

**ΕΛΛΗΝΙΚΟ
ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ**



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**«ΠΡΟΤΑΣΗ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ ΜΕ
ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΝ ΑΓΡΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ
ΦΙΛΤΡΩΝ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΕ ΥΛΙΚΑ ΚΑΛΥΨΗΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ»**

ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ ΛΥΜΠΕΡΟΠΟΥΛΟΣ

ΜΑΡΤΙΟΣ 2020

ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ ΤΡΙΜΕΛΟΥΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ

ΜΑΡΑΓΚΑΚΗ ΑΓΓΕΛΙΚΗ

ΣΑΜΠΑΘΙΑΝΑΚΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΤΣΟΡΑΓΛΟΣ ΠΑΝΤΕΛΗΣ

**ΤΟ ΕΡΓΟ ΑΥΤΟ ΥΛΟΠΟΙΗΘΗΚΕ ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΟΥ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ**

<

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	3
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	5
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
1.1 ΤΟ ΜΑΡΟΥΛΙ	7
1.1.1 ΒΟΤΑΝΙΚΑ ΚΑΙ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ	8
1.1.2 ΒΑΣΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ	9
1.2 ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΕΚΤΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ	10
1.3 ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ	10
1.4 ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΛΥΨΗΣ.....	11
1.5 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΠΛΑΣΤΙΚΩΝ ΦΥΛΛΩΝ	12
1.6 ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ	12
1.7 ΣΚΟΠΟΙ ΤΗΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑ.....	17
2 ΥΛΙΚΑ	18
2.1 ΤΟΠΟΣ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ.....	18
2.2 ΦΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΦΡΟΝΤΙΔΕΣ.....	18
2.3 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ	18
2.4 ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ.....	21
3 ΜΕΘΟΔΟΙ	23
3.1 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	23
3.2 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.....	24
4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	25
4.1 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΦΥΛΛΩΝ ΚΑΛΥΨΗΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΣΤΟΝ ΑΡΙΘΜΟ ΤΩΝ ΦΥΛΛΩΝ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ.....	25
4.2 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΦΥΛΛΩΝ ΚΑΛΥΨΗΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΣΤΟ ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ	26
4.3 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΦΥΛΛΩΝ ΚΑΛΥΨΗΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΣΤΟ ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ	27
4.4 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΦΥΛΛΩΝ ΚΑΛΥΨΗΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΣΤΟ ΒΑΡΟΣ ΦΥΤΟΥ ΚΑΙ ΣΤΟ ΜΗΚΟΣ ΚΑΙ ΒΑΡΟΣ ΡΙΖΩΝ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ	28

5	ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	29
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	31

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η κατασκευή θερμοκηπιακών εγκαταστάσεων για την παραγωγή λαχανικών, πραγματοποιείται για τον έλεγχο των κλιματολογικών συνθηκών γύρω από την καλλιέργεια. Ειδικότερα με τη χρήση των θερμοκηπίων κατορθώνεται ο έλεγχος τόσο της θερμοκρασίας όσο και της υγρασίας του αέρα. Ο έλεγχος των ανωτέρω παραμέτρων μπορεί να επιτευχτεί είτε άμεσα με τη χρήση συστημάτων θέρμανσης και ψύξης, είτε έμμεσα με την χρήση ειδικών υλικών κάλυψης θερμοκηπίων, τα οποία επηρεάζουν την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας. Η χρήση των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης είναι μια άκρως αποτελεσματική μέθοδος αλλά και αρκετά δαπανηρή και πολλές φορές επιζήμια για το περιβάλλον. Για το λόγο αυτό υπάρχει μια ολοένα αυξανόμενη τάση, για τη δημιουργία νέων και πιο αποδοτικότερων υλικών κάλυψης των θερμοκηπίων (Papadopoulos and Hao, 1997).

Τα υλικά κάλυψης με υψηλό συντελεστή διαπερατότητας μπορεί να επιτρέψουν επαρκή ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια του χειμώνα, αλλά μπορεί να οδηγήσουν σε υπερθέρμανση κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, αυξάνοντας τις ανάγκες εξαερισμού και την κατανάλωση ενέργειας για μεθόδους ενεργού ψύξης. Αντίθετα, τα υλικά με χαμηλό συντελεστή περατότητας προστατεύουν τα φυτά από την υπερθέρμανση κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, αλλά μπορεί να αποτρέψουν επαρκή ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια του χειμώνα (Baxevanou et al., 2018). Έτσι η εξέλιξη της τεχνολογίας έχει οδηγήσει και στην εξέλιξη των υλικών κάλυψης με την προσθήκη ειδικών φίλτρων που επηρεάζουν την περατότητα αυτών στην ηλιακή ακτινοβολία και κατ' επέκταση την καλλιέργεια.

Σκοπός της παρούσας ερευνητικής εργασίας είναι η μελέτη της επίδρασης των φίλτρων ακτινοβολίας στα υλικά κάλυψης των θερμοκηπίων στην καλλιέργεια μαρουλιού. Ειδικότερα, η παρούσα μελέτη αποτελείται από δυο επιμέρους ενότητες: την εισαγωγή όπου λαμβάνει χώρα η βιβλιογραφική ανασκόπηση, η οποία εστιάζει στην επίδραση των παραγόντων που επηρεάζουν ορισμένα χαρακτηριστικά των υπό κάλυψη καλλιεργειών, και το ερευνητικό κομμάτι του παρόντος πειράματος και των συμπερασμάτων.

Για την πραγματοποίηση της παρούσας εργασίας έγινε χρήση κλωβών προσομοίωσης θερμοκηπίων, κάλυψη αυτών με τα υπό εξέταση υλικά κάλυψης καθώς και η τοποθέτηση

σάκων καλλιέργεια φυτών και η καλλιέργεια των φυτών με τη μέθοδο της υδροπονίας. Η καλλιέργεια που επιλέχθηκε για την περάτωση του πειράματος ήταν αυτή του μαρουλιού, ενώ οι μετρήσεις που έλαβαν χώρα αφορούσαν την μέτρηση της χλωροφύλλης, τον αριθμό των φύλλων, το νερό και ξηρό βάρος των φύλλων και των ριζών καθώς και το μήκος των ριζών.

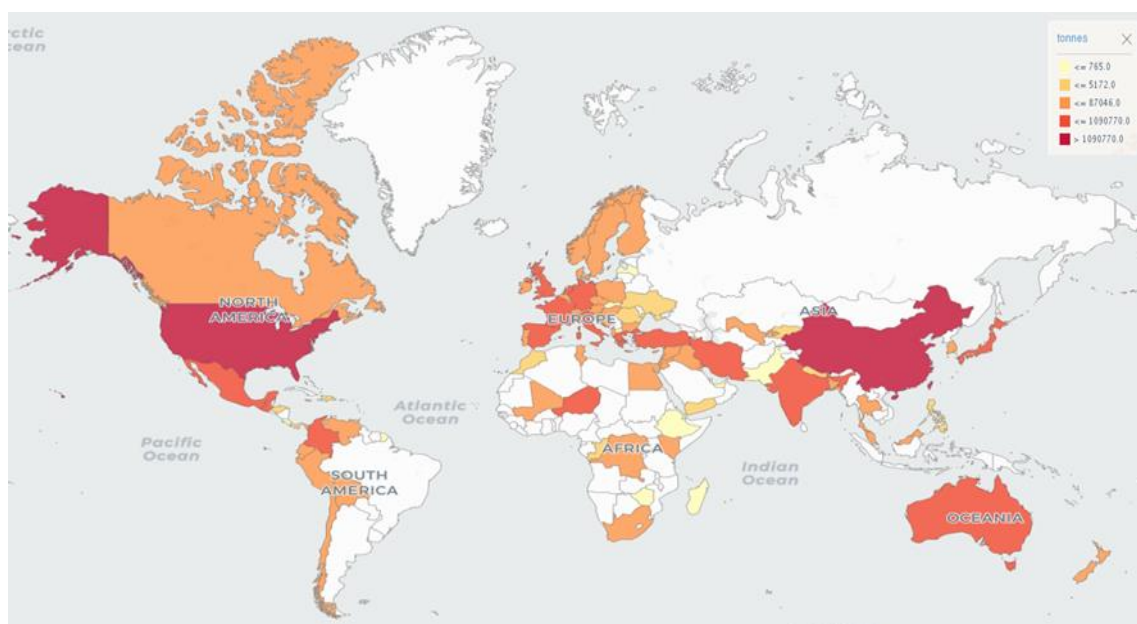
Λέξεις - Κλειδιά: Μαρούλι, θερμοκήπιο, χλωροφύλλες, φίλτρα ακτινοβολίας, υλικά κάλυψης

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Το Μαρούλι

Το μαρούλι είναι ένα φυλλώδες λαχανικό, που καταναλώνεται είτε σε νωπή κατάσταση, είτε μαγειρεμένο. Είναι γνωστό για την γευστικότητά του και την υψηλή διατροφική του αξία, καθώς είναι πλούσιο σε βιταμίνες Β, C, E και Κ, αλλά και σε ανόργανα θρεπτικά στοιχεία, όπως το κάλιο, το μαγνήσιο, ο φώσφορος και ο σίδηρος.

Τα ιστορικά δεδομένα δείχνουν πως οι αρχαίοι Αιγύπτιοι διέδωσαν την καλλιέργεια του μαρουλιού στους αρχαίους Έλληνες και εκείνοι με τη σειρά τους στους Ρωμαίους. Στη συνέχεια η κεντρική και βόρεια Ευρώπη γνώρισε την συγκεκριμένη καλλιέργεια κατά την εποχή του Καρλομάγνου, γύρω στο 800 μ.Χ. Αξιοσημείωτο είναι πως υπάρχουν κείμενα της εποχής του Λουδοβίκου του 14^{ου}, τα οποία αναφέρουν πως στο βασιλικό τραπέζι σερβίρονταν μαρούλι ακόμα και τον μήνα Ιανουάριο, γεγονός που υποδεικνύει την καλλιέργεια του μαρουλιού υπό κάλυψη (Σάββας 2013). Σήμερα το μαρούλι καλλιεργείται σε αρκετά κράτη, όπως φαίνεται και στην εικόνα 1 που ακολουθεί, καθώς η καλλιέργεια λαμβάνει χώρα τόσο σε συνθήκες υπαίθρου, όσο και υπό κάλυψη.



Εικόνα 1: Παγκόσμια παραγωγή μαρουλιού. Πηγή: faostat

1.1.1 Βοτανικά και μορφολογικά χαρακτηριστικά μαρουλιού

Η βοτανική ονομασία του καλλιεργούμενου μαρουλιού είναι *Lactuca sativa* L. και ανήκει σε μία από τις πολυπληθέστερες οικογένειες των αστεροειδών ή σύνθετων (Compositae ή Asteraceae). Πρόγονος του καλλιεργούμενου μαρουλιού είναι το αγριομάρουλο (*Lactuca serriola*).

Το μαρούλι είναι ετήσιο ποώδες φυτό ψυχρής εποχής και η διάρκεια της καλλιέργειάς του κυμαίνεται από 1-4 μήνες, ανάλογα την ποικιλία και τη μέση θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Η ρίζα του μαρουλιού αναπτύσσεται σε μικρό βάθος και το ριζικό του σύστημα χαρακτηρίζεται ως θυσσανώδες.

Ο βλαστός του μαρουλιού αρχικά είναι υποτυπώδης και πάνω του εκπτύσσονται τα φύλλα σε εναλλασσόμενη διάταξη, σχηματίζοντας ρόδακα. Κατά το στάδιο του ρόδακα στα φύλλα δεν παρατηρείται διακριτός μίσχος. Έπειτα ακολουθεί το αναπαραγωγικό στάδιο, κατά το οποίο ο βλαστός επιμηκύνεται και σχηματίζεται το ανθικό στέλεχος.

Τα άνθη είναι ερμαφρόδιτα, μικρά με κίτρινο χρώμα και φέρονται σε ταξιανθίες με περίπου 20 άνθη ανά ταξιανθία. Ο καρπός είναι αχάινιο με έναν σπόρο ανά καρπό. Ο σπόρος είναι επιμήκης με μήκος 4 mm.

Το μαρούλι συγκομίζεται όταν ολοκληρωθεί το στάδιο του ρόδακα, κατά το οποίο τα φυτά έχουν αποκτήσει εμπορεύσιμο μέγεθος, ανάλογα τον τύπο και την ποικιλία του μαρουλιού.

1.1.2 Βασικοί τύποι μαρουλιού

Το μαρούλι, ανάλογα τη μορφή του κατά την ολοκλήρωση του σταδίου του ρόδακα, διαχωρίζεται σε 4 βασικούς τύπους, αν και μερικές φορές αναφέρεται και ως πέμπτος τύπος το Stem lettuce.

- Romaine: Είναι ο πιο διαδεδομένος τύπος μαρουλιού στην Ελλάδα, καθώς δεν αφήνει πικρή γεύση και έχει τραγανή υφή. Το φυτό έχει χαρακτηριστικό μακρόστενο σχήμα με στενά επιμήκη φύλλα.
- Butterhead: Αναφέρεται ως γαλλική σαλάτα ή αλλιώς βουτυροκέφαλο, λόγω της ελαιώδους υφής των εσωτερικών φύλλων. Τα φύλλα έχουν σχεδόν στρογγυλό σχήμα, είναι μαλακά και τρυφερά.
- Iceberg: Τα φύλλα συγκλίνουν και κατά την ολοκλήρωση του σταδίου του ρόδακα σχηματίζεται σφικτή κεφαλή, γι' αυτό άλλωστε αναφέρονται ως κεφαλωτά μαρούλια.
- Loose leaf lettuce: Αυτός ο τύπος μαρουλιού δεν σχηματίζει κεφαλή, αλλά αποτελείται από χαλαρά φύλλα, πράσινου ή κόκκινου χρώματος. Σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν τα κατσαρά μαρούλια.
- Stem lettuce: Στην γλώσσα μας αποκαλείται σπαραγγόμορφο μαρούλι, καθώς το κύριο βρώσιμο τμήμα του είναι ο κεντρικός βλαστός, σε νεαρό στάδιο ανάπτυξης. Το κινέζικο μαρούλι είναι αντιπροσωπευτικό δείγμα αυτής της κατηγορίας.

1.2 Καλλιέργειες εκτός εδάφους

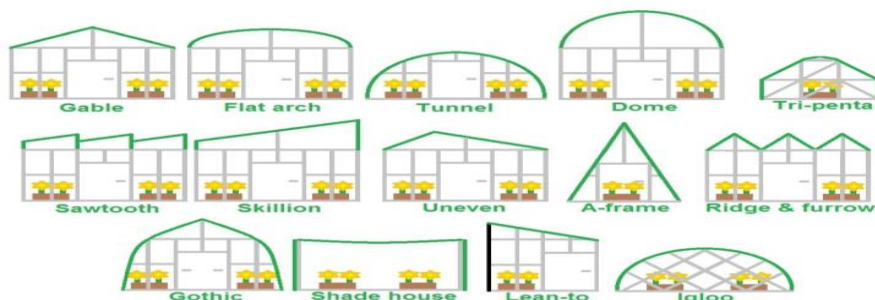
Με έναν γενικό όρο θα λέγαμε πως καλλιέργειες εκτός εδάφους ορίζονται αυτές οι οποίες δεν εξαρτώνται από το έδαφος της περιοχής όπου καλλιεργούνται.

Οι καλλιέργειες εκτός εδάφους κατηγοριοποιούνται σε υδροκαλλιέργειες και σε καλλιέργειες με υποστρώματα, ανάλογα με την ύπαρξη ή όχι στερεού μέσου στην περιοχή του ριζικού συστήματος, ωστόσο μπορούν να ταξινομηθούν και με κριτήριο τον τρόπο διαχείρισης των απορροών, σε ανοιχτά και κλειστά συστήματα. Οι δύο αρχικές κατηγορίες καλλιεργειών εκτός εδάφους, οι υδροκαλλιέργειες και αυτές με υποστρώματα, μπορούν να διαχωριστούν σε περαιτέρω κατηγορίες. Τα συστήματα υδροκαλλιέργειών διαχωρίζονται, ανάλογα την ανακύκλωση ή όχι του θρεπτικού διαλύματος, σε NFT και σύστημα επίπλευσης, αντίστοιχα, καθώς και σε αεροπονία. Ενώ τα συστήματα με υποστρώματα διαχωρίζονται ανάλογα τη χημική σύσταση των υποστρωμάτων, που χρησιμοποιούνται, σε ανόργανα και οργανικά υποστρώματα.

1.3 Θερμοκήπια

Για την κατασκευή ενός θερμοκηπίου, σοβαρά κριτήρια αποτελούν το είδος της καλλιέργειας και οι απαιτήσεις αυτής, καθώς και η γεωγραφική περιοχή και το μικροκλίμα, όπου θα τοποθετηθεί το θερμοκήπιο.

Από κατασκευαστικής πλευράς, τα θερμοκήπια διαφέρουν μεταξύ τους στο σχήμα και τις διαστάσεις της βασικής τους μονάδας, αλλά και στα υλικά του σκελετού και της κάλυψης. Ανάλογα το σχήμα τους διακρίνονται σε αμφίρρικτα ή τοξωτά, καθώς και σε παραλλαγές αυτών, όπως φαίνεται στην εικόνα 2. Όσο αφορά τα υλικά κατασκευής του σκελετού, αυτά διακρίνονται σε ξύλινα και μεταλλικά, όπως ο χάλυβας και το αλουμίνιο, ενώ τα υλικά κάλυψης των θερμοκηπιακών μονάδων μπορεί να είναι το γυαλί, τα σκληρά πλαστικά και τα μαλακά πλαστικά φύλλα.



Εικόνα 2. Διάφορα σχήματα θερμοκηπίων.

1.4 Βασικά χαρακτηριστικά υλικών κάλυψης

Κοινό χαρακτηριστικό των υλικών κάλυψης είναι η διαφάνεια, ωστόσο έχουν αρκετά διαφορετικά χαρακτηριστικά μεταξύ τους, τόσο ως προς τη φύση τους, αλλά και τις ιδιότητες που φέρουν.

Γυαλί: Έχει θεωρητικά άπειρη διάρκεια ζωής, με την έννοια ότι δεν θολώνει, όπως κάνουν τα πλαστικά. Επιπλέον, έχει μεγάλη περατότητα στη φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία (PAR). Η αύξηση της διάχυσης του φωτός επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση στην οροφή υαλοπινάκων, των οποίων η εσωτερική επιφάνεια είναι τραχιά, για να διαχέει το προσπίπτον φως, ενώ η εξωτερική πλευρά είναι λεία, για την αποφυγή επικάλυψης σκόνης. Στα αρνητικά του γυαλιού συγκαταλέγονται το υψηλό αρχικό κόστος εγκατάστασής του, αλλά και το μεγάλο βάρος του, το οποίο απαιτεί ενισχυμένο σκελετό, το οποίο με τη σειρά του ανεβάζει και άλλο το κόστος κατασκευής του θερμοκηπίου.

Σκληρά πλαστικά: Σε αυτήν την κατηγορία εντάσσονται το σκληρό πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC), το πολυμεθυλομεθακρυλικό πολυμερές (PMMA), ο ενισχυμένος πολυεστέρας και οι πολυκαρβονικές επιφάνειες. Τα σκληρά πλαστικά χαρακτηρίζονται από μεγάλη μηχανική αντοχή, κυρίως λόγω της ενίσχυσής τους με την προσθήκη διάφορων υλικών, γεγονός που προσφέρει μεγάλη προστασία από χαλαζόπτωση. Επίσης, είναι ελαφρύτερα από το γυαλί και φθηνότερα, με μοναδική εξαίρεση το PMMA, το οποίο έχει σημαντικά υψηλότερο κόστος από του γυαλιού. Στα αρνητικά των σκληρών πλαστικών είναι κατά κύριο λόγο η μικρότερη διάρκεια ζωής, συγκριτικά με το γυαλί, η οποία κυμαίνεται από 5 έως 15 χρόνια, ανάλογα τα επιπρόσθετα συντηρητικά που χρησιμοποιούνται.

Μαλακά πλαστικά φύλλα: Το μαλακό Πολυβινυλοχλωρίδιο, διάφορες προσμίξεις με βάση το αιθυλένιο, το πολυαιθυλένιο και ο πολυεστέρας είναι τα βασικά υλικά κατασκευής. Είναι εύκαμπτα, εύκολα στην τοποθέτηση και ελαφρύτερα από τα υλικά των δύο ανωτέρω κατηγοριών. Επιπλέον, ανάλογα τις πρόσθετες ουσίες που εμπεριέχουν επιτρέπουν μεγάλη περατότητα στο O₂ και το CO₂. Το μεγαλύτερό τους μειονέκτημα είναι η μικρή διάρκεια ζωής, η οποία κυμαίνεται από 1 έως 7 έτη το πολύ.

1.5 Ιδιότητες πλαστικών φύλλων

Στα σύγχρονα πλαστικά κάλυψης θερμοκηπίων μπορούν να προσδωθούν ιδιότητες, τέτοιες ώστε να βελτιώσουν ορισμένα από τα βασικά χαρακτηριστικά τους και κατά συνέπεια να έχουν θετική επίδραση στην εκάστοτε καλλιέργεια.

Η προσθήκη διάφορων υλών στα μαλακά πλαστικά φύλλα είναι ικανή να αυξήσει την αντοχή τους σε εφελκυσμό, σχίσιμο και κρούση και κατ' επέκταση στις καιρικές συνθήκες, όπως άνεμος, χαλάζι, χιονόπτωση. Επιπλέον, η πολυστρωματική τεχνολογία προσφέρει ιδιότητες, όπως ελαστικότητα, ανθεκτικότητα στην UV ακτινοβολία, ανθεκτικότητα στα φυτοφάρμακα και αποφυγή συσσώρευσης σκόνης, οι οποίες παρατείνουν τη διάρκεια ζωής των πλαστικών.

Τέλος, τα πλαστικά επηρεάζοντας το μικροκλίμα εντός του θερμοκηπίου μπορούν να εξασφαλίσουν συνθήκες κατάλληλες για τη βέλτιστη ανάπτυξη και απόδοση των φυτών. Ιδιότητες όπως η θερμομόνωση, η διαπερατότητα του φωτός, ο δροσισμός, η σκίαση, αλλά ακόμα και η διαχείριση της υγρασίας μέσω αντισταγονικών και αντιομιχλικών χαρακτηριστικών, μπορούν να επηρεάσουν θετικά την ανάπτυξη, την πρωιμότητα και ποιότητα της καλλιέργειας.

1.6 Ανασκόπηση βιβλιογραφίας

Η σωστή επιλογή του υλικού κάλυψης του θερμοκηπίου είναι απαραίτητη για την επιτυχία της προστατευόμενης καλλιέργειας και ως συνέπεια της παραγωγής. Οι σημαντικότερες επιθυμητές ιδιότητες των θερμοκηπιακών υλικών κάλυψης, πέρα των μηχανικών αντοχών, είναι η ποσότητα και η ποιότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που επιτρέπουν να εισέρχεται εντός της θερμοκηπιακής κατασκευής. Η βιομηχανία ενσωματώνει συνεχώς, τόσο στο γυαλί, όσο και στα πλαστικά υλικά κάλυψης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στις θερμοκηπιακές κατασκευές, διάφορα συστατικά, που αυξάνουν την αποδοτικότητα της χρήσης του φωτός. Ωστόσο, δεν υπάρχει υλικό κάλυψης που μπορεί να θεωρηθεί ιδανικό για όλες τις καλλιέργειες, λόγω των διαφορετικών αναγκών των τελευταίων. Ως εκ τούτου, ο καλλιεργητής πρέπει να επιλέξει το κατάλληλο υλικό κάλυψης, με τις βέλτιστες ιδιότητες, για τις ειδικές συνθήκες της καλλιέργειάς του. Διάφορες μελέτες που γίνονται, με τη σύγκριση εξελιγμένων υλικών κάλυψης, στοχεύουν στην διερεύνηση των αποτελεσμάτων των υλικών κάλυψης στην φυτική παραγωγή.

Σχετικά με την ποσότητα και την ποιότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που

προαναφέρθηκε ανωτέρω, αξίζει να γίνουν ορισμένες διευκρινίσεις.

Όσο αφορά την ποσότητα, πρέπει να σημειωθεί πως δεν εισέρχεται όλο το ποσοστό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας εντός της θερμοκηπιακής κατασκευής, καθώς τα διάφορα υλικά κάλυψης έχουν διαφορετικό συντελεστή διαπερατότητας φωτός. Παρότι η υψηλή διαπερατότητα φωτός είναι πολύ σημαντική για την ανάπτυξη των φυτών, όπως αναφέρουν οι Espi et al, (2006a) τα υλικά κάλυψης που προτιμώνται σε περιοχές όπως η λεκάνη της Μεσογείου, που το κλίμα χαρακτηρίζεται από μεγάλη ηλιοφάνεια, ελάχιστες βροχοπτώσεις και συννεφίες, είναι περισσότερο θολερά, εν συγκρίση με αυτά που προτιμώνται σε περιοχές που διακρίνονται από χαμηλό ποσοστό ηλιόλουστων ημερών και μεγάλο ποσοστό συννεφιάς. Ωστόσο, μια μικρή μείωση της διαπερατότητας του φωτός δεν έχει πάντα αρνητικά αποτελέσματα. Σε έρευνά τους οι Wyzgolik et al (2008) αναφέρουν πως παρότι το υλικό κάλυψης με διαπερατότητα φωτός 86%, συγκριτικά με το υλικό κάλυψης που είχε διαπερατότητα φωτός 90%, σημείωσε αυξημένη επιμήκυνση των βλαστών πιπεριάς και φυλλικής επιφάνειας, αύξησε και την παραγωγή, χωρίς όμως να παρατηρηθούν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Επιπλέον, η διαπερατότητα του φωτός μειώνεται όταν στην εξωτερική πλευρά των υλικών κάλυψης των θερμοκηπίων συγκεντρώνεται σκόνη, αλλά και όταν στην εσωτερική επιφάνεια δημιουργούνται σταγόνες, λόγω συμπίκνωσης της υγρασίας κυρίως κατά τις πρώτες πρωινές και νυχτερινές ώρες. Αυτό επιβεβαιώνεται από τα αποτελέσματα της έρευνας των Mashonjowa et al (2010) τα οποία δείχνουν πως η συγκέντρωση σκόνης μπορεί να μειώσει την εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία κατά 14%, αλλά και της έρευνας των Geoola et al, (2004) όπου φάνηκε πως η διαπερατότητα της ηλιακής ακτινοβολίας ήταν αισθητά αυξημένη σε πλαστικά υλικά κάλυψης που είχαν αντι-σταγονικές ιδιότητες.

Ωστόσο, η ποσότητα της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας εντός του θερμοκηπίου, δεν επηρεάζεται μόνο από τη διαύγεια του ηλικού κάλυψης, αλλά και από τον βαθμό αντανάκλασής του. Είναι γνωστό πως όσο αυξάνεται ο βαθμός αντανάκλασης του φωτός που προσπίπτει σε μια επιφάνεια, τόσο μειώνεται η απορρόφησή του από αυτό.

Αναφορικά με την ποιότητα της ηλιακής ακτινοβολίας, κρίνεται χρήσιμο να τονιστεί πως από το ηλιακό φάσμα, μόνο το φάσμα ορατού φωτός είναι ευεργετικό για τους φυτικούς οργανισμούς, καθώς σε αυτό το μήκος λαμβάνει χώρα η διαδικασία της φωτοσύνθεσης. Όταν τα φυτά εκτεθούν σε μεγάλες ποσότητες μηκών κύματος του ηλιακού φάσματος, πέρα της φωτοσυνθετικά ενεργής ακτινοβολίας (PAR), οι επιπτώσεις τείνουν να είναι καταστροφικές.

Σύμφωνα με τους Runkle and Heins, (2001) ο περιορισμός της μπλέ ακτινοβολίας προωθεί την επιμήκυνση των μεσογονάτιων τμημάτων των φυτών και ο περιορισμός της μακρινής ερυθρής ακτινοβολίας (Far red) αναστέλλει την άνθιση.

Ενώ, όπως αναφέρουν οι Espi et al, (2006b) ο περιορισμός υπεριώδους ακτινοβολίας (UV), ειδικά μεταξύ 7 και 14 nm, που παρείχαν τα πλαστικά κάλυψης σε θερμοκηπιακή καλλιέργεια λαχανικών, είχε ως αποτέλεσμα την προώμιση της παραγωγής και την αύξηση της παραγωγής.

Εντούτοις, κρίνεται σκόπιμο να επισημανθεί πως τα υλικά κάλυψης, πέρα από τμήματα του ηλιακού φάσματος που συγκρατούν, έχουν την ικανότητα να ρυθμίζουν τον τρόπο κατανομής της ηλιακής ακτινοβολίας. Χωρίς να μειώνουν το ολικό επιτρεπόμενο φως, το διαχέουν με αποτέλεσμα την ομοιόμορφη κατανομή του φωτός, εντός του θερμοκηπίου και κατ' επέκταση την πρόληψη εγκαυμάτων στα ανώτερα φύλλα της καλλιέργειας και τη μείωση της σκίασης των κατώτερων σημείων των φυτών.

Από τα παραπάνω συνάγεται εύλογα το συμπέρασμα πως τα τελευταία χρόνια έχει σημειωθεί ραγδαία ανάπτυξη της βιομηχανίας των θερμοκηπιακών υλικών κάλυψης. Ωστόσο, αποφασιστικής σημασίας στην επιλογή του καλλιεργητή, κρίνεται η συμβολή των διάφορων ερευνών, που βασίζονται όχι μόνο στην επήρεια των υλικών κάλυψης στην παραγωγή αγροτικών προϊόντων, αλλά και στην συγκριτική μελέτη αυτών, η οποία αποσκοπεί στη παράθεση των βέλτιστων αποτελεσμάτων.

Την μελέτη της επίδρασης 3 θερμοκηπιακών υλικών κάλυψης παρουσίασαν οι Erhioui et al (2002) στην ανάπτυξη, στην προώμιση και στο ρυθμό της φωτοσυνθετικής ικανότητας καλλιέργειας τομάτας. Μικρών διαστάσεων θερμοκήπια καλύφθηκαν με απλό γυαλί, με δύο φύλλα πολυαιθυλενίου, όπου είχε γίνει εισαγωγή αέρα ανάμεσά τους και με άκαμπτο διπλό ακρυλικό πλαστικό. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως τα φυτά τομάτας που αναπτύχθηκαν στα 2 θερμοκήπια με τα πλαστικά υλικά κάλυψης είχαν μεγαλύτερο ύψος από τα φυτά του γυάλινου θερμοκηπίου. Ο αριθμός των φύλλων και των ανθέων ανά φυτό, όπως επίσης και η συνολική παραγωγή δεν σημείωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των φυτών των τριών θερμοκηπίων. Ωστόσο, στο γυάλινο θερμοκήπιο και στο θερμοκήπιο με φύλλα πολυαιθυλενίου παρατηρήθηκε πως σχηματίστηκαν καρποί πολύ μεγάλου μεγέθους συγκριτικά με το θερμοκήπιο που καλυπτόταν από σκληρά ακρυλικά φύλλα. Τέλος, η φωτοσυνθετική ικανότητα των φυτών των τριών θερμοκηπίων δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Οι Hao et al (2016) δοκίμασαν 3 ειδών πλαστικά υλικά κάλυψης, με ίδιο βαθμό διαπερατότητας, σε καλλιέργεια πιπεριάς και αγγουριού. Χρησιμοποίησαν κλωβούς προσομοίωσης θερμοκηπίων εφαρμόζοντας διπλής στρώσης φύλλα πολυαιθυλενίου, διπλής στρώσης φύλλα διάχυσης πολυαιθυλενίου και διπλής στρώσης φύλλα διάχυσης πολυκαρβονικά. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως δεν σημειώθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις μετρήσεις ύψους των φυτών της πιπεριάς, αλλά τα διπλής στρώσης φύλλα διάχυσης πολυαιθυλενίου επέδρασαν αρνητικά στο ύψος των φυτών αγγουριάς, συγκριτικά με τα άλλα δύο πλαστικά φύλλα. Όσο αφορά την παραγωγή τα διπλής στρώσης φύλλα διάχυσης πολυαιθυλενίου και στις δύο καλλιέργειες είχαν αρνητική επίπτωση, ενώ τα πολυκαρβονικά φύλλα αύξησαν την παραγωγή των καλλιεργειών.

Την επίδραση τριών ειδών πλαστικά υλικά κάλυψης, ίδιου βαθμού διαπερατότητας, μελέτησαν οι Petropoulos et al (2019), σε υδροπονική καλλιέργεια τομάτας, ποικιλίας ‘‘Ελπίδα’’. Στο πρώτο θερμοκήπιο εφαρμόστηκε ένα τριπλής στρώσης φύλλο πολυαιθυλενίου, μέτριας διάχυσης και 18% διαπερατότητας στην υπέρυθρη ακτινοβολία. Στο δεύτερο θερμοκήπιο χρησιμοποίησαν 2 χαμηλής διάχυσης πλαστικά φύλλα πολυαιθυλενίου τριών στρωμάτων, με εισαγωγή αέρα ανάμεσά τους, εκ των οποίων το εξωτερικό φύλλο είχε 50% διαπερατότητα υπέρυθρης ακτινοβολίας, ενώ το εσωτερικό 18%. Τέλος στο τρίτο θερμοκήπιο εφαρμόστηκαν 2 πολυαιθυλενιακά φύλλα, τεχνολογίας 7 στρώσεων, ενδιάμεσα των οποίων εισήχθει αέρας, όπως στο δεύτερο θερμοκήπιο. Από τα αποτελέσματα φάνηκε πως δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις μετρήσεις του ύψους των φυτών και το βάρος των καρπών, ανάμεσα στα τρία θερμοκήπια. Ωστόσο, στο πρώτο θερμοκήπιο η συνολική παραγωγή των φυτών ήταν αυξημένη, σημειώνοντας στατιστικά σημαντική διαφορά. Επιπλέον, στατιστικά σημαντικές διαφορές υπήρξαν και σε διάφορα χαρακτηριστικά των καρπών, όπως τα μεμονωμένα σάκχαρα και τα οργανικά οξέα.

Οι Kittas et al (2006) μελέτησαν την επίδραση χαμηλής πυκνότητας πολυαιθυλενικών φύλλων σε καλλιέργεια μελιτζάνας εκτός εδάφους. Τα πλαστικά φύλλα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν όλα τριών στρωμάτων, με αντι-ομιχλικές ιδιότητες και ίδιας διαπερατότητας στην υπέρυθρη ακτινοβολία. Οι διαφορές των πλαστικών ήταν στο ποσοστό διαπερατότητας της UV ακτινοβολίας. Έτσι σε τρία θερμοκήπια εφαρμόστηκαν πλαστικά φύλλα με 3%, 5% και 0% διαπερατότητα υπεριώδους φάσματος. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στις μετρήσεις του αριθμού των καρπών ανά φυτό και στον βάρος αυτών, στα τρία θερμοκήπια. Ωστόσο, παρατηρήθηκε πως στο

θερμοκήπιο που χρησιμοποιήθηκε το πλαστικό φύλλο με 0% διαπερατότητα, το μέσο βάρος των καρπών είχε στατιστικά αυξημένες διαφορές από αυτά των άλλων δύο θερμοκηπίων, ενώ το θερμοκήπιο με το πλαστικό φύλλο 3% διαπερατότητας προώθησε τους καρπούς μελιτζάνας.

Την επίδραση φωτοεπιλεκτικών πλαστικών κάλυψης, ως προς την μακρινή ερυθρή ακτινοβολία, σε καλλιέργεια μαρουλιού, μελέτησε ο Kleemann (2002) . Από τα αποτελέσματα της έρευνας φάνηκε πως τα φυτά μαρουλιού που αναπτύχθηκαν κάτω από το πλαστικό με τον περιορισμό του μακρινού ερυθρού φάσματος ήταν μικρότερα σε μέγεθος, είχαν λιγότερο πικρή γεύση, είχαν αυξημένο αριθμό φύλλων, τα φύλλα των φυτών δεν είχαν έντονα κάθετη θέση ανάπτυξης και υπήρχαν μικρά ποσοστά περιφερειακού καψίματος των φύλλων, συγκριτικά με τα φυτά μαρουλιού που είχαν αναπτυχθεί χωρίς κανέναν περιορισμό του ηλιακού φάσματος.

Εύλογα συμπεραίνει κανείς από τις ανωτέρω μελέτες πως καθώς η βιομηχανία που βασίζεται στην δημιουργία νέων θερμοκηπιακών υλικών κάλυψης συνεχώς αυξάνεται, αναγκαίο κρίνεται να αυξηθούν τόσο οι μελέτες που βασίζονται στα νεας τεχνολογίας υλικά, καθώς και οι έρευνες που στηρίζονται στις επιδράσεις αυτών στις διάφορες καλλιέργειες, με σκοπό την διευκόλυνση της επιλογής των καλλιεργητών.

1.7 Σκοποί της Πτυχιακής Εργασίας

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν η μελέτη της επίδρασης διαφόρων υλικών κάλυψης θερμοκηπίων στα αγρονομικά χαρακτηριστικά μιας ποικιλίας μαρουλιού. Για το σκοπό αυτό φυτά μαρουλιού καλλιεργήθηκαν σε τέσσερις διαφορετικές θερμοκηπιακές κατασκευές, στα οποία και μετρήθηκαν κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας χαρακτηριστικά των φυτών όπως είναι ο αριθμός των φύλλων, το ύψος των φυτών και η συγκέντρωση των χλωροφυλλών. Τέλος κατά τη συγκομιδή των μαρουλιών μετρήθηκαν κάποια χαρακτηριστικά όπως, το βάρος του υπέργειου τμήματος, το βάρος και το μήκος της ρίζας, ο αριθμός των φύλλων και ύψος των φυτών.

Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται γύρω από τους εξής άξονες:

- Την επίδραση διαφορετικών υλικών κάλυψης θερμοκηπίων στην καλλιέργεια μαρουλιού

2 ΥΛΙΚΑ

2.1 Τόπος διεξαγωγής του πειράματος

Η παρούσα ερευνητική εργασία πραγματοποιήθηκε στις θερμοκηπιακές εγκαταστάσεις του Αγροκτήματος της Σχολής Τεχνολογίας Γεωπονίας του ΤΕΙ Κρήτης. Όλες οι μετρήσεις και αναλύσεις που έλαβαν χώρα κατά τη διάρκεια του πειράματος έγιναν στο εργαστήριο.

2.2 Φυτικό υλικό και καλλιεργητικές φροντίδες

Για την περάτωση της παρούσας πτυχιακής εργασίας χρησιμοποιήθηκαν φυτά μαρουλιού της ποικιλίας.

Τα φυτά καλλιεργήθηκαν με τη μέθοδο της υδροπονίας και η καλλιέργεια των φυτών διήρκεσε δύο περίπου μήνες. Επίσης πρέπει να σημειωθεί ότι η βέλτιστη συνταγή θρέψης χρησιμοποιήθηκε για κάθε στάδιο ανάπτυξης.

2.3 Πειραματικό σχέδιο

Το πειραματικό σχέδιο που ακολουθήθηκε ήταν οι τυχαιοποιημένες πλήρεις ομάδες. Πιο συγκεκριμένα για την περάτωση της παρούσας έρευνας έγινε η χρήση τεσσάρων κλωβών προσομοίωσης θερμοκηπίων, ένα για κάθε υπό εξέταση νάιλον (εικόνα 4). Η κάλυψη των κλωβών πραγματοποιήθηκε από όλες τις πλευρές με τα υπό εξέταση πλαστικά κάλυψης, εκτός του βορεινού τμήματος (εικόνα 5,6). Επίσης στην ακάλυπτη πλευρά των κλωβών έγινε τοποθέτηση ενός ανοιγόμενου παραθύρου πρόσβασης.

Στο κάθε κλωβό τοποθετήθηκαν δυο growth bags με έξι σημεία φύτευσης στο καθένα, ενώ η τοποθέτηση συστήματος υδροπονίας τύπου (growth bags) έγινε σε πάγκους για την διευκόλυνση των εργασιών (εικόνα 3). Η κάθε επέμβαση αποτελούταν από τέσσερεις επαναλήψεις των τριών φυτών.



Εικόνα 3. Φυτά μαρουλιού που καλλιεργήθηκαν με τη μέθοδο της υδροπονίας.



Εικόνα 4. Κλωβός προσομοίωση θερμοκηπίου



Εικόνα 5. Κλωβός προσομοίωση θερμοκηπίου βορεινή πλευρά



Εικόνα 6. Κλωβός προσομοίωση θερμοκηπίου

2.4 Επεμβάσεις

Για την διεξαγωγή του παρόντος πειράματος χρησιμοποιήθηκαν τέσσερα διαφορετικά πολυστρωματικά φύλλα νάιλον θερμοκηπίου με βάση το πολυεθυλένιο, πάχους 150-180mic, τα οποία και αποτέλεσαν τις τέσσερις επεμβάσεις. Ειδικότερα οι τέσσερις επεμβάσεις που έλαβαν χώρα κατά τη διεξαγωγή του πειράματος ήταν οι εξής :

- A. Anti-reflection. Το φύλλο είναι πολύ καθαρό και αφήνει να περάσει το μέγιστο δυνατό ορατό φως με τη μικρότερη δυνατή αντανάκλαση. Χαρακτηριστικό του συγκεκριμένου νάιλον φύλλου είναι η μεγάλη περατότητα του στην ηλιακή ακτινοβολία και η μείωση του φαινόμενο του θαμπώματος.
- B. Μάρτυρας. Φύλλο με συμβατικές ιδιότητες.
- C. Φύλλο με ιδιότητα στην εσωτερική πλευρά, που μπορεί να αποδομεί ρύπους για να το κρατάει καθαρό.
- D. Φύλλο με ιδιότητα στην εξωτερική πλευρά, που μπορεί να αποδομεί ρύπους για να το κρατάει καθαρό. Το φύλλο C & D είναι ίδιο με τη διαφορά ότι έχουν μπει ανάποδα. Επειδή οι ρύποι και οι σκόνες κάθονται κυρίως στην εξωτερική πλευρά του φύλλου, το C είναι ο μάρτυρας για να δούμε αν λειτουργεί το D φύλλο και μένει πιο καθαρό ώστε να έχει καλύτερη παραγωγή.

Επίσης πρέπει να αναφερθούν και κάποιες επιπλέον πληροφορίες που αφορούν στην περατότητα των νάιλον, στην ηλιακή ακτινοβολία, που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα έρευνα. Στους παρακάτω πίνακες παρατίθενται το ποσοστό της περατότητας των διαφόρων υλικών κάλυψης που χρησιμοποιήθηκαν, όπως αυτά μετρήθηκαν από την εταιρεία Πλαστικά Κρήτης (πίνακας 1).

Πίνακας 1: Ποσοστό περατότητας των διαφόρων υλικών κάλυψης στην οροφή της θερμοκηπιακής κατασκευής.

Υλικό		Επάνω πλευρά θερμοκηπίου		
θερμοκηπίου		Εξωτερικά PAR	Εσωτερικά PAR	Ποσοστό περατότητας
	A	178	164	92%
	B	175	159	91%
	C	175	152	87%
	D	175	165	94%
Υλικό		Δυτική πλευρά		
θερμοκηπίου		Εξωτερικά PAR	Εσωτερικά PAR	Ποσοστό περατότητας
	A	130	105	81%
	B	104	101	86%
	C	123	80	77%
	D	118	102	83%
Υλικό		Ανατολική πλευρά		
θερμοκηπίου		Εξωτερικά PAR	Εσωτερικά PAR	Ποσοστό περατότητας
	A	123	100	81%
	B	104	92	88%
	C	121	90	74%
	D	101	84	83%

3 ΜΕΘΟΔΟΙ

3.1 Μετρήσεις

Κατά τη διάρκεια και στο τέλος της καλλιέργειας των φυτών του μαρουλιού πραγματοποιήθηκαν κάποιες μετρήσεις. Πιο συγκεκριμένα οι μετρήσεις γίνονταν κάθε επτά περίπου μέρες και ειδικότερα πραγματοποιήθηκαν κατά τις παρακάτω ημερομηνίες:

- 16-04-2019
- 24-04-2019
- 1-05-2019
- 8-05-2019
- 15-05-2019
- 22-05-2019
- 29-05-2019
- 4-06-2019

Οι μετρήσεις που έλαβαν χώρα κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας ήταν οι εξής:

- Ο αριθμός των φύλλων
- Το ύψος των φυτών
- Η συγκέντρωση των χλωροφυλλών

Από την άλλη πλευρά οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν κατά τη συγκομιδή των μαρουλιών ήταν οι εξής:

- Ο αριθμός των φύλων
- Το ύψος των φυτών
- Το βάρος των φυτών
- Το βάρος των ριζών
- Το μήκος των ριζών

3.2 Στατιστική ανάλυση

Πραγματοποιήθηκε ανάλυση διασποράς (ANOVA) ως μονοπαραγοντικό πείραμα. Οι σημαντικές διαφορές, όσον αφορά τις μετρούμενες μεταβλητές μεταξύ των επεμβάσεων, προσδιορίστηκαν σύμφωνα με τη δοκιμασία πολλαπλών μέσων του TUKEY HSD σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$. Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το στατιστικό πρόγραμμα JMP 8.

4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΦΥΛΛΩΝ ΚΑΛΥΨΗΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΣΤΟΝ ΑΡΙΘΜΟ ΤΩΝ ΦΥΛΛΩΝ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ

Από τα αποτελέσματα της παρούσας ερευνητικής εργασίας είναι διακριτή η επίδραση των διαφόρων υλικών κάλυψης θερμοκηπίου στην καλλιέργεια φυτών μαρουλιού.

Πιο συγκεκριμένα όπως φαίνεται και στο πίνακα 2, όπου παρουσιάζεται η επίδραση των υλικών στον αριθμό των φύλλων του μαρουλιού, το πλαστικό φύλλο D εμφανίζει το μεγαλύτερο αριθμό φύλλων διαφέροντας σημαντικά από τα φύλλα A και B που εμφανίζουν τις μικρότερες τιμές, ενώ δεν διαφέρει στατιστικώς σημαντικά από την επέμβαση με το φύλλο C. Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι το φύλλο D κατά τις πρώτες μετρήσεις, 17/4/2019 έως 1/5/2019, παρουσιάζει το μικρότερο αριθμό φύλλων κάτι που στην μέτρηση που έλαβε χώρα στις 8/5/2019 έπαψε να ισχύει έως και την 29/5/2019 όπου η συγκεκριμένη επέμβαση παρουσίασε τον υψηλότερο αριθμό φύλλων. Τέλος αξιοσημείωτος είναι και ο αριθμός αύξησης των φύλλων των μαρουλιών, κατά τις τελευταίες είκοσι ημέρες της καλλιέργειας των φυτών, όπου τα φυτά που καλλιεργούνται στο θερμοκήπιο D παρουσιάζουν μια σταθερή μεγάλη αύξηση.

Πίνακας 2: Επίδρασης διαφόρων φύλλων πολυαιθυλενίου στον αριθμό των φύλλων μαρουλιού.

Επέμβαση	Αριθμός φύλλων							
	17/4/19	24/4/19	1/5/19	8/5/19	15/5/19	22/5/19	29/5/19	4/6/19
A	5,93a	7,12a	8,39a	9,77a	12,97a	15,93a	21,02ab	26,04b
B	5,25ab	6,54ab	7,46ab	8,83a	13,39a	15,83a	19,98b	25,14b
C	5,41a	6,60ab	7,39ab	9,31a	12,43a	14,97a	20,12b	27,81ab
D	4,58b	5,64b	6,83b	8,70a	11,25a	18,68a	26,87a	34,70a

Μέσοι όροι εντός της ίδιας στήλης ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με τη δοκιμασία πολλαπλών μέσων του Tukey σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0.05$.

4.2 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΦΥΛΛΩΝ ΚΑΛΥΨΗΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΣΤΟ ΎΨΟΣ ΦΥΤΩΝ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ

Στον πίνακα 3 παρουσιάζεται η επίδραση των διαφόρων φύλλων πολυαιθυλενίου στο ύψος των φυτών του μαρουλιού. Στη μέτρηση αυτή παρατηρείται ότι τα φυτά που καλλιεργήθηκαν στο θερμοκήπιο το οποίο καλύφθηκε από το νάilon D απέκτησαν το μεγαλύτερο ύψος φυτού, διαφέροντας στατιστικά σημαντικά από τα φυτά που μεγάλωσαν κάτω από την επίδραση των υπόλοιπων νάilon. Αντίθετα τα φυτά που καλλιεργήθηκαν στο θερμοκήπιο με το νάilon A απέκτησαν το μικρότερο ύψος φυτού μη διαφέροντας στατιστικά σημαντικά από τα φυτά του θερμοκηπίου με το νάilon C. Άξιο αναφοράς είναι και το ότι τα φυτά του θερμοκηπίου B παρουσιάζουν μια σταθερή αύξηση καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιέργειας αν αντιθέσει με τα φυτά του θερμοκηπίου D, όπου παρατηρείται μια απότομη αύξηση του ύψους των φυτών δεκαπέντε μέρες πριν την τελευταία μέτρηση.

Πίνακας 3: Επίδρασης διαφόρων φύλλων πολυαιθυλενίου στο ύψος των φύλλων μαρουλιού

Επέμβαση	Ύψος Φυτών							
	17/4/19	24/4/19	1/5/19	8/5/19	15/5/19	22/5/19	29/5/19	4/6/19
A	8,47a	8,89a	8,66a	8,87a	9,95a	11,20b	13,18c	15,68c
B	8,21a	8,64a	9,83a	11,29a	12,5a	14,27a	17,48b	19,33b
C	8,39a	9,06a	8,35a	9,22a	10,31a	12,41ab	14,39c	16,85bc
D	7,56a	7,50a	8,16a	9,20a	10,65a	14,78a	22,52a	26,93a

Μέσοι όροι εντός της ίδιας στήλης ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με τη δοκιμασία πολλαπλών μέσων του Tukey σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0.05$.

<Εδώ μπορείτε να τοποθετήσετε μια συντομογραφία του τίτλου της πτυχιακής εργασίας σας
– το πολύ έως 6 λέξεις – Διαφορετικά να μείνει κενό

4.3 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΦΥΛΛΩΝ ΚΑΛΥΨΗΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΣΤΟ ΥΨΟΣ ΦΥΤΩΝ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ

Στον πίνακα 4 όπου παρουσιάζεται η συγκέντρωση των χλωροφυλλών όπως επηρεάζεται από τα διάφορα νάιλον θερμοκηπίου, δεν παρατηρούνται στατιστικώς σημαντικές διαφορές όσον αφορά τις δυο πρώτες μετρήσεις. Παρόλα αυτά κατά την τρίτη μέτρηση στις 29/5/2019 τα φυτά που καλλιεργούνται στα θερμοκήπια Α και D παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις χλωροφυλλών, αντίθετα τα φυτά του θερμοκηπίου C εμφανίζουν τις χαμηλότερες τιμές.

Πίνακας 4: Επίδρασης διαφόρων φύλλων πολυαιθυλενίου στη συγκέντρωση των χλωροφυλλών των φύλλων μαρουλιού

Επέμβαση	Χλωροφύλλες		
	15/5/2019	22/5/2019	29/5/2019
A	41,24a	42,82a	46,17ab
B	37,21a	38,85a	39,09bc
C	37,21a	40,15a	36,75c
D	36,59a	46,53a	47,47a

Μέσοι όροι εντός της ίδιας στήλης ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με τη δοκιμασία πολλαπλών μέσων του Tukey σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0.05$.

4.4 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΦΥΛΛΩΝ ΚΑΛΥΨΗΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΣΤΟ ΒΑΡΟΣ ΦΥΤΟΥ ΚΑΙ ΣΤΟ ΜΗΚΟΣ ΚΑΙ ΒΑΡΟΣ ΡΙΖΩΝ ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ

Στον πίνακα 5, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από τις μετρήσεις των φυτών που αφορούν το βάρος των φυτών και της ρίζας, καθώς και των μήκος των ριζών. Όσον αφορά το βάρος του φυτού, τα φυτά που αναπτύχθηκαν στο θερμοκήπιο A παρουσίασαν τις μεγαλύτερες τιμές διαφέροντας στατιστικώς σημαντικά από τα φυτά που αναπτύχθηκαν στα υπόλοιπα θερμοκήπια, σε αντίθεση με τα φυτά που μεγάλωσαν στο θερμοκήπιο C που εμφανίζουν τις μικρότερες τιμές. Τα ίδια αποτελέσματα παρατηρούνται και στις μετρήσεις που αφορούν το βάρος και το μήκος των ριζών το φυτών, με το θερμοκήπιο A να εμφανίζει τις υψηλότερες τιμές και στις δύο περιπτώσεις ενώ το θερμοκήπιο C τις μικρότερες. Τέλος αξίζει να σημειωθεί ότι το θερμοκήπιο D εμφανίζει μεγάλη τιμή στο μήκος των ριζών εφάμιλλη αυτής του μήκους των ριζών των φυτών που μεγάλωσαν στο θερμοκήπιο A.

Πίνακας 5: Επίδρασης διαφόρων φύλλων πολυαιθυλενίου στο βάρος του φυτού καθώς και στο βάρος και το μήκος της ρίζας των φυτών μαρουλιού.

Επέμβαση	Βάρος φυτού	Βάρος ρίζας	Μήκος ρίζας
	g		cm
A	152.32a	138.05a	30.58a
B	110.81bc	103.69b	24.73b
C	99.25c	86.37b	19.14c
D	124.23b	89.78b	29.6a

Μέσοι όροι εντός της ίδιας στήλης ακολουθούμενοι από το ίδιο γράμμα δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με τη δοκιμασία πολλαπλών μέσων του Tukey σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0.05$.

5 ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο της εισαγωγής, η ηλιακή ακτινοβολία παίζει σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη και τα χαρακτηριστικά των φυτών. Ως εκ τούτου η περατότητα, των διαφόρων υλικών κάλυψης των θερμοκηπίων, στην ηλιακή ακτινοβολία είναι ένα χαρακτηριστικό αυτών το οποίο παίζει σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη της καλλιέργειας.

Από τα αποτελέσματα της παρούσας ερευνητικής εργασίας είναι διακριτή η επίδραση των διαφόρων υλικών κάλυψης στα ποσοτικά χαρακτηριστικά των καλλιεργούμενων φυτών και πιο συγκεκριμένα στα φυτά μαρουλιού.

Πιο συγκεκριμένα το θερμοκήπιο το οποίο ήταν καλυμμένο με το υλικό D, παρουσίασε των υψηλότερο αριθμό φύλλων ανά μαρούλι καθώς και το μεγαλύτερο ύψος φυτών. Επίσης αξίζει να σημειωθεί ότι τα φυτά που καλλιεργήθηκαν στο εν λόγω θερμοκήπιο παρουσίασαν και την μεγαλύτερη συγκέντρωση χλωροφυλλών. Το αποτέλεσμα αυτό ίσως οφείλεται στην υψηλή περατότητα στην ηλιακή ακτινοβολία που παρουσιάζει το συγκεκριμένο υλικό κάλυψης θερμοκηπίου, καθώς και στο χαρακτηριστικό του υπό εξέταση υλικού να αποδομεί τους ρύπους.

Παρόλο αυτά τα ενθαρρυντικά αποτελέσματα το συγκεκριμένο υλικό κάλυψης παρουσίασε το φαινόμενο του θαμπώματος, το οποίο συμβάλει στην μείωση της περατότητας του υλικού στην ηλιακή ακτινοβολία κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας, φαινόμενο που εξηγεί και το μειωμένο βάρος του φυτού το οποίο και παρατηρήθηκε. Από την άλλη πλευρά το θερμοκήπιο A, το οποίο παρουσίασε το μεγαλύτερο βάρος φυτού αλλά και το μεγαλύτερο βάρος ρίζας. Τα αποτελέσματα αυτά ίσως οφείλονται στην ιδιότητα του συγκεκριμένου υλικού κάλυψης να μην αντανακλά, κατά ένα μεγάλο ποσοστό, την προσπίπτουσα και να αντιστέκεται στο φαινόμενο του θαμπώματος. Επίσης πρέπει να αναφερθεί ότι το θερμοκήπιο με το υλικό κάλυψης B παρόλο που συνολικά επιτρέπει την μεγαλύτερη είσοδο στην ηλιακή ακτινοβολία μαζί με το θερμοκήπιο C, παρουσίασαν τα χειρότερα αποτελέσματα.

Συμπερασματικά το υλικό Α επιδρά θετικά στα χαρακτηριστικά των φυτών μαρουλιού που καλλιεργήθηκαν υπό την κάλυψή του, παρουσιάζοντας αυξημένο βάρος φυτού αλλά και αυξημένο βάρος ριζικού συστήματος. Επίσης αξίζει να σημειωθεί ότι το θερμοκήπιο D παρουσίαζε αποτελέσματα σχεδόν εξίσου καλά με αυτά του θερμοκηπίου Α, πάντα σε σχέση με το υπόλοιπα υλικά κάλυψης που χρησιμοποιήθηκαν.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Erhioui, B. M., Gosselin, A., Hao, X., Papadopoulos, A. P., & Dorais, M. (2002). Greenhouse covering materials and supplemental lighting affect growth, yield, photosynthesis, and leaf carbohydrate synthesis of tomato plants. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 127(5), 819-824.
- Baxevanou, C., Fidaros, D., Bartzanas, T., & Kittas, C. (2018). Yearly numerical evaluation of greenhouse cover materials. *Computers and Electronics in Agriculture*, 149, 54–70.
- Espi, E., Salmeron, A., Fontecha, A., García, Y., & Real, A. I. (2006b). Plastic films for agricultural applications. *Journal of Plastic Film & Sheeting*, 22(2), 85-102.
- Espi, E., Salmerón, A., Fontecha, A., Garcia-Alonso, Y., & Real, A. I. (2006a). New ultrathermic films for greenhouse covers. *Journal of Plastic Film & Sheeting*, 22(1), 59-68.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize> τελευταία πρόσβαση 17/12/2019)
- Geoola, F., Kashti, Y., Levi, A., & Brickman, R. (2004). Quality evaluation of anti-drop properties of greenhouse cladding materials. *Polymer Testing*, 23(7), 755-761.
- Hao, X., Zheng, J. M., Zhang, Y., Little, C., & Khosla, S. (2016, September). Effects of diffused plastic cover materials on greenhouse microclimate, plant growth, fruit yield and quality, and energy use in greenhouse fruit vegetable production. In *V International Symposium on Models for Plant Growth, Environment Control and Farming Management in Protected Cultivation 1182* (pp. 73-78).
- Kittas, C., Tchamitchian, M., Katsoulas, N., Karaiskou, P., & Papaioannou, C. H. (2006). Effect of two UV-absorbing greenhouse-covering films on growth and yield of an eggplant soilless crop. *Scientia Horticulturae*, 110(1), 30-37.
- Kleemann, M. (2002, August). Effect of photoselective plastics on the quality of lettuce. In *XXVI International Horticultural Congress: Protected Cultivation 2002: In Search of Structures, Systems and Plant Materials for 633* (pp. 173-179).
- Mashonjowa, E., Ronsse, F., Mhizha, T., Milford, J. R., Lemeur, R., & Pieters, J. G. (2010). The effects of whitening and dust accumulation on the microclimate and canopy behaviour of rose plants (*Rosa hybrida*) in a greenhouse in Zimbabwe. *Solar Energy*, 84(1), 10-23.
- 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.

Petropoulos, S. A., Fernandes, Â., Katsoulas, N., Barros, L., & Ferreira, I. C. (2019). The effect of covering material on the yield, quality and chemical composition of greenhouse-grown tomato fruit. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(6), 3057-3068.

Runkle, E. S., & Heins, R. D. (2001). Specific functions of red, far red, and blue light in flowering and stem extension of long-day plants. *Journal of the American society for horticultural science*, 126(3), 275-282.

Wyzgolik, G., Nawara, J., & Leja, M. (2008). Photosynthesis and some growth parameters of sweet pepper grown under different light conditions. *Sodininkystė ir daržininkystė*, 27(2), 93-98.

Κικριλής Μ. (2011) Σύγχρονες τάσεις στην παραγωγή πλαστικών φύλλων κάλυψης θερμοκηπίου. Υλικά, εξοπλισμοί. Αγροτύπος. Τεύχος 10. σελ 30-35.

Σάββας Δ. (2013) Το Μαρούλι και η καλλιέργειά του. Τα φυτά και η καλλιεργητική τεχνική. Αγροτύπος. Τεύχος 6. σελ 12-25.

Σάββας Δ. (2016). Υλικά κάλυψης θερμοκηπίων. Καλλιέργεια κηπευτικών στο θερμοκήπιο. Γενική Λαχανοκομία. 243-248