



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Ταμείο
Περιφερειακής Ανάπτυξης

ΕΠΑνΕΚ 2014-2020
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

ΔΡΑΣΗ ΕΘΝΙΚΗΣ ΕΜΒΕΛΕΙΑΣ: «ΕΡΕΥΝΩ-ΔΗΜΙΟΥΡΓΩ-ΚΑΙΝΟΤΟΜΩ»



**Αξιοποίηση υγρών αποβλήτων για καλλιέργεια μικροφυκών και
χρησιμοποίηση αυτών προς παραγωγή βιοντίζελ και συμπληρωμάτων
ιχθυοτροφών**

«Alga4Fuel&Aqua»

Παραδοτέο 9: Κατασκευή βιοαντιδραστήρων για παραγωγή συμπληρωμάτων ιχθυοτροφών

Έκδοση 1.0.: Πρώτη έκδοση που δημιουργήθηκε στις 08-02-2019

Έκδοση 2.0.: Δεύτερη έκδοση που δημιουργήθηκε στις 08-12-2020

Αυτό το έργο χρηματοδοτήθηκε από το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα
«Ανταγωνιστικότητα – Επιχειρηματικότητα – Καινοτομία (ΕΠΑνΕΚ) 2014-2020,
Δράση Εθνικής Εμβέλειας «Ερευνώ-Δημιουργώ-Καινοτομώ», με Κωδικό Έργου
Τ1ΕΔΚ-01580



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Ταμείο
Περιφερειακής Ανάπτυξης



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ
ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ & ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΕΣΠΑ & ΤΕ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΣΠΑ



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Υπουργείο Παιδείας,
Εθνικής και Θρησκευμάτων



Γ.Γ.Ε.Τ.
ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ
ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ



ΕΠΑνΕΚ 2014-2020
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ



ΕΣΠΑ
2014-2020
ανάπτυξη - εργασία - αλληλεγγύη

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Λεπτομέρειες Έργου:

Πρόγραμμα: **ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ «ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ – ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ – ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ (ΕΠΑνΕΚ) 2014-2020**

Τίτλος Έργου: **Αξιοποίηση υγρών αποβλήτων για καλλιέργεια μικροφυκών και χρησιμοποίηση αυτών προς παραγωγή βιοντίζελ και συμπληρωμάτων ιχθυοτροφών**

Ακρωνύμιο Έργου: **Alga4Fuel&Aqua**

Αριθμός Πρότασης: **Τ1ΕΔΚ-01580**

Συντονιστής: **Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας**

Διάρκεια: **09/07/2018 – 08/10/2022**

Λεπτομέρειες Παραδοτέου

ΕΕ3: Παραγωγή ΜΦ για ιχθυοτροφή

ΥΕ3.2. Σχεδιασμός-κατασκευή συστημάτων παραγωγής προς χρήση καλλιεργειών ΜΦ

Τίτλος Παραδοτέου: Κατασκευή βιοαντιδραστήρων για παραγωγή συμπληρωμάτων ιχθυοτροφών

Συντονιστής: Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Συμμετέχοντες Εταίροι: ΤΕΙ ΘΕΣ , BioMar



Περιεχόμενα

1. Περίληψη	6
2. Σύστημα καλλιέργειας μικροφυκών μεγάλης κλίμακας στις εγκαταστάσεις του ΠΑΘΕ.....	8
2.1 Δεξαμενές καλλιέργειας μικροφυκών μεγάλης κλίμακας	8
3. Αυτοματισμοί διαχείρισης του μικροκλίματος των δεξαμενών ανάπτυξης μικροφυκών και του κλίματος στο εσωτερικό του θερμοκηπίου	10
4. Αυτοματισμοί ελέγχου και διαχείρισης των συνθηκών στις δεξαμενές καλλιέργειας μικροφυκών.....	11
4.1 Σύστημα ελέγχου και ρύθμισης της θερμοκρασίας του θρεπτικού διαλύματος ανάπτυξης.....	11
4.2 Σύστημα ελέγχου και ρύθμισης του pH του θρεπτικού διαλύματος ανάπτυξης.....	12
4.3 Σύστημα αερισμού.....	14
4.4 Σύστημα ανάδευσης του θρεπτικού διαλύματος ανάπτυξης.....	15
4.5 Προετοιμασία εμβολίου μικροοργανισμών.....	15
5. Αυτοματισμοί ελέγχου και διαχείρισης των συνθηκών του μικροκλίματος στο εσωτερικό του θερμοκηπίου.....	17
5.1 Έλεγχος εισερχόμενης – εξερχόμενης ακτινοβολίας- Εγκατάσταση ενεργειακής κουρτίνας (Energy screen)	18
5.2 Εγκατάσταση συστήματος θέρμανσης θερμοκηπίου.....	18
5.3 Εγκατάσταση συστήματος δροσισμού.....	18
6. Διασύνδεση με σύστημα υδροπονικής κεφαλής για την παρασκευή και αποστείρωση θρεπτικού διαλύματος ανάπτυξης μικροφυκών	20

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1-1. Ετεροτροφική καλλιέργεια μικροφύκους *Schizochytrium limacinum* SR 21 για την παραγωγή συμπληρωμάτων ιχθυοτροφών (DHA), αξιοποιώντας ως θρεπτικά, υγρά απόβλητα της βιομηχανίας βιοκαυσίμων (ακατέργαστη γλυκερόλη από την παραγωγή βιοντίζελ και εκροές από παραγωγή βιοαερίου από γεωργοκτηνοτροφικά υπολείμματα)..... 7

Εικόνα 2-1. Ο θάλαμος θερμοκηπίου στον οποίο εγκαταστάθηκε το σύστημα καλλιέργειας μικροφυκών μεγάλης κλίμακας..... 9

Εικόνα 3-1. Συστήματα αυτοματισμού των μηχανισμών ελέγχου και διαχείρισης του μικροκλίματος των δεξαμενών ανάπτυξης μικροφυκών και του κλίματος στο εσωτερικό του θερμοκηπίου. (Α) προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές (PLC) και (Β) λογισμικό καταγραφής και ελέγχου με δυνατότητα κεντρικού ή απομακρυσμένου ελέγχου των αυτοματισμών του θερμοκηπίου..... 10

Εικόνα 4-1. Λεπτομέρειες συστήματος θέρμανσης-ψύξης του διαλύματος της κάθε δεξαμενής καλλιέργειας μικροφυκών μεγάλης κλίμακας. (Α) Αισθητήρας ελέγχου θερμοκρασίας διαλύματος, (Β) δίκτυο σωληνώσεων θέρμανσης-ψύξης του διαλύματος ανάπτυξης της κάθε δεξαμενής, (Γ) Λογικοί προγραμματιζόμενοι ελεγκτές (PLC) του συστήματος θέρμανσης των δεξαμενών, (Δ) Αντλία θερμότητας αέρα-νερού συνδεδεμένη με το δίκτυο θέρμανσης- ψύξης των δεξαμενών και τα τεχνικά της χαρακτηριστικά..... 12

Εικόνα 4-2. Λεπτομέρειες συστήματος ελέγχου και ρύθμισης του pH του διαλύματος της κάθε δεξαμενής καλλιέργειας μικροφυκών. (Α) Αισθητήρας ελέγχου pH διαλύματος, (Β) Διασύνδεση αισθητήρων pH με το λογισμικό ελέγχου της μονάδας, (Γ) Δεξαμενή βάσεως για τη ρύθμιση του pH, (Δ) Περισταλτική αντλία και ηλεκτροβάνες για την προσθήκη βάσης για τη ρύθμιση του pH του διαλύματος κάθε δεξαμενής..... 13

Εικόνα 4-3. Λεπτομέρειες συστήματος αερισμού του θρεπτικού διαλύματος. (Α) Δίκτυο διάτρητων σωλήνων ρυθμιζόμενης παροχής αέρα στον πυθμένα της κάθε δεξαμενής, (Β) Αντλία παροχής ατμοσφαιρικού αέρα στις δεξαμενές, (Γ) Δίκτυο



διασύνδεσης δεξαμενών με την αντλία ατμοσφαιρικού αέρα (Δ) Τεχνικά χαρακτηριστικά αντλίας..... 14

Εικόνα 4-4. Λεπτομέρειες συστήματος μηχανικής ανάδευσης και αερισμού τύπου paddle wheel aerator. 15

Εικόνα 4-5. (Α) Δεξαμενές διαδοχικής ανάπτυξης εμβολίου μικροφυκών (50 και 500 λίτρων) για τον εμβολιασμό του θρεπτικού των δεξαμενών μεγάλης κλίμακας με μικροφύκη, (Β) ανάδευση με μηχανισμό τύπου vortex, (Γ-Δ) έλεγχος pH διαλύματος, (Ε) διάτρητος σωλήνας παροχής ατμοσφαιρικού αέρα στο υγρό θρεπτικό διάλυμα, (Ζ) εύκαμπτοι σωλήνες θέρμανσης διαλύματος. 16

Εικόνα 5-1. Αυτοματισμοί διαχείρισης του μικροκλίματος στο εσωτερικό του θερμοκηπίου. (Α) Αισθητήρες παραμέτρων μικροκλίματος, (Β) ανοιγοκλεινόμενη ενεργειακή κουρτίνα (Energy screen) για τον έλεγχο της ακτινοβολίας, (Γ-Δ) Σύστημα σωληνώσεων κυκλοφορίας θερμού νερού για τη θέρμανση του χώρου του θερμοκηπίου, (Ε-Ζ) σύστημα δροσισμού τύπου υγρής παρειάς - ανεμιστήρα. 17

Εικόνα 6-1. Σύστημα υδροπονικής κεφαλής του θερμοκηπίου. (Α) για τη δημιουργία θρεπτικού διαλύματος ανάπτυξης μικροφυκών και (Β) αποστείρωσής του με τεχνολογία UV. 20



1. Περίληψη

Στο φυσικό αντικείμενο του έργου περιλαμβάνεται μεταξύ άλλων η πιλοτική δοκιμή ετεροτροφικής καλλιέργειας σε μεγάλη κλίμακα κατάλληλων ειδών μικροφυκών που παράγουν προϊόντα που μπορούν να αξιοποιηθούν από τη βιομηχανία και μπορούν να αναπτυχθούν σε καλλιέργειες που περιέχουν υγρά απόβλητα της βιομηχανίας βιοκαυσίμων χρησιμοποιώντας ως θρεπτικά οργανικές ενώσεις και στοιχεία που περιέχονται σε αυτές. Στην παρούσα πειραματική κατεύθυνση του έργου, συγκεκριμένα είδη μικροφυκών θα χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή συμπληρωμάτων ιχθυοτροφών, οι οποίες θα αξιολογηθούν στη συνέχεια σε πειράματα διατροφής ιχθύων.

Ορισμένα μικροφύκη αναπτύσσονται ετεροτροφικά, αξιοποιώντας τον άνθρακα που τους παρέχεται με τη μορφή οργανικών ενώσεων διαλυμένων στο θρεπτικό διάλυμα ανάπτυξης, ενώ άλλα μικροφύκη αναπτύσσονται αυτοτροφικά, φωτοσυνθέτωντας και αξιοποιώντας ως πηγή άνθρακα το διοξείδιο του άνθρακα.

Η ετεροτροφική καλλιέργεια μικροφυκών μπορεί να διεξαχθεί σε μεγάλους όγκους θρεπτικού διαλύματος, σε αντίθεση με την αυτοτροφική που έχει περιορισμούς λόγω της ανάγκης διείσδυσης φωτός στην καλλιέργεια για τη φωτοσύνθεση των μικροφυκών. Έτσι, είναι δυνατό να επιτευχθούν υψηλές συγκεντρώσεις βιομάζας μικροφυκών σε μεγάλη κλίμακα κάτι που καθιστά την καλλιέργειά τους οικονομικά συμφέρουσα, ενώ ταυτόχρονα με τη δυνατότητα των μικροφυκών να αξιοποιούν για την ανάπτυξη τους άνθρακα, άζωτο και ιχνοστοιχεία από οργανικές ενώσεις στο θρεπτικό διάλυμα που περιέχονται στα υγρά απόβλητα της βιομηχανίας βιοκαυσίμων (γλυκερόλη από τη βιομηχανία παραγωγής βιοντίζελ και εκροές από την παραγωγή βιοαερίου από γεωργοκτηνοτροφικά υπολείμματα), συμβάλλουν στη μείωση της απόρριψης τους στο περιβάλλον και ενισχύουν την κυκλική οικονομία.

Στο παρών παραδοτέο γίνεται η περιγραφή της Πιλοτικής μονάδας δεξαμενών καλλιέργειας μικροφυκών μεγάλης κλίμακας σε θάλαμο

θερμοκηπίου υψηλής εγκατεστημένης τεχνολογίας στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στο Βελεστίνο.

Το σύστημα περιλαμβάνει:

- 1) 6 δεξαμενές καλλιέργειας μικροφυκών μεγάλης κλίμακας
- 2) Αυτοματισμούς ελέγχου και διαχείρισης του θρεπτικού διαλύματος των δεξαμενών καλλιέργειας μικροφυκών και του μικροπεριβάλλοντος του θερμοκηπίου και
- 3) Διασύνδεση με σύστημα υδροπονικής κεφαλής για την παρασκευή και αποστείρωση θρεπτικού διαλύματος ανάπτυξης των μικροφυκών.



Εικόνα 1-1. Ετεροτροφική καλλιέργεια μικροφύκους *Schizochytrium limacinum* SR 21 για την παραγωγή συμπληρωμάτων ιχθυοτροφών (DHA), αξιοποιώντας ως θρεπτικά, υγρά απόβλητα της βιομηχανίας βιοκαυσίμων (ακατέργαστη γλυκερόλη από την παραγωγή βιοντίτζελ και εκροές από παραγωγή βιοαερίου από γεωργοκτηνοτροφικά υπολείμματα).