το Θ3 παρουσίασε τις υψηλότερες τιμές ενώ το Θ1 τις χαμηλότερες (Διάγρ. 3). Ωστόσο, σε ορισμένες από τις ημερομηνίες που μελετήθηκαν δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των 3 θερμοκηπίων, σε άλλες παρατηρήθηκαν μεταξύ των Θ1 και Θ3 αλλά όχι αυτών με το Θ2 καθώς και μεταξύ των Θ1 και Θ2 αλλά όχι αυτών με το Θ3 ενώ διαφορές σημείωσε το Θ3 με τα Θ1 και Θ2, τα οποία εντούτοις δεν διέφεραν μεταξύ τους. Επιπλέον, εκτός των παραπάνω, παρατηρήθηκε και στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ και των τριών θερμοκηπίων (Θ1, Θ2 και Θ3).

Γενικότερα όμως, προς το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου άρχισαν να παρατηρούνται διαφορές μεταξύ των 3 θερμοκηπίων.



**Διάγραμμα 3.** Διακύμανση τιμών φωτοσύνθεσης, ανά θερμοκήπιο και ανά ημερομηνία, στην καλλιέργεια της φράουλας.

Αντιστοίχως στο αγγούρι, επίσης το Θ3 παρουσίασε σε όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου τις υψηλότερες τιμές ενώ το Θ1 τις χαμηλότερες (Διάγρ. 4). Εντούτοις, σε ορισμένες από τις ημερομηνίες που μελετήθηκαν δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των 3 θερμοκηπίων, σε άλλες παρατηρήθηκαν μεταξύ των Θ1 και Θ3 αλλά όχι αυτών με το Θ2 αλλά και του Θ3 με τα Θ1 και Θ2, τα οποία ωστόσο δεν διέφεραν μεταξύ τους. Επιπλέον παρατηρήθηκε και στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ και των τριών θερμοκηπίων (Θ1, Θ2 και Θ3). Γενικότερα όμως, προς το τέλος της καλλιεργητικής περιόδου άρχισαν να παρατηρούνται διαφορές μεταξύ των 3 θερμοκηπίων.

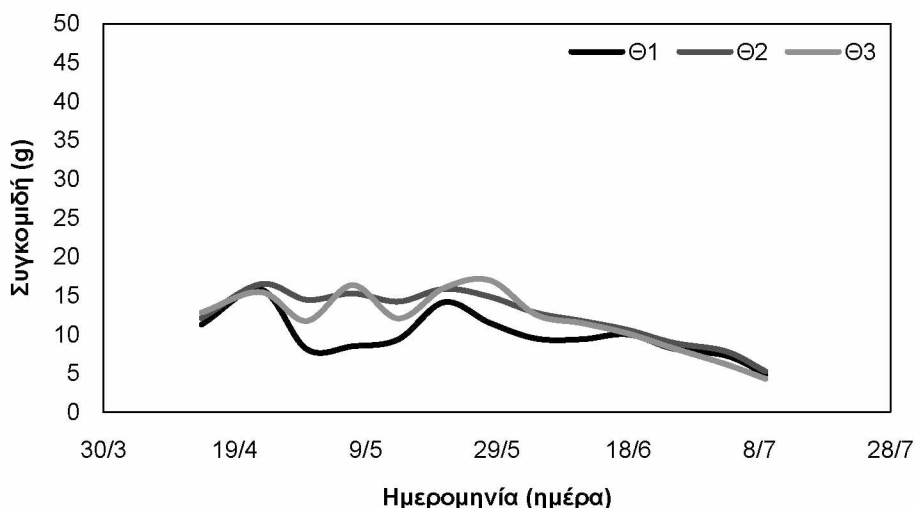


**Διάγραμμα 4.** Διακύμανση τιμών φωτοσύνθεσης, ανά θερμοκήπιο και ανά ημερομηνία, στην καλλιέργεια του αγγουριού.

### 3.3. Συγκομιδή

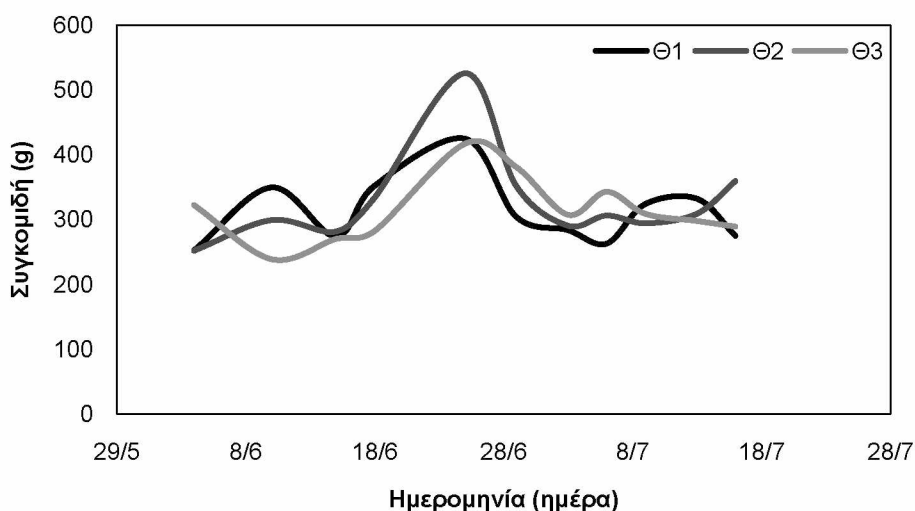
Εν συνεχεία, διεξήχθησαν μετρήσεις και στο βάρος των καρπών των 2 καλλιεργειών.

Ειδικότερα, όσον αφορά τη φράουλα πραγματοποιήθηκαν 13 συγκομιδές (14/04/2020 έως 09/07/2020), όπως παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα (Διάγρ. 5). Συγκεκριμένα, σε όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου το Θ2 παρουσίασε τις υψηλότερες τιμές ενώ το Θ1 τις χαμηλότερες. Ωστόσο, σε αρκετές από τις ημερομηνίες που μελετήθηκαν δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των 3 θερμοκηπίων ενώ σε άλλες παρατηρήθηκαν μεταξύ των Θ1 και Θ2 αλλά όχι αυτών με το Θ3, μεταξύ των Θ2 και Θ3 αλλά όχι αυτών με το Θ3 αλλά και διαφορές του Θ1 με τα Θ2 και Θ3, τα οποία όμως δεν διέφεραν μεταξύ τους. Επιπλέον παρατηρήθηκε και στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ και των τριών θερμοκηπίων (Θ1, Θ2 και Θ3). Γενικότερα όμως, μόνο προς τα μέσα της καλλιεργητικής περιόδου παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των 3 θερμοκηπίων.



**Διάγραμμα 5.** Διακύμανση τιμών βάρους καρπών φράουλας, ανά θερμοκήπιο και ανά ημερομηνία.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η συγκομιδή στο αγγούρι όπου, μολονότι το Θ1 παρουσίασε καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου τις υψηλότερες τιμές ενώ το Θ3 τις χαμηλότερες, ωστόσο στις 9 από τις 11 συγκομιδές που υλοποιήθηκαν (15/06/2020 έως 16/07/2020) (Διάγρ. 6), δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ και των τριών θερμοκηπίων (Θ1, Θ2 και Θ3) εκτός από τις 2 πρώτες όπου στη μία το Θ1 διέφερε με τα Θ2 και Θ3, τα οποία όμως δεν διέφεραν μεταξύ τους ενώ στην άλλη παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικά διαφορές μεταξύ των Θ1 και Θ3 αλλά όχι αυτών με το Θ2.



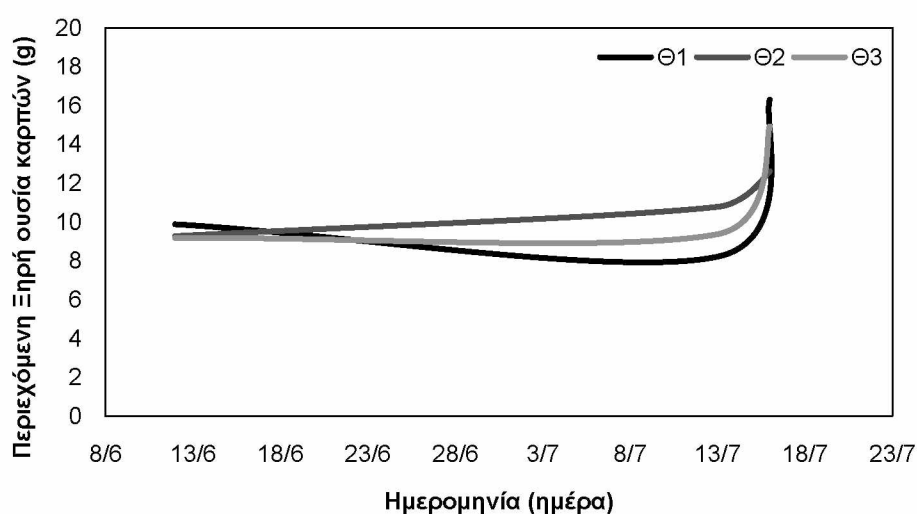
**Διάγραμμα 6.** Διακύμανση τιμών βάρους καρπών αγγουριού, ανά θερμοκήπιο και ανά ημερομηνία.



### 3.4. Περιεχόμενη Ξηρή ουσία Καρπών

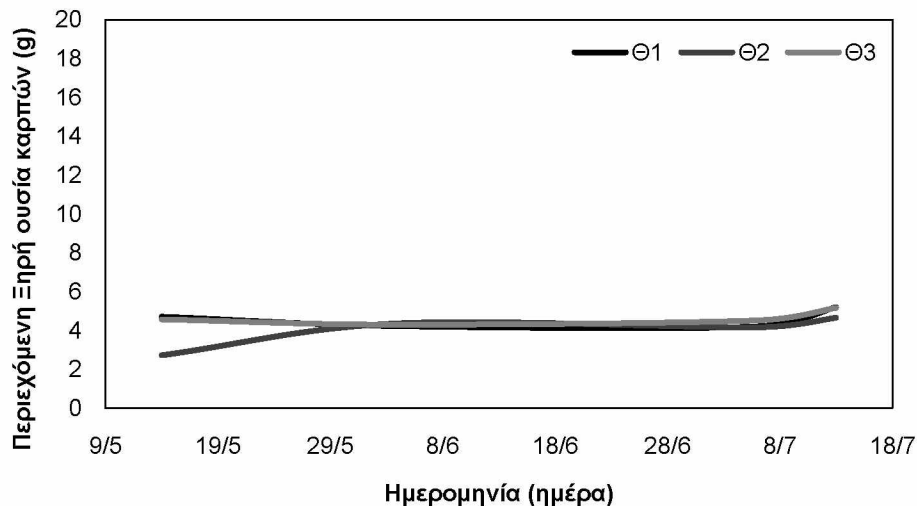
Μετέπειτα, πραγματοποιήθηκαν 3 μετρήσεις ξηρής ουσίας καρπών (12/06/2020 έως 16/07/2020) για τη φράουλα και 5 (14/05/2020 έως 13/07/2020) για το αγγούρι.

Στη φράουλα, αν και σε όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου το Θ2 παρουσίασε τις υψηλότερες τιμές ενώ το Θ1 τις χαμηλότερες (Διάγρ. 7), δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ και των τριών θερμοκηπίων (Θ1, Θ2 και Θ3).



**Διάγραμμα 7.** Διακύμανση τιμών ξηράς ουσίας (ξ.ο.) καρπών φράουλας, ανά θερμοκήπιο και ανά ημερομηνία.

Ομοίως στο αγγούρι, αν και σε όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου το Θ3 παρουσίασε τις υψηλότερες τιμές ενώ το Θ2 τις χαμηλότερες (Διάγρ. 8), μολαταύτα δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ και των τριών θερμοκηπίων (Θ1, Θ2 και Θ3), εκτός από την 1η μέτρηση όπου το Θ2 διέφερε στατιστικά σημαντικά από τα Θ1 και Θ3 χωρίς ωστόσο αυτά να διαφέρουν μεταξύ τους.

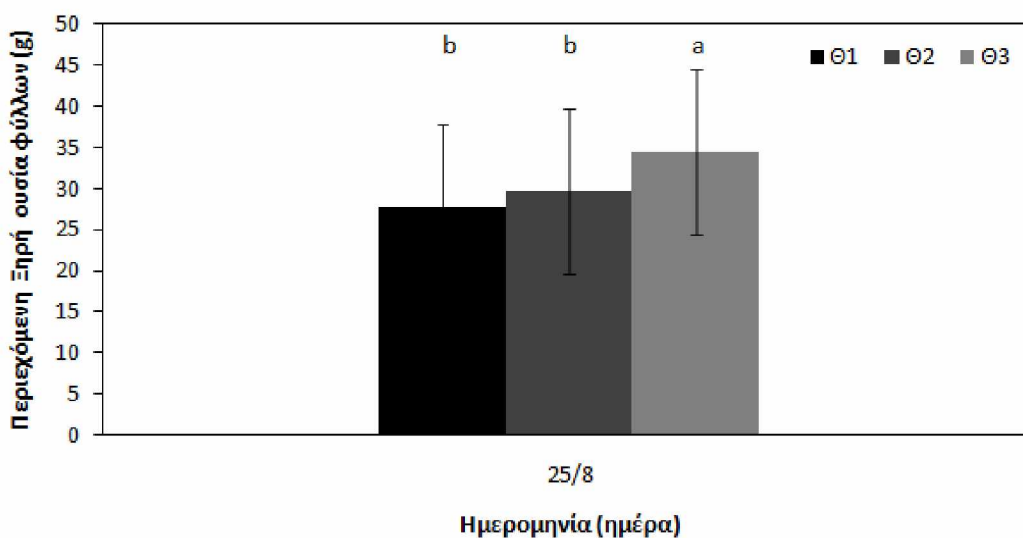


**Διάγραμμα 8.** Διακύμανση τιμών ξηράς ουσίας (ξ.ο.) καρπών αγγουριού, ανά θερμοκήπιο και ανά ημερομηνία.

### 3.5. Περιεχόμενη Ξηρή ουσία Φύλλων

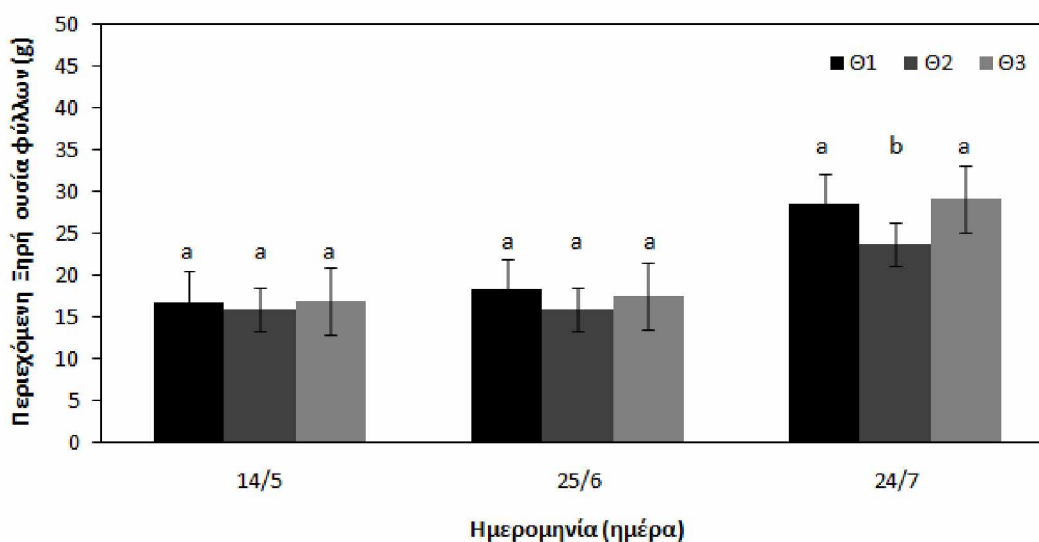
Επιπροσθέτως, πραγματοποιήθηκαν 1 μέτρηση ξηρής ουσίας και επί των φύλλων στις 25/08/2020 για τη φράουλα και 3 (14/05/2020 έως 24/07/2020) για το αγγούρι.

Στη φράουλα, καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου το Θ3 παρουσίασε τις υψηλότερες τιμές ενώ το Θ1 τις χαμηλότερες, όπου το 1ο (Θ3) διέφερε στατιστικά σημαντικά από τα Θ1 και Θ2, τα οποία όμως δεν διέφεραν μεταξύ τους, όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα (Εικ. 34).



**Εικόνα 34.** Διακύμανση τιμών περιεχόμενης ξηράς ουσίας (ξ.ο.) φύλλων φράουλας ανά θερμοκήπιο στις 25/8.

Όσον αφορά το αγγούρι, αν και σε όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου το Θ3 παρουσίασε τις υψηλότερες τιμές ενώ το Θ2 τις χαμηλότερες, εντούτοις δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ και των τριών θερμοκηπίων (Θ1, Θ2 και Θ3) παρά μόνο στην τελευταία μέτρηση όπου το Θ2 διέφερε στατιστικά σημαντικά από τα Θ1 και Θ3, τα οποία μεταξύ τους δεν διέφεραν, όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα (Εικ. 35).

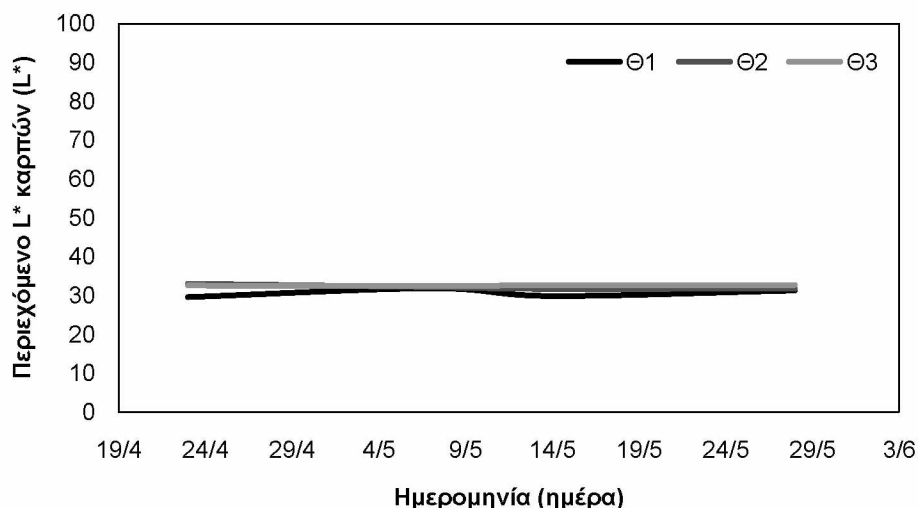


**Εικόνα 35.** Διακύμανση τιμών περιεχόμενης ξηράς ουσίας (ξ.ο.) φύλλων αγγουριού ανά θερμοκήπιο στις 14/5, 25/6 και 24/7.

### 3.6. Παράμετροι Χρώματος Καρπών Φράουλας

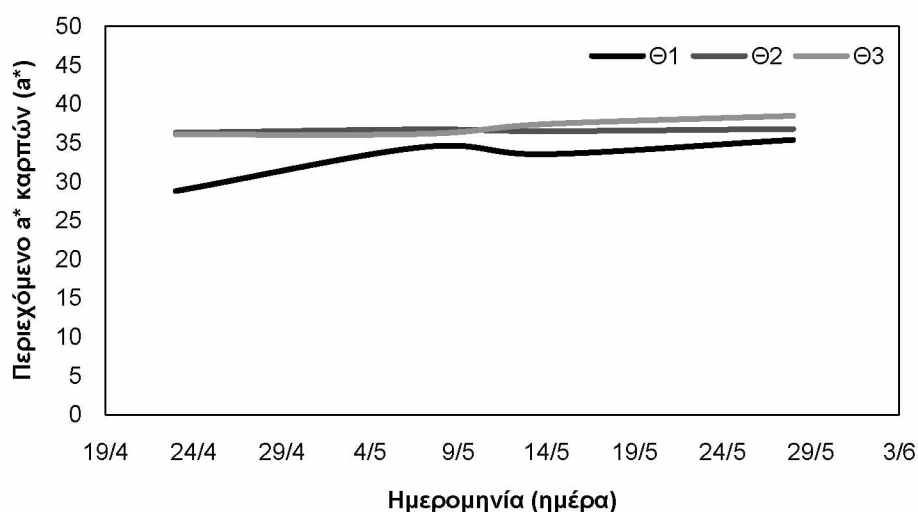
Τέλος στη φράουλα, πραγματοποιήθηκαν και μετρήσεις χρώματος σε επίπεδο καρπού. Συγκεκριμένα πραγματοποιήθηκαν 4 μετρήσεις (23/04/2020 έως 28/05/2020) όπου μετρήθηκαν οι παράμετροι  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  και  $Chroma^*$ .

Αναλυτικά, όσον αφορά την παράμετρο  $L^*$ , σε όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου το Θ3 παρουσίασε τις υψηλότερες τιμές ενώ το Θ1 τις χαμηλότερες (Διάγρ. 9). Ωστόσο, σε ορισμένες από τις ημερομηνίες που μελετήθηκαν, παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των Θ1 και Θ3 αλλά όχι αυτών με το Θ2 και διαφορές του Θ1 με τα Θ2 και Θ3, τα οποία όμως δεν διέφεραν μεταξύ τους ενώ σε μία από τις μετρήσεις δεν παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ και των τριών θερμοκηπίων (Θ1, Θ2 και Θ3).



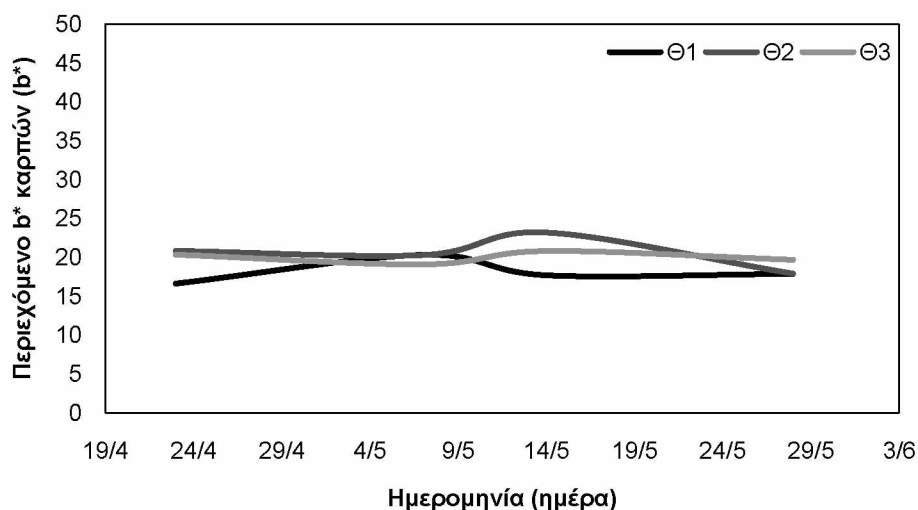
**Διάγραμμα 9.** Διακύμανση τιμών παραμέτρου L\* σε καρπούς φράουλας, ανά θερμοκήπιο και ανά ημερομηνία.

Αντιστοίχως για το  $a^*$ , σε όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου το Θ2 παρουσίασε τις υψηλότερες τιμές ενώ το Θ1 τις χαμηλότερες (Διάγρ. 10). Ωστόσο, σε ορισμένες από τις ημερομηνίες που μελετήθηκαν, παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των Θ1 και Θ3 αλλά όχι αυτών με το Θ2 και διαφορές του Θ1 με τα Θ2 και Θ3, τα οποία όμως δεν διέφεραν μεταξύ τους ενώ σε μία από τις μετρήσεις δεν παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ και των τριών θερμοκηπίων (Θ1, Θ2 και Θ3).



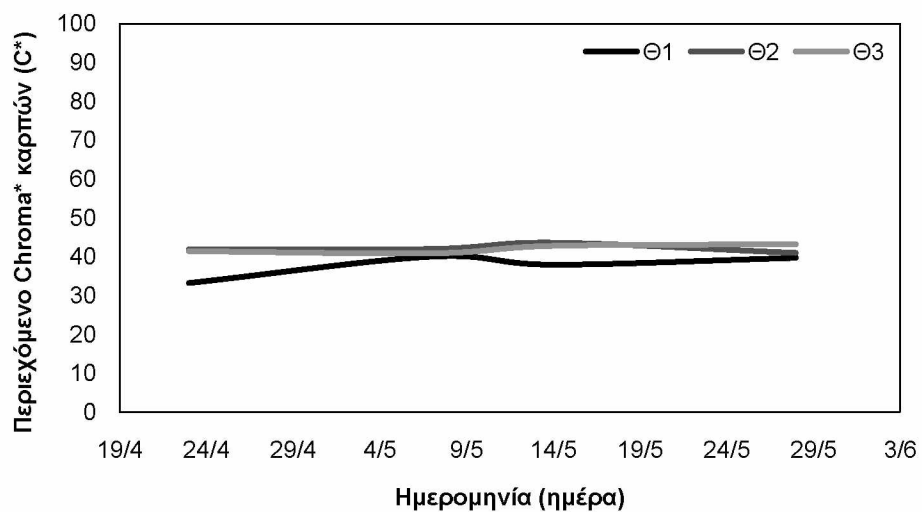
**Διάγραμμα 10.** Διακύμανση τιμών παραμέτρου  $a^*$  σε καρπούς φράουλας, ανά θερμοκήπιο και ανά ημερομηνία.

Στην παράμετρο  $b^*$  γενικά, αν και σε όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου το  $\Theta 2$  παρουσίασε τις υψηλότερες τιμές ενώ το  $\Theta 1$  τις χαμηλότερες (Διάγρ. 11), εντούτοις δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ και των τριών θερμοκηπίων ( $\Theta 1$ ,  $\Theta 2$  και  $\Theta 3$ ), εκτός από μία μέτρηση, στην οποία το  $\Theta 1$  διέφερε στατιστικά σημαντικά από τα  $\Theta 2$  και  $\Theta 3$  τα οποία μεταξύ τους δε διέφεραν.



**Διάγραμμα 11.** Διακύμανση τιμών παραμέτρου  $b^*$  σε καρπούς φράουλας, ανά θερμοκήπιο και ανά ημερομηνία.

Τέλος, αναφορικά με το Chroma\*, σε όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου το  $\Theta 2$  παρουσίασε τις υψηλότερες τιμές ενώ το  $\Theta 1$  τις χαμηλότερες (Διάγρ. 12). Ωστόσο, σε ορισμένες από τις ημερομηνίες που μελετήθηκαν, παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των  $\Theta 1$  και  $\Theta 3$  αλλά όχι αυτών με το  $\Theta 2$  και διαφορές του  $\Theta 1$  με τα  $\Theta 2$  και  $\Theta 3$ , τα οποία όμως δεν διέφεραν μεταξύ τους, ενώ σε μία από τις μετρήσεις δεν παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ και των τριών θερμοκηπίων ( $\Theta 1$ ,  $\Theta 2$  και  $\Theta 3$ ).



**Διάγραμμα 12.** Διακύμανση τιμών παραμέτρου Chroma\* σε καρπούς φράουλας, ανά θερμοκήπιο και ανά ημερομηνία.

## **4. Συζήτηση**

### **4.1. Αγρονομικές μετρήσεις**

Έως τώρα, ένας σημαντικός αριθμός μελετών έχουν διεξαχθεί σχετικά με τις πιθανές επιπτώσεις της αύξησης της UV-b ακτινοβολίας στην αύξηση και την ανάπτυξη των φυτικών ειδών (Zheng et al., 2003, Woya et al., 2020), με τις περισσότερες από αυτές να έχουν δείξει αρνητική απόκριση (Derebe et al., 2019).

#### **4.1.1. Περιεχόμενη Χλωροφύλλη Φύλλων**

Όσον αφορά την φράουλα, το Θ2 αύξησε ελάχιστα την συγκέντρωση της χλωροφύλλης της σε σχέση με τα Θ1 και Θ3.

Από την άλλη στο αγγούρι, το Θ2 αύξησε ελάχιστα την συγκέντρωση της χλωροφύλλης σε αυτό σε σχέση με τα Θ1 και Θ3, ενώ στους El-Aal et al. (2018) το αντίθετο.

#### **4.1.2. Ρυθμός Φωτοσύνθεσης**

Σχετικά με την φράουλα, τα αποτελέσματα σε σύγκριση με αυτά των Tsormpatsidis et al. (2011), συμφωνούν εν μέρει. Συγκεκριμένα, το Θ3 μείωσε ελάχιστα την φωτοσυνθετική ικανότητα σε αυτή σε σχέση με το Θ2, το οποίο συμφωνεί με τον Tsormpatsidis et al. (2011). Ωστόσο το Θ2 έδειξε λίγο καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με το Θ1.

Από την άλλη στο αγγούρι, το Θ3 αύξησε αρκετά τη φωτοσυνθετική ικανότητά του σε σχέση με το Θ2, ενώ το Θ1 εμφάνισε το ίδιο αποτέλεσμα με το Θ2.

#### **4.1.3. Συγκομιδή**

Αναφορικά με την φράουλα, αν και στους Casal et al. (2009), Josuttis et al. (2010), Tsormpatsidis et al. (2011) και Ordidge et al. (2012) τα Θ1 και Θ3 αύξησαν σχετικά τη συγκομιδή της σε σχέση με το Θ2, ωστόσο στο πείραμά μας έγινε το αντίθετο.

Από την άλλη στο αγγούρι, στο πείραμά μας το Θ2 έδειξε καλύτερα αποτελέσματα σε αυτό σε σχέση με τα Θ1 και Θ3, όπως και στους El-Aal et al. (2018).

#### **4.1.4. Περιεχόμενη Ξηρή ουσία Καρπών – Φύλλων**

##### **4.1.4.1. Περιεχόμενη Ξηρή ουσία Καρπών**

Όσον αφορά την φράουλα, στο πείραμά μας τα Θ1 και Θ3 έδειξαν καλύτερα αποτελέσματα σε αυτή σε σχέση με το Θ2, στους Ordidge et al. (2012) το ίδιο, ενώ στους Josuttis et al. (2010) τα αποτελέσματα σχετικά με τη χρήση ή μη UV-Blocking υλικών κάλυψης δε διέφεραν σχετικά μεταξύ τους.

Από την άλλη στο αγγούρι, τα Θ1 και Θ3 έδειξαν μεγαλύτερο το βάρος της περιεχόμενης ξηράς ουσίας σε σχέση με το Θ2.

##### **4.1.4.2. Περιεχόμενη Ξηρή ουσία Φύλλων**

Σχετικά με την φράουλα, το Θ3 αύξησε αρκετά το βάρος της περιεχόμενης ξηράς ουσίας των φύλλων, σε σχέση με το UV-Open. Ωστόσο το UV-Open έδειξε λίγο καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με το Θ1.

Από την άλλη στο αγγούρι, στο πείραμά μας τα Θ1 και Θ3 έδειξαν καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με το Θ2, ενώ στους Elfadly et al. (2016), όσον αφορά την ποικιλία Safa 62, την 1η χρονιά καλύτερα αποτελέσματα έδειξαν τα UV-Blocking υλικά κάλυψης και τη 2η το UV-Open, ενώ στην ποικιλία Aseel και για τις 2 χρονιές καλύτερα αποτελέσματα έδειξαν τα UV-Blocking υλικά κάλυψης. Γενικότερα όμως, θα μπορούσαμε να πούμε ότι τα Θ1 και Θ3 δίνουν μεγαλύτερα περιεχόμενα ξηρά βάρη στα αγγούρια σε σχέση με το Θ2.

#### **4.2. Ποιοτικές μετρήσεις**

Η έλλειψη της υπεριώδους ακτινοβολίας παρουσιάζει θετική επίδραση στην ανάπτυξη των φυτών και γενικότερα στην απόδοση και την ποιότητα της καλλιέργειας, λόγω της μείωσης των ζημιών που οφείλονται κυρίως σε παράσιτα εντόμων καθώς και ασθένειες των φυτών (Solaiman, 2015).

##### **4.2.1. Μέτρηση Παραμέτρων Χρώματος Καρπών Φράουλας**

Όσον αφορά την φράουλα, στο πείραμά μας το Θ3 έδειξε καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με το Θ2, το οποίο συμφωνεί με τον Tsormpatsidis et al. (2011). Ωστόσο, το Θ2 έδειξε λίγο καλύτερα αποτελέσματα συγκριτικά με το Θ1.



Τα ίδια αποτελέσματα, παρατηρήθηκαν και για το  $a^*$ . Συγκεκριμένα, το Θ3 έδειξε καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με το Θ2, κάτι το οποίο βρίσκει σύμφωνους και τους Tsormpatsidis et al. (2011). Ωστόσο, το Θ2 έδειξε λίγο καλύτερα αποτελέσματα συγκριτικά με το Θ1.

Ακολούθως, σχετικά με το  $b^*$  του καρπού, στο πείραμά μας το Θ2 υλικό κάλυψης έδειξε μεγαλύτερες τιμές  $b^*$  σε σχέση με τα Θ1 και Θ3, σε αντίθεση με τους Tsormpatsidis et al. (2011), ενώ στους Ordidge et al. (2012) το υλικό κάλυψης με ελάχιστα περατή την UV ακτινοβολία παρουσίασε θετικές τιμές σε σχέση με το UV-Blocking υλικό κάλυψης.

Τέλος, αναφορικά με το Chroma\* του καρπού της φράουλας, στο πείραμά μας το Θ2 έδειξε μεγαλύτερες τιμές σε σχέση με τα Θ1 και Θ3, σε αντίθεση με τους Tsormpatsidis et al. (2011).

## 5. Συμπεράσματα

Μία από τις τελευταίες εξελίξεις στην προστατευόμενη φυτική καλλιέργεια είναι η δημιουργία νέων φωτοεκλεκτικών πλαστικών υλικών κάλυψης τα οποία, εκτός των άλλων, έχουν ως στόχο τον αποκλεισμό της UV ακτινοβολίας στο εσωτερικό του θερμοκηπίου (Espri et al., 2006, Tsormpatsidis et al., 2008) δημιουργώντας νέες ευκαιρίες (Woya et al., 2020). Ωστόσο, δεν υπάρχουν αρκετές δημοσιευμένες εργασίες σχετικά με τις επιπτώσεις του αποκλεισμού της υπεριώδους ακτινοβολίας στα φυτά (Krizek et al., 1997, Krizek et al., 1998, Krause et al., 1999, Kolb et al., 2001, Kolb et al., 2003, Tsormpatsidis et al., 2008).

Στη συγκεκριμένη εργασία, όσο αφορά τα υλικά κάλυψης και στις 2 περιπτώσεις τα UV-blocking έδωσαν καλύτερα αποτελέσματα τόσο στη φράουλα όσο και στο αγγούρι και κυρίως το UV-blocking με περατότητα στη UV ακτινοβολία 24,06%. Ειδικότερα σε επίπεδο φυτού, και τα 2 είδη έδωσαν καλύτερα αποτελέσματα όσον αφορά τη χλωροφύλλη και τη συγκομιδή στο UV-open, ενώ στη φωτοσύνθεση και στις ξηρές ουσίες καρπών και φύλλων στα UV-blocking υλικά κάλυψης. Επιπρόσθετα, σχετικά με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του καρπού της φράουλας, δεν παρατηρήθηκε κάποια υπεροχή 1 υλικού σε σχέση με ένα άλλο, διότι στις μισές παραμέτρους έδειξε καλύτερα αποτελέσματα το UV-open ενώ στις άλλες μισές τα UV-blocking υλικά κάλυψης. Ωστόσο, υπήρχαν και περιπτώσεις, όπως σε αυτές της φωτοσύνθεσης και της ξηράς ουσίας φύλλων στη φράουλα, όπου μπορεί το UV-blocking με περατότητα στη UV ακτινοβολία 24,06% να εμφάνισε καλύτερα αποτελέσματα, σε σύγκριση με το UV-open, όμως και αυτό με τη σειρά του ήταν πιο αποδοτικό σε σχέση με το UV-blocking με περατότητα στη UV ακτινοβολία 18,41%.

Οι λόγοι για τους οποίους έχουμε αυτή την πληθώρα αποτελεσμάτων, έχουν αναφερθεί εκτενώς σε προηγούμενες παραγράφους καθώς και κεφάλαια.

## 6. Βιβλιογραφία

### 6.1. Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

Aaby, K., Mazur, S., Nes, A., & Skrede, G. (2012). Phenolic compounds in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) fruits: Composition in 27 cultivars and changes during ripening. *Food Chemistry*, 132(1), 86-97.

Abbey, B. W., Nwachoko, N., & Ikiroma, G. N. (2017). Nutritional value of cucumber cultivated in three selected states of Nigeria. *Biochemistry Analytical Biochemistry*, 6(3), 10-13.

Abd El-Aal, H. A., Rizk, A. M., & Mousa, I. E. (2018). Evaluation of new greenhouse covers with modified light regime to control cotton aphid and cucumber (*Cucumis sativus* L.) productivity. *Crop Protection*, 107, 64-70.

Agatemor, U. M. M., Nwodo, O. F. C., & Anosike, C. A. (2018). Phytochemical and proximate composition of cucumber (*Cucumis sativus*) fruit from Nsukka, Nigeria. *African J. Biotechnol*, 17, 1215-19.

Ahamed, M. S., Guo, H., & Tanino, K. (2019). Energy saving techniques for reducing the heating cost of conventional greenhouses. *Biosystems engineering*, 178, 9-33.

Ahmad, H., Hayat, S., Ali, M., Ghani, M. I., & Zhihui, C. (2017). Regulation of growth and physiological traits of cucumber (*Cucumis sativus* L.) through various levels of 28-homobrassinolide under salt stress conditions. *Canadian Journal of Plant Science*, 98(1), 132-140.

Aitken, A. (2012). *Harvesting the sun: a profile of world horticulture*. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta.

Akimov, M. U., Zhbanova, E. V., Makarov, V. N., Perova, I. B., Shevyakova, L. V., Vrzhesinskaya, O. A., ... & Luk'yanchuk, I. V. (2019). Nutrient value of fruit in promising strawberry varieties. *Voprosy pitaniia*, 88(2), 64-72.

Alsadon, A. A., Al-Helal, I. M., Ibrahim, A. A., Abdel-Ghany, A. M., Al-Zaharani, S. M., & Gulrez, K. H. (2016). Growth response of cucumber under greenhouses covered with plastic films. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 26(1), 139-148.

Alsadon, A., Al-Helal, I., Ibrahim, A., Abdel-Ghany, A., Al-Zaharani, S., & Ashour, T. (2016). The effects of plastic greenhouse covering on cucumber (*Cucumis sativus* L.) growth. *Ecological Engineering*, 87, 305-312.

Alvarez-Suarez, J. M., Dekanski, D., Ristić, S., Radonjić, N. V., Petronijević, N. D., Giampieri, F., ... & Quiles, J. L. (2011). Strawberry polyphenols attenuate ethanol-induced gastric lesions in rats by activation of antioxidant enzymes and attenuation of MDA increase. *PLoS One*, 6(10), e25878.

Asghar, N., Naqvi, S. A. R., Hussain, Z., Rasool, N., Khan, Z. A., Shahzad, S. A., ... & Jaafar, H. Z. (2016). Compositional difference in antioxidant and antibacterial activity of all parts of the *Carica papaya* using different solvents. *Chemistry Central Journal*, 10(1), 5.

Babaghayou, M. I., Mourad, A. H. I., Lorenzo, V., Chabira, S. F., & Sebaa, M. (2018). Anisotropy evolution of low density polyethylene greenhouse covering films during their service life. *Polymer Testing*, 66, 146-154.

Babaghayou, M. I., Mourad, A. H. I., Lorenzo, V., de la Orden, M. U., Urreaga, J. M., Chabira, S. F., & Sebaa, M. (2016). Photodegradation characterization and heterogeneity evaluation of the exposed and unexposed faces of stabilized and unstabilized LDPE films. *Materials & Design*, 111, 279-290.

Bangarwa, S. K., & Norsworthy, J. K. (2016). Effect of phenyl, allyl, and methyl isothiocyanate on *Cyperus rotundus* tubers under LDPE and VIF mulch. *Crop Protection*, 84, 121-124.

Battino, M., Beekwilder, J., Denoyes-Rothan, B., Laimer, M., McDougall, G. J., & Mezzetti, B. (2009). Bioactive compounds in berries relevant to human health. *Nutrition Reviews*, 67(suppl\_1), S145-S150.

Bot, G. P. (1991). Physical modeling of greenhouse climate. *IFAC Proceedings Volumes*, 24(11), 7-12.

Briassoulis, D., Waaijenberg, D., Gratraud, J., & Von Elsner, B. (1997). Mechanical properties of covering materials for greenhouses part 2: quality assessment. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 67(3), 171-217.

Buendia, B., Gil, M. I., Tudela, J. A., Gady, A. L., Medina, J. J., Soria, C., ... & Tomás-Barberán, F. A. (2010). HPLC-MS analysis of proanthocyanidin oligomers and other phenolics in 15 strawberry cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(7), 3916-3926.

Cai, Y., Luo, Q., Sun, M., & Corke, H. (2004). Antioxidant activity and phenolic compounds of 112 traditional Chinese medicinal plants associated with anticancer. *Life sciences*, 74(17), 2157-2184.

Casal, C., Vilchez, C., Forjan, E., & De la Morena, B. A. (2008, March). The absence of UV-radiation delays the strawberry ripening but increases the final productivity, not altering the main fruit nutritional properties. In *VI International Strawberry Symposium 842* (pp. 159-162).

Cascone, S., Ingrao, C., Valenti, F., & Porto, S. M. (2020). Energy and environmental assessment of plastic granule production from recycled greenhouse covering films in a circular economy perspective. *Journal of environmental management*, 254, 109796.

Castilla, N. (2013). *Greenhouse technology and management*. Cabi.

Cerdá, B., Tomás-Barberán, F. A., & Espín, J. C. (2005). Metabolism of antioxidant and chemopreventive ellagitannins from strawberries, raspberries,

walnuts, and oak-aged wine in humans: identification of biomarkers and individual variability. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(2), 227-235.

Choab, N., Allouhi, A., El Maakoul, A., Kousksou, T., Saadeddine, S., & Jamil, A. (2019). Review on greenhouse microclimate and application: Design parameters, thermal modeling and simulation, climate controlling technologies. *Solar Energy*, 191, 109-137.

Chrtková, A. (1990). Cucurbitaceae Juss.–dýòovitè. *Kvìtena^ eské republiky*, 2.

Darnell, R. L., Cantliffe, D. J., Kirschbaum, D. S., & Chandler, C. K. (2003). The physiology of flowering in strawberry. *Hortic. Rev*, 28, 325-349.

Dehbi, A., & Mourad, A. H. I. (2016). Durability of mono-layer versus tri-layers LDPE films used as greenhouse cover: Comparative study. *Arabian Journal of Chemistry*, 9, S282-S289.

Derebe, A. D., Roro, A. G., Asfaw, B. T., Ayele, W. W., & Hvoslef-Eide, A. K. (2019). Effects of solar UV-B radiation exclusion on physiology, growth and yields of taro (*Colocasia esculenta* (L.)) at different altitudes in tropical environments of Southern Ethiopia. *Scientia Horticulturae*, 256, 108563.

Dilara, P. A., & Briassoulis, D. (1998). Standard testing methods for mechanical properties and degradation of low density polyethylene (LDPE) films used as greenhouse covering materials: a critical evaluation. *Polymer testing*, 17(8), 549-585.

Duran, I. R., & Laroche, G. (2019). Current trends, challenges, and perspectives of anti-fogging technology: Surface and material design, fabrication strategies, and beyond. *Progress in Materials Science*, 99, 106-186.

El Afou, Y., Msaad, A. A., Kousksou, T., & Mahdaoui, M. (2015, December). Predictive control of temperature under greenhouse using LQG strategy. In *2015 3rd International Renewable and Sustainable Energy Conference (IRSEC)* (pp. 1-5). IEEE.

Elfadly, E., Abd El-Aal, H., Rizk, A., & Sobeih, W. (2016, May). Ambient UV manipulation in greenhouses: plant responses and insect pest management in cucumber. In *VIII International Symposium on Light in Horticulture 1134* (pp. 343-350).

Emekli, N. Y., Büyüktaş, K., & Başçetinçelik, A. (2016). Changes of the light transmittance of the LDPE films during the service life for greenhouse application. *Journal of Building Engineering*, 6, 126-132.

Espi, E., Salmeron, A., Fontecha, A., García, Y., & Real, A. I. (2006). Plastic films for agricultural applications. *Journal of Plastic Film & Sheeting*, 22(2), 85-102.

Eum, H. L., Hwang, D. K., & Lee, S. K. (2009). Nitric oxide reduced chlorophyll degradation in broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) florets during senescence. *Food Science and Technology International*, 15(3), 223-228.

FAOSTAT, "Statistical database (online) of Food and Agriculture Organization of the United Nations," <http://faostat.fao.org/>, 2008.

Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2018. FAOSTAT database. <http://faostat.fao.org/> (Πρόσβαση στις 5 Απριλίου 2020).

Ghoulem, M., El Moueddeb, K., Nehdi, E., Boukhanouf, R., & Calautit, J. K. (2019). Greenhouse design and cooling technologies for sustainable food cultivation in hot climates: Review of current practice and future status. *Biosystems Engineering*, 183, 121-150.

Giampieri, F., Alvarez-Suarez, J. M., & Battino, M. (2014). Strawberry and human health: Effects beyond antioxidant activity. *Journal of agricultural and food chemistry*, 62(18), 3867-3876.

Giampieri, F., Alvarez-Suarez, J. M., Mazzoni, L., Romandini, S., Bompadre, S., Diamanti, J., ... & Tulipani, S. (2013). The potential impact of strawberry on human health. *Natural product research*, 27(4-5), 448-455.

Giampieri, F., Alvarez-Suarez, J. M., Tulipani, S., Gonzàles-Paramàs, A. M., Santos-Buelga, C., Bompadre, S., ... & Battino, M. (2012). Photoprotective potential of strawberry (*Fragaria× ananassa*) extract against UV-A irradiation damage on human fibroblasts. *Journal of agricultural and food chemistry*, 60(9), 2322-2327.

Giampieri, F., Tulipani, S., Alvarez-Suarez, J. M., Quiles, J. L., Mezzetti, B., & Battino, M. (2012). The strawberry: composition, nutritional quality, and impact on human health. *Nutrition*, 28(1), 9-19.

Grubben, G. J. H., & Denton, O. A. (2004). Plant resources of tropical Africa 2. Vegetables. *Plant resources of tropical Africa 2. Vegetables*.

Gutridge, C., G. (1969). *Fragaria*. p. 247-267. In: Evans, L. T. (e.d.) (1969). *The induction of flowering. Some case histories*. Macmillan, Melbourne, Australia (cited by Maas and Cathey, 1987).

Hancock, J. F. (1999). *Strawberries*. CABI. New York.

Hong, S. J., Yeoung, Y. R., & Eum, H. L. (2018). Phytochemical composition of everbearing strawberries and storage quality of strawberry fruit treated by precooling. *Food science and biotechnology*, 27(6), 1675-1683.

Huang, W. Y., Zhang, H. C., Liu, W. X., & Li, C. Y. (2012). Survey of antioxidant capacity and phenolic composition of blueberry, blackberry, and



strawberry in Nanjing. *Journal of Zhejiang University Science B*, 13(2), 94-102.

ISO 20473:2007 (2007). Optics and Photonics Spectral Bands. Standard, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

Jeffrey, C. (2005). A new system of Cucurbitaceae. *Botanicheskii Zhurnal* 90:332–335.

Josuttis, M., Dietrich, H., Treutter, D., Will, F., Linnemannstöns, L., & Krüger, E. (2010). Solar UVB response of bioactives in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch. L.): a comparison of protected and open-field cultivation. *Journal of agricultural and food chemistry*, 58(24), 12692-12702.

Kirkbride, J. H. (1993). *Biosystematic monograph of the genus Cucumis (Cucurbitaceae): botanical identification of cucumbers and melons*. Parkway Publishers, Inc..

Kittas, C., & Baille, A. (1998). Determination of the spectral properties of several greenhouse cover materials and evaluation of specific parameters related to plant response. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 71(2), 193-202.

Klimesch, R., Littmann, D., & Mähling, F. O. (2001). Polyethylene: High-pressure.

Kolb, C. A., Käser, M. A., Kopecký, J., Zotz, G., Riederer, M., & Pfündel, E. E. (2001). Effects of natural intensities of visible and ultraviolet radiation on epidermal ultraviolet screening and photosynthesis in grape leaves. *Plant physiology*, 127(3), 863-875.

Kolb, C. A., Kopecký, J., Riederer, M., & Pfündel, E. E. (2003). UV screening by phenolics in berries of grapevine (*Vitis vinifera*). *Functional plant biology*, 30(12), 1177-1186.

Kosińska-Cagnazzo, A., Diering, S., Prim, D., & Andlauer, W. (2015). Identification of bioaccessible and uptaken phenolic compounds from strawberry fruits in in vitro digestion/Caco-2 absorption model. *Food chemistry*, 170, 288-294.

Krause, G. H., Schmude, C., Garden, H., Koroleva, O. Y., & Winter, K. (1999). Effects of solar ultraviolet radiation on the potential efficiency of photosystem II in leaves of tropical plants. *Plant Physiology*, 121(4), 1349-1358.

Křístková, E., Lebeda, A., Vinter, V., & Blahoušek, O. (2003). Genetic resources of the genus Cucumis and their morphological description (English-Czech)

Krizek, D. T., Britz, S. J., & 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. *Physiologia Plantarum*, 103(1), 1-7.

Krizek, D. T., Mirecki, R. M., & Britz, S. J. (1997). Inhibitory effects of ambient levels of solar UV- A and UV- B radiation on growth of cucumber. *Physiologia Plantarum*, 100(4), 886-893.

Kuchi, V. S., & Sharavani, C. S. R. (2019). Fruit physiology and postharvest management of strawberry. In *Strawberry*. IntechOpen.

Lamnatou, C., & Chemisana, D. (2013). Solar radiation manipulations and their role in greenhouse claddings: Fresnel lenses, NIR-and UV-blocking materials. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 18, 271-287.

Lamnatou, C., & Chemisana, D. (2013). Solar radiation manipulations and their role in greenhouse claddings: Fluorescent solar concentrators, photoselective and other materials. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 27, 175-190.

Lamont, W. J. (2009). Overview of the use of high tunnels worldwide. *HortTechnology*, 19(1), 25-29.

Liu, H., Jiao, J., Liang, X., Liu, J., Meng, H., Chen, S., Li, Y., & Cheng, Z. (2016). Map-based cloning, identification and characterization of the w gene controlling white immature fruit color in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Theoretical and Applied Genetics*, 129(7), 1247-1256.

Lukyanchuk, I. V., & Zhbanova, E. V. (2017). Biologically active complex of strawberry fruit. *Fruitgrowing: Collectipon of scientific papers. Minsk: Belaruskaya navuka*, 29, 150-9.

Malone, N. (Ed.). (2014). *Strawberries: Cultivation, Antioxidant Properties and Health Benefits*. Nova Publishers.

Mavrogiannopoulos, G.N. (2001). *Greenhouses*. 3rd Edition. Stamoulis Publications, Athens, (in Greek).

Olas, B. (2018). Berry phenolic antioxidants—implications for human health?. *Frontiers in pharmacology*, 9, 78.

Ordidge, M., García- Macías, P., Battey, N. H., Gordon, M. H., John, P., Lovegrove, J. A., ... & Hadley, P. (2012). Development of colour and firmness in strawberry crops is UV light sensitive, but colour is not a good predictor of several quality parameters. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(8), 1597-1604.

Pandiyaraj, K. N., Kumar, A. A., RamKumar, M. C., Deshmukh, R. R., Bendavid, A., Su, P. G., ... & Gopinath, P. (2016). Effect of cold atmospheric pressure plasma gas composition on the surface and cyto-compatible properties of low density polyethylene (LDPE) films. *Current Applied Physics*, 16(7), 784-792.

Papadopoulos, A. P., & Hao, X. (1997). Effects of three greenhouse cover materials on tomato growth, productivity, and energy use. *Scientia Horticulturae*, 70(2-3), 165-178.

Precisa, 2021. <https://www.precisa.com/> (Πρόσβαση στις 1 Μαΐου 2022).

Rahman, M., Rahman, M., & Islam, T. (2019). Improving Yield and Antioxidant Properties of Strawberries by Utilizing Microbes and Natural Products. In *Strawberry-Pre-and Post-Harvest Management Techniques for Higher Fruit Quality*. IntechOpen.

Raviv, M., & Antignus, Y. (2004). UV radiation effects on pathogens and insect pests of greenhouse-grown crops. *Photochemistry and Photobiology*, 79(3), 219-226.

Raypa, 2017. <https://www.raypa.com/> (Πρόσβαση στις 1 Μαΐου 2022).

Roleira, F. M., Tavares-da-Silva, E. J., Varela, C. L., Costa, S. C., Silva, T., Garrido, J., & Borges, F. (2015). Plant derived and dietary phenolic antioxidants: Anticancer properties. *Food Chemistry*, 183, 235-258.

Rubatzky, V. E., & Yamaguchi, M. (1997). World vegetables principles, production, and nutritive values. *Fruits*, 5(51), 381.

Scarascia-Mugnozza, G., Sica, C., & Russo, G. (2011). Plastic materials in European agriculture: actual use and perspectives. *Journal of Agricultural Engineering*, 42(3), 15-28.

Schaefer, H., Heibl, C., & Renner, S. S. (2009). Gourds afloat: a dated phylogeny reveals an Asian origin of the gourd family (Cucurbitaceae) and numerous oversea dispersal events. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 276(1658), 843-851.

Seelig, R. A. (1975). *Fruit and vegetable facts and pointers* (3rd ed.). United Fresh fruit and veget. Assoc., Washington (cited by Anagnostou, 1993).

Seven, S. A., Tastan, Ö. F., Tas, C. E., Ünal, H., Ince, I. A., & Menciloglu, Y. Z. (2019). Insecticide-releasing LLDPE films as greenhouse cover materials. *Materials Today Communications*, *19*, 170-176.

Shahak, Y., Gal, E., Offir, Y., & Ben-Yakir, D. (2008, October). Photosensitive shade netting integrated with greenhouse technologies for improved performance of vegetable and ornamental crops. In *International Workshop on Greenhouse Environmental Control and Crop Production in Semi-Arid Regions 797* (pp. 75-80).

Shanmugam, S., Monis, S. A., Roy, N., Sruthi, D., Sangamithra, A., & John, S. G. (2017). Effect of antioxidants and dietary fiber from apple and strawberries on value addition into mutton patties. *The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati. Fascicle VI-Food Technology*, *41*(1), 95-105.

Solaiman, A. H. M., Nishizawa, T., Arefin, S. A., Rahman, M. M., Sarkar, M. D., & Shahjahan, M. (2015). The influence of partial UV-blocking films in the insect infestation and in the growth of broccoli and turnip seedlings. *Br. J. Appl. Sci. Technol*, *13*, 1-11.

Sotiroudis, G., Melliou, E., Sotiroudis, T. G., & Chinou, I. (2010). Chemical analysis, antioxidant and antimicrobial activity of three Greek cucumber (*Cucumis sativus*) cultivars. *Journal of Food Biochemistry*, *34*, 61-78.

Tatlioglu, T. (1993). Cucumber: *Cucumis sativus* L. In *Genetic improvement of vegetable crops* (pp. 197-234). Pergamon.

Tsormpatsidis, E., Henbest, R. G. C., Davis, F. J., Battey, N. H., Hadley, P., & Wagstaffe, A. (2008). UV irradiance as a major influence on growth, development and secondary products of commercial importance in Lollo

Rosso lettuce 'Revolution' grown under polyethylene films. *Environmental and Experimental Botany*, 63(1-3), 232-239.

Tsormpatsidis, E., Ordidge, M., Henbest, R. G., Wagstaffe, A., Battey, N. H., & Hadley, P. (2011). Harvesting fruit of equivalent chronological age and fruit position shows individual effects of UV radiation on aspects of the strawberry ripening process. *Environmental and Experimental Botany*, 74, 178-185.

Tulipani, S., Mezzetti, B., Capocasa, F., Bompadre, S., Beekwilder, J., De Vos, C. R., ... & Battino, M. (2008). Antioxidants, phenolic compounds, and nutritional quality of different strawberry genotypes. *Journal of Agricultural and Food chemistry*, 56(3), 696-704.

Tulipani, S., Romandini, S., Suarez, J. M. A., Capocasa, F., Mezzetti, B., Battino, M., ... & Novembrino, C. (2008). Folate content in different strawberry genotypes and folate status in healthy subjects after strawberry consumption. *Biofactors*, 34(1), 47-55.

United States Department of Agriculture, 2019. FoodData Central. <https://fdc.nal.usda.gov/> (Πρόσβαση στις 25 Απριλίου 2020).

Valcárcel, J. V., Peiró, R. M., Pérez-de-Castro, A., & Díez, M. J. (2018). Morphological characterization of the cucumber (*Cucumis sativus* L.) collection of the COMAV's Genebank. *Genetic resources and crop evolution*, 65(4), 1293-1306.

Von Elsner, B., Briassoulis, D., Waaijenberg, D., Mistriotis, A., Von Zabeltitz, C., Gratraud, J., ... & Suay-Cortes, R. (2000). Review of structural and functional characteristics of greenhouses in European Union countries: Part I, design requirements. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 75(1), 1-16.

Wang, S. Y. (2012). Antioxidants and health benefits of Strawberries. In *VII International Strawberry Symposium 1049* (pp. 49-62).

Wang, Y. H., Joobeur, T., Dean, R. A., & Staub, J. E. (2007). Cucurbits-Genome Mapping and Molecular Breeding in Plants 5. *Vegetables* 375.

Woya, A. A., Roro, A. G., Terfa, M. T., Asfaw, B. T., & Olango, T. M. (2020). Interactive Effect of Solar UV-B Radiation and Planting Density on Sucker Development and Physiology of Enset (*Ensete ventricosum*) Variety-Entada

Xu, Y., Charles, M. T., Luo, Z., Mimee, B., Tong, Z., Véronneau, P. Y., ... & Rolland, D. (2019). Ultraviolet- C priming of strawberry leaves against subsequent *Mycosphaerella fragariae* infection involves the action of reactive oxygen species, plant hormones, and terpenes. *Plant, cell & environment*, *42*(3), 815-831.

Yagoubi, W., Abdelhafidi, A., Sebaa, M., & Chabira, S. F. (2015). Identification of carbonyl species of weathered LDPE films by curve fitting and derivative analysis of IR spectra. *Polymer Testing*, *44*, 37-48.

Yang, D., Chen, J., Zhou, Y., Chen, X., Chen, X., & Cao, X. (2017). Mapping plastic greenhouse with medium spatial resolution satellite data: Development of a new spectral index. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, *128*, 47-60.

Yano, A., & Cossu, M. (2019). Energy sustainable greenhouse crop cultivation using photovoltaic technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *109*, 116-137.

Yunusa, A. K., Dandago, M. A., Abdullahi, N., Rilwan, A., & Barde, A. (2018). Total Phenolic Content and Antioxidant Capacity of Different Parts of Cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Acta Universitatis Cibiniensis. Series E: Food Technology*, *22*(2), 13-20.

Zahedipour-Sheshglani, P., & Asghari, M. (2020). Impact of foliar spray with 24-epibrassinolide on yield, quality, ripening physiology and productivity of the strawberry. *Scientia Horticulturae*, 268, 109376.

Zhang, C., Pratap, A. S., Natarajan, S., Pugalendhi, L., Kikuchi, S., Sassa, H., ... & Koba, T. (2012). Evaluation of morphological and molecular diversity among South Asian germplasms of *Cucumis sativus* and *Cucumis melo*. *ISRN Agronomy*, 2012.

## **6.2. Ελληνική βιβλιογραφία**

ΕΛΣΤΑΤ. (2019). Διάρθρωση της αγροτικής παραγωγής και σύνολο καλλιεργούμενων εκτάσεων. *Ελληνική Στατιστική Αρχή*. Ανακτήθηκε 5 Απριλίου 2020 από: <http://www.minagric.gr/>

Μπλέτσιος Φώτιος Α. 2012, Πρακτική Λαχανοκομία & Παραδοσιακές Ποικιλίες, Εκδόσεις Ζήτη.

Παρασκευοπούλου-Παρούση, Γ. (1996). *Παράγοντες που επηρεάζουν την πρωϊμότητα, απόδοση, ποιότητα και συντηρησιμότητα της φράουλας που παράγεται εκτός εποχής* (Doctoral dissertation, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ). Σχολή Γεωτεχνικών Επιστημών. Τμήμα Γεωπονίας. Τομέας Φυτικής Παραγωγής).