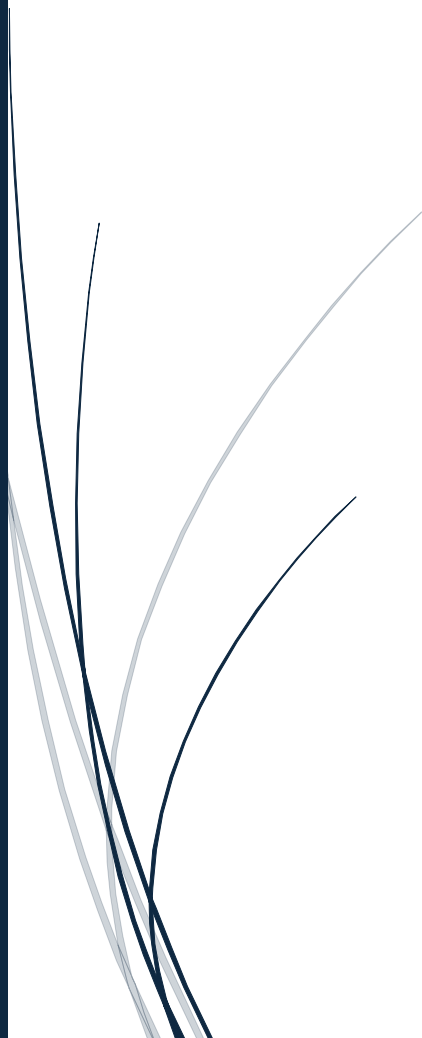


Επιχειρηματικό Σχέδιο

METPO 16 | InnoGrowth



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ
Η Ευρώπη επενδύει στις αγροτικές περιοχές



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



Περιεχόμενα

Περιεχόμενα Εικόνας	1
Περίληψη	1
Περιγραφή της Τεχνολογίας.....	2
Ανάλυση Αγοράς	4
Περιγραφή προϊόντος.....	5
Ανάλυση Κόστους Παραγωγής ανά Μονάδα Προϊόντος	9
Βιβλιογραφία	10

Περιεχόμενα Εικόνας

Εικόνα 1: (α) Απορρόφηση φιλμ BCNO/AEAPTMS σε σύγκριση με ακατέργαστο πλαστικό φύλλο (β) Φάσματα διέγερσης και εκπομπής φιλμ BCNO/AEAPTMS.....	6
Εικόνα 2: (α) Θερμοκήπια 50 m ² για καλλιέργεια μαρουλιού υπό την παρουσία ενεργού υλικού BCNO (μπροστά) και χωρίς αυτό (πίσω), (β)Πλαστικό φύλλο επικαλυπτόμενο με το υλικό BCNO και (γ) Φυτά μαρουλιού στο θερμοκήπιο.	7
Εικόνα 3: (α) Νωπό βάρος, (β) Ξηρό βάρος, (γ) Φωτοσυνθετικός ρυθμός, (δ) Διαπνοή, (ε) Ολική χλωροφύλλη και (στ) Στοματική αγωγιμότητα με και χωρίς το επικαλυπτόμενο υλικό BCNO.....	8

Περιεχόμενα Πινάκων

Πίνακας 1: Ανάλυση Κόστους Παραγωγής ανά μονάδα προϊόντος	9
---	---

Περίληψη

Η εκτός εποχής καλλιέργεια αγροτικών προϊόντων σε θερμοκήπια αποτελεί βασική δραστηριότητα για την ελληνική γεωργία, όπως και σε πολλές χώρες της Μεσογείου. Ωστόσο, τα ελληνικά θερμοκήπια συχνά υστερούν τεχνολογικά σε σχέση με τις αντίστοιχες εγκαταστάσεις του εξωτερικού, γεγονός που μειώνει την ανταγωνιστικότητά τους.

Το παρόν έργο καλύπτει τη χρήση μιας καινοτόμου τεχνολογίας: την επικάλυψη των θερμοκηπίων εξωτερικά με φθορίζοντα μόρια, που μετατρέπουν την υπεριώδη ακτινοβολία σε φως που αξιοποιείται καλύτερα από τα φυτά για την φωτοσυνθετική δραστηριότητα των φυτών. Με αυτόν τον τρόπο ενισχύεται η ανάπτυξη των φυτών αλλά ταυτόχρονα περιορίζεται η επιβλαβής επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας.

Η εφαρμογή της προτεινόμενης τεχνολογίας αναμένεται να προσφέρει πολλαπλά και σημαντικά οφέλη τόσο σε επίπεδο παραγωγής όσο και βιωσιμότητας. Πρώτα απ' όλα, μέσω της ενίσχυσης της φωτοσυνθετικής ικανότητας των φυτών, προβλέπεται αύξηση της παραγωγής ανά καλλιεργητική περίοδο, γεγονός που μεταφράζεται σε μεγαλύτερες αποδόσεις με ίσους ή και λιγότερους πόρους. Παράλληλα, η αποτελεσματικότερη αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας μειώνει την ανάγκη για πρόσθετο φωτισμό ή θέρμανση, οδηγώντας σε χαμηλότερο ενεργειακό αποτύπωμα για τις θερμοκηπιακές μονάδες. Επιπλέον, η προστασία των φυτών από την υπεριώδη ακτινοβολία και η βελτιωμένη φωτοσύνθεση ενισχύουν την ποιότητα των καλλιεργειών, προσφέροντας πιο υγιή και εμπορεύσιμα προϊόντα. Συνολικά, η καινοτομία αυτή ενισχύει τη βιωσιμότητα της παραγωγής, μειώνοντας ταυτόχρονα το περιβαλλοντικό και οικονομικό κόστος.

Το παρόν κείμενο, περιγράφει αναλυτικά την τεχνολογία των LSCs, πως αυτά λειτουργούν, τι υλικά χρησιμοποιούνται αλλά και ειδικότερα τι υλικά προτείνουμε για την ανάπτυξη τέτοιων συσκευών για εφαρμογές σε θερμοκήπια. Στη συνέχεια, γίνεται ανάλυση της αγοράς, τι συμβολή έχουν τα λαχανικά στην αγορά της Ελλάδας και πιο συγκεκριμένα τα μαρούλια (*Lactuca sativa*). Τέλος, προτείνουμε ένα νέο προϊόν το BCNO το οποίο συνοδεύεται με πειραματικά αποτελέσματα, αποδεικνύοντας την σημαντικότητα της εφαρμογής αυτής στα θερμοκήπια.

Περιγραφή της Τεχνολογίας

Τα Luminescent Solar Concentrators (LSCs) είναι συσκευές που συλλέγουν και μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία χρησιμοποιώντας φωσφόρους ή φθορίζοντα μόρια. Αποτελούνται από υλικά που απορροφούν φως, τα οποία τοποθετούνται σε γυάλινες επιφάνειες είτε ενσωματώνονται σε διαφανείς μήτρες, οδηγώντας στην καθοδήγηση του φωτός μέσα σε αυτές. Η λειτουργία τους βασίζεται στην ικανότητα των μορίων να απορροφούν μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας και να την επανεκπέμπουν σε διαφορετικό μήκος κύματος. Χάρη στη διαφορά του δείκτη διάθλασης μεταξύ των φωτοφόρων υλικών και του αέρα, προκαλείται ολική εσωτερική ανάκλαση, με αποτέλεσμα το φως να παραμένει εντός της συσκευής και να καθοδηγείται προς τις άκρες της. Το εκπεμπόμενο φως μπορεί να συλλεχθεί από τις άκρες του κυματοδηγού αλλά και από την επάνω επιφάνειά του.

Η ενσωμάτωση των LSCs στη γεωργία αντιπροσωπεύει μια καινοτόμο λύση που στοχεύει στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των θερμοκηπίων και στην ενίσχυση της ανάπτυξης των φυτών. Αρχικά, χρησιμοποιώντας LSCs, μπορούμε να βελτιστοποιήσουμε την εκπεμπόμενη ακτινοβολία. Δηλαδή, μπορούμε να απορροφήσουμε μέρη του ηλιακού φάσματος, όπως η υπεριώδης ακτινοβολία, που δεν είναι χρήσιμη για τα φυτά, και να τη μετατρέψουμε σε ακτινοβολία που είναι ευεργετική για αυτά. Για παράδειγμα, θα μπορούσαμε να δημιουργήσουμε φθορίζοντα μόρια που εκπέμπουν μπλε ή κόκκινο φως, τα οποία είναι ζωτικής σημασίας για την ανάπτυξη των φυτών. Επιπλέον, μπορεί να παραχθεί ηλεκτρική ενέργεια. Τα LSC μπορούν να ενσωματωθούν σε διαφανείς επιφάνειες θερμοκηπίου, λειτουργώντας ως ηλιακοί συλλέκτες. Αυτό επιτρέπει μέρος του ηλιακού φωτός να μετατραπεί σε ηλεκτρική ενέργεια τοποθετώντας ημιδιαφανείς φωτοβολταϊκές κυψέλες στις άκρες ή τις όψεις, μειώνοντας τις ενεργειακές απαιτήσεις του θερμοκηπίου. Ως εκ τούτου, τα ενσωματωμένα LSC στα θερμοκήπια μπορούν να προσφέρουν βιωσιμότητα και μείωση κόστους, καθώς μπορούν να αυτοτροφοδοτηθούν, μειώνοντας τη χρήση εξωτερικών πηγών ενέργειας. Έτσι, συμβάλλουν στη βιώσιμη γεωργία αυξάνοντας την απόδοση των καλλιεργειών χωρίς πρόσθετο ενεργειακό κόστος.

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για τέτοιες εφαρμογές είναι οι κβαντικές κουκκίδες (Quantum Dots, QDs), οι οργανικές χρωστικές (Organic Dyes) και τα σύμπλοκα σπάνιων γαιών (Rare-Earth Complexes, RE). Οι κβαντικές κουκκίδες έχουν ρυθμιζόμενο χρώμα εκπομπής ανάλογα με το μέγεθός τους. Προσφέρουν υψηλή

σταθερότητα, μεγάλο εύρος απορρόφησης και ελεγχόμενο φθορισμό, καθιστώντας τις ιδανικές για LSCs με ευρύ φάσμα λειτουργίας. Όμως, οι περισσότερες κβαντικές κουκκίδες της αγοράς βασίζονται σε τοξικά βαρέα μέταλλα (όπως κάδμιο ή μόλυβδο), που εγείρουν περιβαλλοντικές ανησυχίες. Επιπλέον, η παραγωγή τους παραμένει σχετικά ακριβή και απαιτεί πολύπλοκη χημική σύνθεση και επεξεργασία. Οι οργανικές χρωστικές παρουσιάζουν υψηλή απόδοση φθορισμού (quantum yield) και δυνατότητα ρύθμισης του φάσματος εκπομπής μέσω χημικής τροποποίησης. Ωστόσο, το βασικό μειονέκτημα είναι η φωτοαποικοδόμησή τους – υποβαθμίζονται με την έκθεση σε UV ακτινοβολία και οξυγόνο, μειώνοντας τη διάρκεια ζωής των LSCs. Επιπλέον, έχουν περιορισμένη απορρόφηση στο ευρύ φάσμα του ηλιακού φωτός. Τα ιόντα σπάνιων γαιών, προσφέρουν εξαιρετικά σταθερή φωταύγεια, με πολύ μικρή φωτοαποικοδόμηση. Έχουν στενά φάσματα εκπομπής και μπορούν να λειτουργήσουν ως ανθεκτικά φωταυγή υλικά σε δύσκολες περιβαλλοντικές συνθήκες. Επίσης, είναι συμβατά με ανόργανες μήτρες (όπως γυαλί ή κεραμικά). Από την άλλη πλευρά, η χαμηλή απορρόφηση φωτός και τη χαμηλή κβαντική απόδοση περιορίζουν την αποτελεσματικότητά τους σε εφαρμογές LSC. Επιπλέον, το κόστος και η εξόρυξη των σπάνιων γαιών συνδέονται με περιβαλλοντικά ζητήματα, που επηρεάζουν τη διαθεσιμότητα και τη βιωσιμότητα της τεχνολογίας. Στο παρόν επιχειρηματικό σχέδιο, προτείνουμε ένα νέο υλικό, το BCNO. Το υλικό αυτό προσφέρει πλεονεκτήματα όπως η μη τοξικότητα, η απλή σύνθεση, τα ρυθμιζόμενα μήκη κύματος απορρόφησης και εκπομπής και η υψηλή κβαντική απόδοση.

Για το λόγο αυτό, προτείνουμε ένα φιλικό προς το περιβάλλον υλικό, απαλλαγμένο από τοξικά συστατικά και κατασκευασμένο από πολύ χαμηλού κόστους πρώτες ύλες. Πρώτα απ' όλα, είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι η φωτοσύνθεση είναι η διαδικασία με την οποία τα φυτά χρησιμοποιούν το ηλιακό φως για να παράγουν ενέργεια.

Η φωτοσύνθεση είναι η διαδικασία με την οποία τα φυτά μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε χημική ενέργεια, χρησιμοποιώντας το διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα και το νερό από το έδαφος. Μέσω αυτής της διαδικασίας, με τη βοήθεια της χλωροφύλλης, το φως του ήλιου αξιοποιείται για την παραγωγή γλυκόζης, ενός σακχάρου που χρησιμοποιείται από τον οργανισμό για ενέργεια και ανάπτυξη. Επομένως, τα φυτά, χρησιμοποιώντας την χλωροφύλλη, απορροφούν το φως, διασπούν το νερό (H_2O), απελευθερώνουν οξυγόνο (O_2) και μετατρέπουν το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) σε γλυκόζη. Αυτή η διαδικασία λαμβάνει χώρα στα φύλλα, όπου η

χλωροφύλλη απορροφά κυρίως το μπλε (400-500 nm) και το κόκκινο φως (600-700 nm). Έτσι, αναπτύξαμε ένα υλικό που απορροφά την υπεριώδη ακτινοβολία και την εκπέμπει ξανά στο ορατό φως.

Ανάλυση Αγοράς

Η αγορά λαχανικών αποτελεί έναν από τους βασικούς πυλώνες του αγροδιατροφικού τομέα, τόσο στην Ελλάδα όσο και παγκοσμίως. Τα τελευταία χρόνια, η συγκεκριμένη αγορά έχει υποστεί σημαντικές διακυμάνσεις, λόγω κλιματικής αλλαγής, αυξημένων τιμών ενέργειας και μεταβολών στις προτιμήσεις των καταναλωτών.

Η παραγωγή λαχανικών έχει επηρεαστεί σημαντικά από την αλλαγή των καιρικών συνθηκών, με ακραία φαινόμενα (καύσωνες, πλημμύρες, παγετούς) να μειώνουν την απόδοση των καλλιεργειών. Επιπλέον, η αύξηση του κόστους παραγωγής (λιπάσματα, καύσιμα, εργατικό δυναμικό) έχει προκαλέσει αύξηση των τιμών λιανικής, γεγονός που επηρεάζει τη ζήτηση. Η εφοδιαστική αλυσίδα έχει επίσης δεχθεί πιέσεις, ιδιαίτερα λόγω της αύξησης του κόστους μεταφορών και των προβλημάτων στις διεθνείς μεταφορές μετά την πανδημία COVID-19 και τον πόλεμο στην Ουκρανία. Αυτό έχει δημιουργήσει ελλείψεις σε ορισμένα προϊόντα και αστάθεια στην αγορά. Οι καταναλωτές δείχνουν αυξημένο ενδιαφέρον για τοπικά, εποχιακά και βιολογικά λαχανικά. Ταυτόχρονα, η αυξανόμενη ευαισθητοποίηση σε θέματα βιωσιμότητας και υγιεινής διατροφής ενισχύει τη ζήτηση για προϊόντα που καλλιεργούνται με φιλικές προς το περιβάλλον μεθόδους.

Παρά τις προκλήσεις, η αγορά λαχανικών παρουσιάζει προοπτικές ανάπτυξης, ειδικά μέσω της καινοτομίας στη γεωργία (έξυπνες τεχνολογίες, καθετοποιημένες μονάδες παραγωγής, υδροπονία) και της ενίσχυσης των αγροτικών συνεταιρισμών. Η Ευρωπαϊκή Ένωση ενισχύει τέτοιες προσπάθειες μέσω προγραμμάτων της Κοινής Αγροτικής Πολιτικής (ΚΑΠ).

Το μαρούλι (*Lactuca sativa*) αποτελεί ένα από τα βασικότερα φυλλώδη λαχανικά στην ευρωπαϊκή και ελληνική αγορά, με σημαντική παραγωγή τόσο στις υπαίθριες όσο και στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες. Ωστόσο, οι συνθήκες παραγωγής έχουν γίνει δυσκολότερες τα τελευταία χρόνια, κυρίως λόγω ακραίων καιρικών φαινομένων και αύξησης του κόστους παραγωγής, ειδικά σε ενέργεια, λιπάσματα και εργατικά, καθώς

και μείωσης της διαθεσιμότητας νερού, λόγω της κλιματικής κρίσης, κάτι που επηρεάζει άμεσα την καλλιέργεια μαρουλιού, που είναι υδροβόρα.

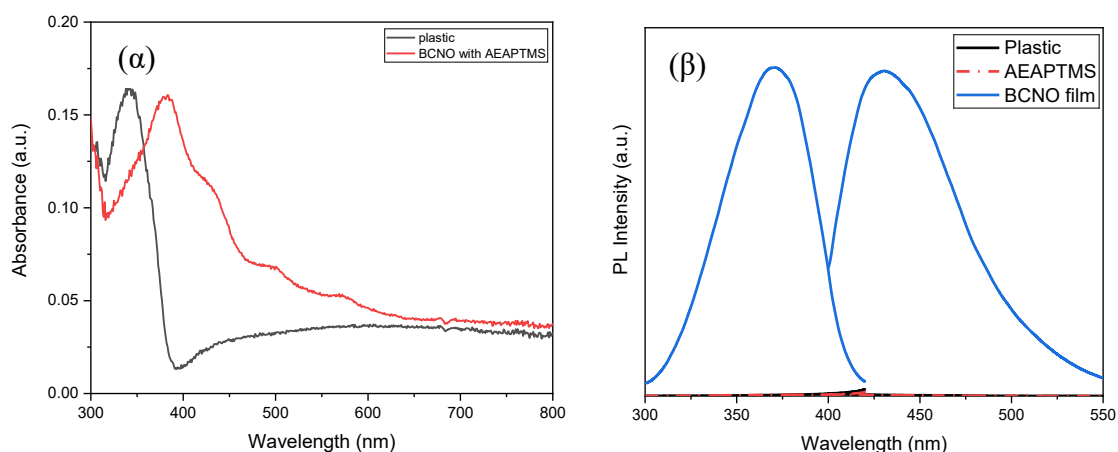
Η κατανάλωση μαρουλιού έχει παραμείνει σχετικά σταθερή, αν και υπάρχουν κάποιες μετατοπίσεις στη ζήτηση κυρίως λόγω αύξησης της προτίμησης για βιολογικά ή baby leaves (baby μαρούλι, σαλάτες έτοιμες προς κατανάλωση). Επίσης, έχει αυξηθεί η ζήτηση για προπλυμένα / συσκευασμένα προϊόντα σε σούπερ μάρκετ, λόγω ευκολίας.

Η υδροπονική καλλιέργεια μαρουλιού κερδίζει έδαφος, ειδικά σε αστικά αγροκτήματα ή θερμοκήπια με ενσωματωμένα LSCs. Η υδροπονία, είναι μια μορφή καλλιέργειας χωρίς έδαφος, έχει γίνει δημοφιλής επειδή μπορεί να παράγει υψηλότερες αποδόσεις σε λιγότερο χώρο από την παραδοσιακή γεωργία με βάση το έδαφος. Διεξάγεται σε ελεγχόμενο περιβάλλον που είναι απαλλαγμένο από κλιματικούς και άλλους περιβαλλοντικούς περιορισμούς, προσφέροντας μέγιστες καλλιέργειες, οι οποίες παράγονται με σημαντικά μικρότερη χρήση φυτοφαρμάκων από αυτά που καλλιεργούνται συμβατικά. Στην υδροπονία, τα φυτά αναπτύσσονται σε διαφορετικά υποστρώματα απουσία εδάφους και βυθίζονται σε θρεπτικό διάλυμα με επαρκή περιεκτικότητα σε διαλυμένο οξυγόνο. Επομένως, το μέλλον της καλλιέργειας του μαρουλιού εξαρτάται από την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή και την τεχνολογική καινοτομία στην αγροτική παραγωγή.

Περιγραφή προϊόντος

Το BCNO απορροφά την υπεριώδη ακτινοβολία η οποία είναι βλαβερή για τα φυτά, και την μετατρέπει σε μήκος κύματος μπλε, όπου βρίσκεται η πρώτη φωτοσυνθετική κορυφή της χλωροφύλλης. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή του υλικού αυτού είναι το βορικό οξύ, η ουρία και το κιτρικό οξύ. Τα υλικά αυτά, είναι μη τοξικά καθώς και πολύ οικονομικά σε σχέση με άλλα υλικά που χρησιμοποιούνται σε τέτοιες εφαρμογές.

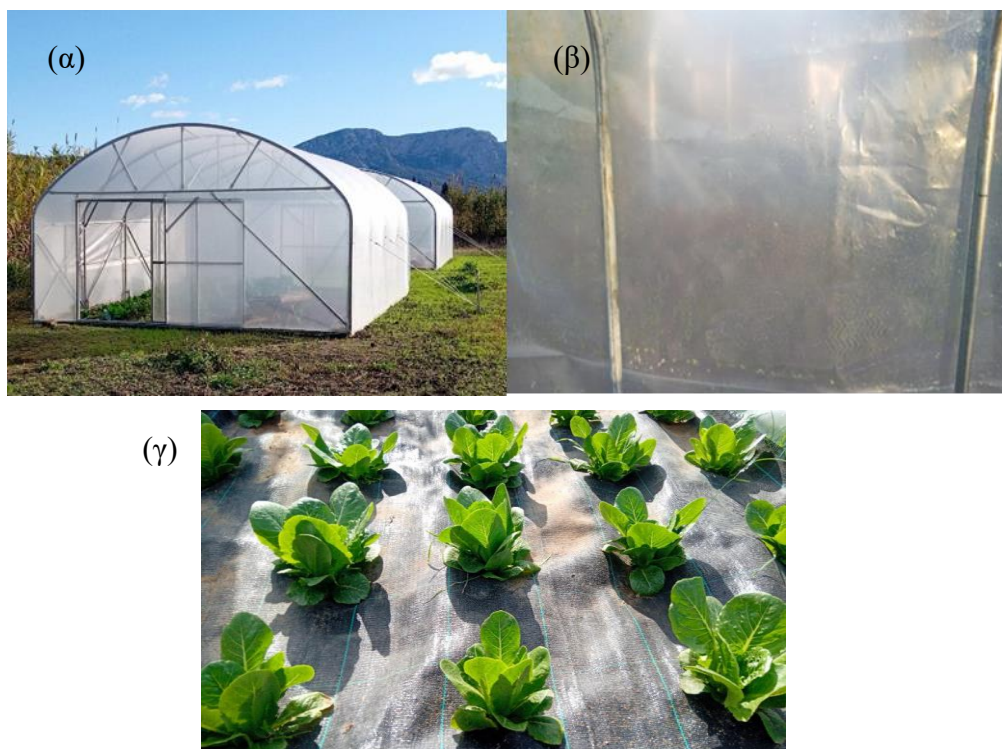
Βασικός στόχος είναι κάλυψη πλαστικών φύλλων που χρησιμοποιούνται συνήθως σε κατασκευές θερμοκηπίου. Επομένως, προτείνουμε το BCNO ενσωματωμένο σε μήτρα πυριτίου για την καλύτερη πρόσφυση του υλικού στην επιφάνεια του θερμοκηπίου. Τέλος, με την εναπόθεση του υλικού στα θερμοκήπια αυξάνουμε την παραγωγή βιομάζας, τη συνολική περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη και τις φυσιολογικές παραμέτρους των φυτών μαρουλιού που καλλιεργούνται υδροπονικά.



Εικόνα 1: (α) Απορρόφηση φιλμ BCNO/AEAPTMS σε σύγκριση με ακατέργαστο πλαστικό φύλλο (β) Φάσματα διέγερσης και εκπομπής φιλμ BCNO/AEAPTMS.

Συγκεκριμένα, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 1α, το σύνθετο φιλμ BCNO/AEAPTMS έχει μέγιστη απορρόφηση στην περιοχή UV, με μέγιστη εκπομπή στα 397 nm. Παρατηρείται επίσης μία μικρή επικάλυψη σε μικρότερα μήκη κύματος στο ορατό, λόγω ότι το φιλμ εμφανίζει ένα ωχροκίτρινο χρώμα. Ωστόσο, αυτή η συμπεριφορά έχει αξιολογηθεί στην πρακτική εφαρμογή των μεμβρανών στην ανάπτυξη του μαρουλιού στο θερμοκήπιο και δεν επηρέασε στην ανάπτυξη των φυτών. Οι ιδιότητες φωταύγειας των μεμβρανών αξιολογήθηκαν με καταγραφή των φασμάτων διέγερσης και εκπομπής τους, όπως φαίνονται στην Εικόνα 1β. Η διέγερση του φιλμ εντοπίζεται κυρίως στην περιοχή UV από 300-415 nm με μέγιστο στα 370 nm που είναι πολύ σημαντικό γιατί το φιλμ αξιοποιεί σε μεγάλο βαθμό το υπεριώδες φως που εισέρχεται στο θερμοκήπιο αποφεύγοντας την άμεση έκθεση των φυτών σε αυτό. Η εκπομπή του φιλμ εντοπίζεται στα 400-550 nm καλύπτοντας πλήρως την πρώτη κορυφή της απορρόφησης της χλωροφύλλης που είναι πολλά υποσχόμενη για την ανάπτυξη των φυτών.

Στην Εικόνα 2, φαίνονται τα θερμοκήπια για την καλλιέργεια του μαρουλιού με και χωρίς την παρουσία του υλικού BCNO, η πλαστική μεμβράνη παρουσία του υλικού BCNO καθώς και η καλλιέργεια των μαρουλιών εντός του θερμοκηπίου.

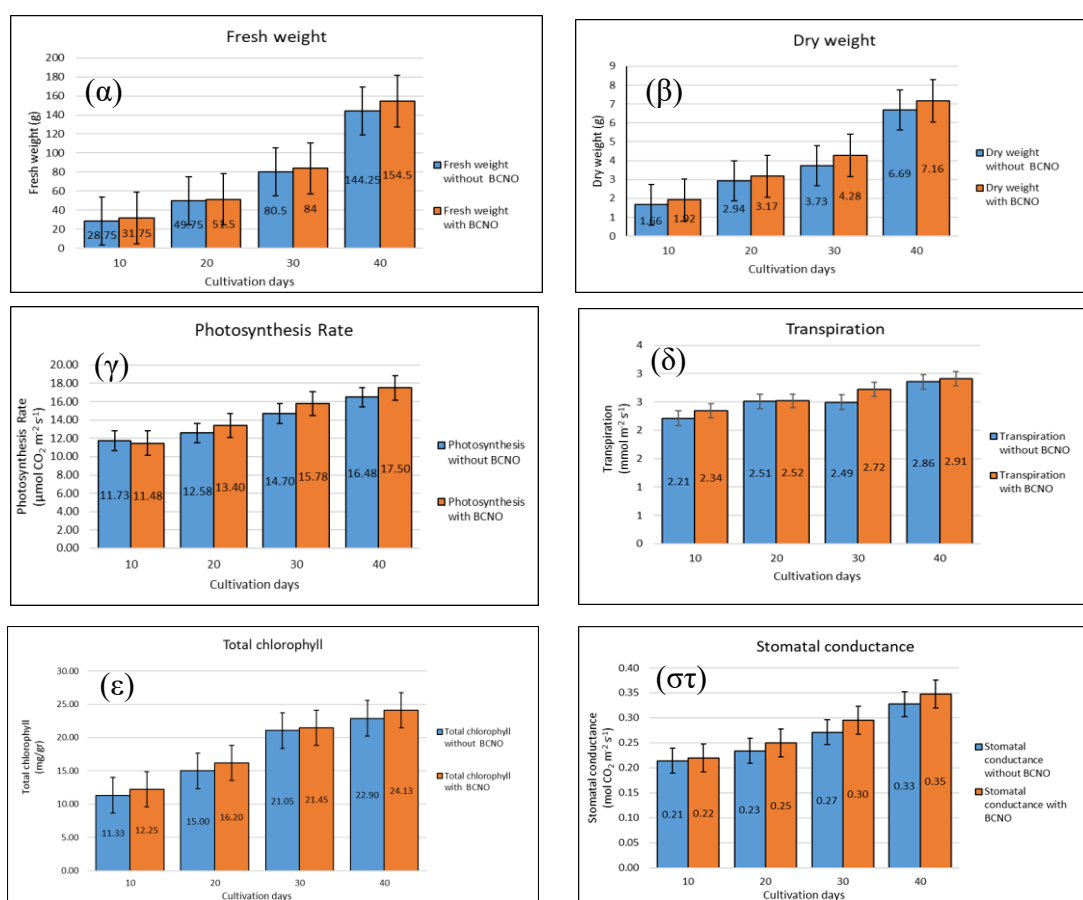


Εικόνα 2: (α) Θερμοκήπια 50 m² για καλλιέργεια μαρουλιού υπό την παρουσία ενεργού υλικού BCNO (μπροστά) και χωρίς αυτό (πίσω), (β) Πλαστικό φύλλο επικαλυπτόμενο με το υλικό BCNO και (γ) Φυτά μαρουλιού στο θερμοκήπιο.

Στη συνέχεια, παρατίθενται τα διαγράμματα από τα πειραματικά αποτελέσματα για περίοδο καλλιέργειας 40 ημέρες. Συγκεκριμένα, στην Εικόνα 3 φαίνονται τα διαγράμματα για το νωπό και ξηρό βάρος, ο φωτοσυνθετικός ρυθμός, η διαπνοή, η ολική χλωροφύλλη καθώς και η στοματική αγωγιμότητα.

Τα φυτά μαρουλιού που καλλιεργήθηκαν υδροπονικά παρουσία του BCNO παρουσίασαν βελτιωμένα χαρακτηριστικά ανάπτυξης, με αυξημένο βάρος νωπού βλαστού και μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε ξηρή βιομάζα σε σχέση με το θερμοκήπιο αναφοράς. Η παρουσία του BCNO, λειτουργώντας ως LSC, δημιούργησε ευνοϊκότερες συνθήκες ανάπτυξης για τα φυτά, αυξάνοντας την προσλαμβανόμενη φωτοσυνθετικά ενεργή ακτινοβολία (PAR) κατά περίπου 5%. Η ενίσχυση της PAR φαίνεται να συνέβαλε θετικά στην αύξηση της συνολικής χλωροφύλλης και στη βελτίωση των φυσιολογικών λειτουργιών των φύλλων, οδηγώντας τελικά σε υψηλότερους ρυθμούς ανάπτυξης και αυξημένες αποδόσεις. Επιπλέον, η συνολική συγκέντρωση χλωροφύλλης αυξήθηκε με τη χρήση BCNO. Η αυξημένη συγκέντρωση των συνολικών χλωροφυλλών οδήγησε σε καλύτερους ρυθμούς ανταλλαγής αερίων και αυξημένους ρυθμούς φυσιολογικών παραμέτρων φύλλων. Επίσης, πρόσθετες μετρήσεις των φυσιολογικών παραμέτρων των φύλλων έδειξαν αυξημένους ρυθμούς

φωτοσύνθεσης, ρυθμούς διαπνοής και στοματική αγωγιμότητα φυτών που καλλιεργήθηκαν υδροπονικά στο θερμοκήπιο με παρουσία του υλικού BCNO, σε σύγκριση με υδροπονικά καλλιεργούμενα φυτά στο θερμοκήπιο αναφοράς. Όλες οι μετρήσεις έγιναν σε φύλλα παρόμοιας ηλικίας, πλήρως ανεπτυγμένα, διαφορετικές ημέρες αλλά την ίδια ώρα της ημέρας και με παρόμοιες καιρικές συνθήκες (πλήρες ηλιακό φως). Συνολικά, το θερμοκήπιο επικαλυπτόμενο με το υλικό BCNO έχει θετική επίδραση στην ανάπτυξη των φυτών σε σύγκριση με φυτά στο θερμοκήπιο αναφοράς, καθώς πέτυχε υγιή ανάπτυξη και υψηλότερες αποδόσεις, σύμφωνα με προηγούμενα ευρήματα.



Εικόνα 3: (α) Νωπό βάρος, (β) Ξηρό βάρος, (γ) Φωτοσυνθετικός ρυθμός, (δ) Διαπνοή, (ε) Ολική χλωροφύλλη και (στ) Στοματική αγωγιμότητα με και χωρίς το επικαλυπτόμενο υλικό BCNO.

Ανάλυση Κόστους Παραγωγής ανά Μονάδα Προϊόντος

Η εκτίμηση του κόστους παραγωγής αποτελεί βασικό στοιχείο για την αξιολόγηση της βιωσιμότητας και της εμπορευματοποίησης του υλικού BCNO/AEAPTMS. Στην παρούσα ενότητα, πραγματοποιείται αναλυτική παρουσίαση του κόστους παρασκευής του, το οποίο βασίζεται σε συγκεκριμένη σύνθεση. Τα κύρια συστατικά που χρησιμοποιούνται είναι το βορικό οξύ, η ουρία και το κιτρικό οξύ, τα οποία διαλύονται σε απιονισμένο νερό, καθώς και το AEAPTMS το οποίο είναι η μήτρα που φιλοξενεί το φώσφορό μας.

Ο σκοπός αυτής της ανάλυσης είναι να προσδιοριστεί με ακρίβεια το κόστος ανά μονάδα προϊόντος και να προσδιοριστεί η συνολική οικονομική απόδοση της παραγωγικής διαδικασίας. Η ανάλυση έγινε υπολογίζοντας την ποσότητα που χρειάζεται για να καλυφθεί ένα θερμοκήπιο 50m². Στον Πίνακα 1, παρουσιάζονται τα κόστη ανά ποσότητα παραγωγής αλλά και ως σύνολο.

Πίνακας 1: Ανάλυση Κόστους Παραγωγής ανά μονάδα προϊόντος

Συστατικό	Ποσότητα	Τιμή €/g	Κόστος (€)
Βορικό οξύ	34.4 g	0.263	9.04
Ουρία	33.4 g	0.545	18.2
Κιτρικό οξύ	1.08 g	9.2	9.94
Νερό	216 g	0.024	5.18
AEAPTMS	408 g	0.62	252.96
Σύνολο			295.32 €

Όπως φαίνεται στον παραπάνω πίνακα, το συνολικό κόστος παραγωγής ανά μονάδα προϊόντος είναι ιδιαίτερα χαμηλό, γεγονός που καθιστά το προϊόν ανταγωνιστικό σε επίπεδο πρώτων υλών. Η επιλογή κοινών χημικών ουσιών, με χαμηλή τιμή ανά γραμμάριο, συμβάλλει καθοριστικά στη διατήρηση του κόστους σε χαμηλά επίπεδα. Ακόμα, είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι με την αύξηση της κλίμακας παραγωγής το κόστος ανά μονάδα προϊόντος μπορεί να μειωθεί σημαντικά. Ο λόγος είναι ότι αγοράζοντας πρώτες ύλες σε μεγαλύτερες ποσότητες μπορεί να οδηγήσουν σε χαμηλότερες τιμές ανά γραμμάριο, αφού εφαρμόζονται τιμές χονδρικής.

Βιβλιογραφία

1. Lu B, Louis G. *A Literature Review of Hydroponic Crop Cultivation Research.*; 2020.
2. Awalina R, Erona M, Rusnam. Lettuce (*Lactuca sativa* L) Growth in Aeroponic Systems with Differences in Nutritional Time. *IOP Conf Ser: Earth Environ Sci.* 2022;1059(1):012014. doi:[10.1088/1755-1315/1059/1/012014](https://doi.org/10.1088/1755-1315/1059/1/012014)
3. Debije MG, Verbunt PPC. Thirty Years of Luminescent Solar Concentrator Research: Solar Energy for the Built Environment. *Advanced Energy Materials.* 2012;2(1):12-35. doi:[10.1002/aenm.201100554](https://doi.org/10.1002/aenm.201100554)
4. Eurostat. Accessed May 28, 2025. <https://ec.europa.eu/eurostat>
5. FAO feature and in-depth stories | FAO | Food and Agriculture Organization of the United Nations. Newsroom. Accessed May 28, 2025. <https://www.fao.org/newsroom/stories/en>
6. Hosseinpanahi K, Abbaspour-Fard MH, Goltzarian MR, Goharshadi EK, Vomiero A. Luminescent Solar Concentrators for Greenhouse Applications Based on Highly Luminescent Carbon Quantum Dots. *Solar RRL.* 2024;8(20):2400442. doi:[10.1002/solr.202400442](https://doi.org/10.1002/solr.202400442)
7. Moraitis P, Schropp REI, Van Sark WGJHM. Nanoparticles for Luminescent Solar Concentrators - A review. *Optical Materials.* 2018;84:636-645. doi:[10.1016/j.optmat.2018.07.034](https://doi.org/10.1016/j.optmat.2018.07.034)
8. Zhou J, Li P, Wang J, Fu W. Growth, Photosynthesis, and Nutrient Uptake at Different Light Intensities and Temperatures in Lettuce. Published online November 1, 2019. doi:[10.21273/HORTSCI14161-19](https://doi.org/10.21273/HORTSCI14161-19)
9. Γεωργία και αγροτική ανάπτυξη - Ευρωπαϊκή Επιτροπή. May 22, 2025. Accessed May 28, 2025. https://agriculture.ec.europa.eu/index_el
10. ΕΛΣΤΑΤ - ELSTAT. Accessed May 28, 2025. <https://www.statistics.gr/el/home>