

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 242154 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **429507**

(22) Data zgłoszenia: **2019.04.04**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2020.01.27 BUP 03/2020**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2023.01.23 WUP 04/2023**

(51) MKP:

C12M 1/00 (2006.01)

C12M 1/04 (2006.01)

C12M 1/12 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:
**UNIWERSYTET ROLNICZY IM. HUGONA
KOŁŁĄTAJA W KRAKOWIE, Kraków, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:
**BEATA BRZYCHCZYK, Kraków, PL
NORBERT PEDRYC, Kraków, PL
TOMASZ HEBDA, Kraków, PL
SŁAWOMIR FRANCIK, Kraków, PL
JAN GIEŁŻECKI, Kraków, PL**

(74) Pełnomocnik:
Marta Bartula-Toch, Kraków, PL

(54) Tytuł:

Układ do hodowli mikroorganizmów fotosyntetyzujących

PL 242154 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest układ do badań i optymalizacji wpływu światła na hodowlę mikroorganizmów fotosyntetyzujących.

Znane są ze stosowania i literatury patentowej różne przykłady fotobioreaktorów do hodowli mikroglonów oraz systemy doświetlania roślin. Celom naukowym do badań rozwoju roślin w warunkach kontrolowanych służą powszechnie fotobioreaktory popularnie zwane fitotronami. Komory te są sterowane z jednego panelu kontrolnego, z możliwością ustawienia indywidualnych parametrów pracy takich jak: różne temperatury, cykle dzień/noc, poziomy wilgotności, charakterystyki widmowe i natężenia oświetlenia. Źródła światła stosowane w fitotronach oparte są na diodach LED, wyselekcjonowanych pod względem długości fal tak, aby jak najlepiej wypełniały naturalne zapotrzebowanie roślin na światło słoneczne. Sterowniki umożliwiają niezależne, płynne sterowanie natężeniem kolorowych paneli LED-owych w pełnym zakresie mocy wraz z pomiarem PAR oraz RAD i z możliwością ustawienia niezależnych prędkości rozjaśniania lub zaciemniania poszczególnych kanałów oświetleniowych (świt/zmierzch).

Powyższe komory fitotronowe nie zapewniają jednak oświetlenia obiektów hodowlanych od dołu. Nie pozwalają również na symetryczne i jednorodne doświetlenie hodowli w cylindrycznym bioreaktorze, a tym samym nie zapewniają stałego i równomiernego natężenia promieniowania fotosyntetycznie czynnego PAR, docierającego do reaktora o kształcie walca, które może zapewnić cylindryczny płaszcz świetlny.

Przemysłowo stosowane są płaskie fotobioreaktory używane na zewnątrz, to znaczy w warunkach naturalnego otoczenia. Ze względu na swoją konstrukcję i położenie, charakteryzują się prostopadłym ułożeniem najdłuższego boku bioreaktora w stosunku do oświetlenia, bądź też stałym, nie dającym się płynnie zmieniać kątem nachylenia w stosunku do płaszczyzny padania promieniowania – nie pozwalają na osiągnięcie maksymalnej wydajności produkcji suchej biomasy w trakcie doby, wyrażonej jako g/L/h [g suchej masy/na jednostkę powierzchni/na czas ekspozycji]. Powyższe przekłada się na obniżone tempo fotosyntezy, a tym samym na nieefektywne wykorzystanie energii promieniowania.

Z opisu patentowego US 4,952,511 znany jest fotobioreaktor, przeznaczony do hodowli mikroorganizmów fotosyntetyzujących, a w szczególności mikroalg. Składa się on ze zbiornika, w którego wnętrzu rozciągnięta jest komora świetlna, oraz z pojedynczej lampy o wysokim natężeniu światła oświetlającej komorę świetlną. Każda komora zbiornika wyposażona jest w jedną ścianę przezroczystą oraz w urządzenie do równomiernego rozpraszania światła poprzez przezroczystą ścianę.

W opisie patentowym PL 213473 ujawniony jest fotobioreaktor, który charakteryzuje się tym, że w obiegu zamkniętym zawiera moduł hodowli fotoautotroficznej, utworzony z co najmniej trzech, przepuszczających światło kolumn połączonych szeregowo oraz moduł separacji z urządzeniem filtracyjnym i pompę, połączone systemem przewodów i zaworów z pierwszą i ostatnią kolumną modułu hodowli fotoautotroficznej, poprzez zbiornik biomasy. Ponadto, w systemie przewody wlotowe i wylotowe każdego modułu, mają własne zawory odcinające, umożliwiające wprowadzanie strumienia pożywki do pierwszej kolumny i cyrkulację hodowanej biomasy, jej separację oraz odcięcie zbiornika biomasy w trakcie hodowli mikroalg. Wyposażenie przewodów we własne zawory odcinające umożliwia tworzenie dwóch niezależnych obiegów zamkniętych, obiegu modułu hodowli fotoautotroficznej i obiegu modułu separacji. Pierwszy obieg obejmuje połączenie kolumn poprzez samą pompę, a drugi obieg obejmuje połączenie kolumn poprzez

Znany jest z polskiego opisu patentowego PL 224183 fotobioreaktor przeznaczony do hodowli mikroorganizmów w środowisku naturalnym. Wynalazek dotyczy budowy specjalistycznego płaskiego panelu fotobioreaktora podążającego za światłem naturalnym do prowadzenia hodowli mikroorganizmów, w tym zwłaszcza alg, zarówno w systemie ciągłym dla potrzeb przemysłowych jak i nieciągłym.

Według zgłoszenia patentowego WO2011090330 fotobioreaktor wyposażony jest w zbiornik hodowlany służący do hodowli mikroorganizmów fotosyntetyzujących, z wielofunkcyjnym systemem rurek wlotowych i wylotowych do i ze zbiornika. Fotobioreaktor ma pojemnik reakcyjny wykonany z przezroczystej folii, dzięki czemu jest przepuszczalny dla światła. Rozwiązanie to jest korzystne ekonomicznie dzięki możliwości łatwego montażu w miejscach, w których jest produkowany odpadowy dwutlenek węgla zapewniający mikroorganizmom optymalny wzrost.

W zgłoszeniu patentowym WO2009087567 opisany został fotobioreaktor przeznaczony do hodowli mikroorganizmów, wyposażony w transparentny zbiornik zapewniający dostęp do promieniowania

słonecznego, mający liczne elementy elastyczne, które stanowią jego podparcie w czasie wydzielania gazu z hodowli i rozprężania całego układu.

Ze stanu techniki znane są również fotobioreaktory wymienione w zgłoszeniach CN203715619, EP1599570 oraz EP2725092. Cytowane zgłoszenia ujawniają zbiorniki reakcyjne posiadające zespół cech wymienionych w preambule zastrzeżenia głównego niniejszego zgłoszenia. Opisane zbiorniki mają kształt cylindryczny, przezroczysty dla promieniowania fotosyntetycznie czynnego PAR. Osadzone są wewnątrz płaszcza świetlnego, i wyposażone są w panel świetlny denny i górny, jak również przelotowe otwory, przeznaczone do wprowadzania do wewnątrz zbiornika reakcyjnego czujników lub przewodów doprowadzających połączonych z pozostałymi elementami układu.

Dużym problemem pozostawało do tej pory zapewnienie optymalnego oświetlenia korespondującego z naturalnym zapotrzebowaniem roślin na światło słoneczne. Najnowsze badania wykazały, że zaburzenia rytmu dobowego organizmów fotosyntetyzujących wpływa drastycznie na obniżenie jakości ich funkcjonowania. Znane i stosowane fotobioreaktory nie pozwalają na zachowanie optymalnych warunków naświetlenia dla znajdującej się w nich fotoautotroficznej biomasy i nie pozwalają na sterowanie natężeniem światła padającego na powierzchnię fotobioreaktora. W przypadku zbyt intensywnego natężenia oświetlenia dochodzi do zahamowania wzrostu biomasy z powodu zbyt dużego natężenia światła (fotoinhibicja), co bezpośrednio przekłada się na wynik produktywności. Jest to szczególnie istotne w przypadku hodowania organizmów wrażliwych na zbyt intensywne oświetlenie, które występuje w okresach około południowych.

Znane i opisane rozwiązania realizujące zadanie hodowli, badania i optymalizacji w procesach namnażania mikroorganizmów fotoautotroficznych (głównie mikroalg) przy użyciu fotobioreaktorów o różnych konstrukcjach, mimo że spełniają postawione przed nimi zadania, wykazują szereg niedoskonałości, w tym związanych ze strukturą światła.

Istota rozwiązania według wynalazku polega na tym, że układ do hodowli mikroorganizmów fotosyntetyzujących zawiera przezroczysty szklany zbiornik reakcyjny stanowiący fotobioreaktor, w którym zbiornik reakcyjny ma kształt cylindryczny, a stosunek jego wysokości do średnicy wynosi od 0,2 do 0,3, ponadto jest przezroczysty w widmie widzialnym i niewidzialnym dla promieniowania fotosyntetycznie czynnego PAR. Zbiornik reakcyjny osadzony jest wewnątrz cylindrycznego płaszcza świetlnego i jest wyposażony w panel świetlny denny i panel świetlny górny, stanowiący szczelną pokrywę zbiornika reakcyjnego, a w panelu świetlnym górnym znajdują się przelotowe otwory. Każdy z otworów przeznaczony jest do wprowadzenia do wewnątrz zbiornika reakcyjnego jednego czujnika lub przewodu rurowego doprowadzającego. Czujniki lub przewody połączone są z pozostałymi elementami układu, czyli: kwantowym czujnikiem zanurzeniowym do pomiaru natężenia promieniowania fotosyntetycznego czynnego PAR, czujnikiem pomiaru temperatur, systemem dokarmiania CO₂ i wprowadzania innych gazów technologicznych, systemem odbioru biomasy, zespołem pomiaru i dezynfekcji UV przesącza, układem uzupełniania pożywki i szczepienia *inoculum* oraz systemem grzania-chłodzenia. System odbioru biomasy połączony jest przewodem rurowym przechodzącym przez otwór przelotowy w panelu świetlnym górnym z pompą ssąco-tłoczącą znajdującą się wewnątrz naczynia reakcyjnego. Układ wyposażony jest również w system sterowania barwą, natężeniem, długością czasu oświetlenia, ustawienia niezależnych prędkości symulowania wschodów i zachodów słońca. Płaszcz świetlny, panel świetlny denny i panel świetlny górny są ze sobą sprzężone, a systemy, mierniki i czujniki pomiarowe oraz system sterowania panelami świetlnymi połączone są do sterownika mikrokomputerowego.

Korzystnie płaszcz świetlny, panel świetlny denny i panel świetlny górny złożone są z lamp typu LED.

Zasadniczą zaletą rozwiązania według wynalazku jest możliwość uzyskania optymalnego oświetlenia, odwzorowujące naturalne zapotrzebowanie roślin na światło słoneczne. Sterowniki umożliwiają niezależne, płynne sterowanie natężeniem kolorowych paneli LEDowych w pełnym zakresie mocy wraz z pomiarem PAR oraz RAD wraz z możliwością ustawienia niezależnych prędkości rozjaśniania lub zaciemniania poszczególnych kanałów oświetleniowych (świt/zmierzch). Układ pracuje w ściśle kontrolowanych i programowanych warunkach, co czyni go praktycznie bezobsługowym i w znacznym stopniu zwiększa wydajność prowadzonej hodowli. Dzięki temu układ nadaje się do wykorzystania w skali pół-przemysłowej i przemysłowej.

Rozwiązanie według wynalazku zostało zilustrowane przykładem wykonania na rysunku, na którym Fig. 1 stanowi schemat układu, a Fig. 2 – widok zbiornika reakcyjnego z płaszczem świetlnym.

Fotobioreaktor 1 stanowi szklany, cylindryczny, zbiornik reakcyjny o stosunku wysokości do średnicy wynoszącym od 0,2 do 0,3, przezroczysty w widmie widzialnym i niewidzialnym dla promieniowania

fotosyntetycznie czynnego PAR, osadzony wewnątrz systemu oświetleniowego w skład którego wchodzi: cylindryczny płaszcz świetlny 2, denny panel świetlny 3 oraz górny panel świetlny 4, stanowiący szczelną pokrywę reaktora. Układ fotobioreaktora wyposażony jest w kwantowy czujnik zanurzeniowy do pomiaru natężenia promieniowania fotosyntetycznie czynnego PAR 6, czujnik pomiaru temperatur 7, system dokarmiania CO₂ i wprowadzania innych gazów technologicznych 8, system odbioru biomasy 9, zespół pomiaru i dezynfekcji UV przesączu 10, uzupełniania pożywki i szczepienia *inoculum* 11 oraz system grzania-chłodzenia 12. System odbioru biomasy 9 połączony jest przewodem rurowym przechodzącym przez otwór przelotowy w panelu świetlnym górnym 4 z pompą ssąco-tłoczącą 5 znajdującą się wewnątrz naczynia reakcyjnego 1.

Górny panel świetlny 4, poprzez wykonane w nim otwory przelotowe, zapewnia doprowadzenie mediów niezbędnych do prowadzenia hodowli, takich jak:

- dyfuzor systemu dokarmiania CO₂ i innych gazów technologicznych, zaopatrzonego w dolotowy króciec z zaworem odcinającym, miernikiem ilości podawanego gazu,
- system mieszania i poboru biomasy – pompa ssąco-tłocząca z króćcem spustowym do usuwania biomasy z zaworem odcinającym,
- czujnik pomiaru temperatury,
- system pomiaru przesączu i dezynfekcji UV,
- system podawania *inoculum* oraz uzupełniania pożywki,
- system chłodzenia i grzania.

Wszystkie systemy, mierniki i czujniki pomiarowe są połączone do sterownika mikrokomputerowego (MCU – Microcomputer unit) 13, do którego są również połączone sterowniki oświetlenia trzech paneli świetlnych.

Zastrzeżenia patentowe

1. Układ do hodowli mikroorganizmów fotosyntetyzujących zawierający przezroczysty szklany zbiornik reakcyjny stanowiący fotobioreaktor, w którym zbiornik reakcyjny (1) ma kształt cylindryczny, a stosunek jego wysokości do średnicy wynosi od 0,2 do 0,3, ponadto jest przezroczysty w widmie widzialnym i niewidzialnym dla promieniowania fotosyntetycznie czynnego PAR, przy czym zbiornik reakcyjny (1) osadzony jest wewnątrz cylindrycznego płaszcza świetlnego (2) i jest wyposażony w panel świetlny denny (3) i panel świetlny górny (4), stanowiący szczelną pokrywę zbiornika reakcyjnego (1), a w panelu świetlnym górnym (4) znajdują się przelotowe otwory, przy czym każdy z otworów przeznaczony jest do wprowadzenia do wewnątrz zbiornika reakcyjnego (1) jednego czujnika lub przewodu rurowego doprowadzającego **znamienny tym**, że czujniki lub przewody połączone są z pozostałymi elementami układu, czyli: kwantowym czujnikiem zanurzeniowym (6) do pomiaru natężenia promieniowania fotosyntetycznie czynnego PAR, czujnikiem pomiaru temperatur (7), systemem dokarmiania CO₂ i wprowadzania innych gazów technologicznych (8), systemem odbioru biomasy (9), zespołem pomiaru i dezynfekcji UV przesączu (10), układem uzupełniania pożywki i szczepienia *inoculum* (11) oraz systemem grzania-chłodzenia (12), przy czym system odbioru biomasy (9) połączony jest przewodem rurowym przechodzącym przez otwór przelotowy w panelu świetlnym górnym (4) z pompą ssąco-tłoczącą (5) znajdującą się wewnątrz naczynia reakcyjnego (1), a układ wyposażony jest również w system sterowania barwą, natężeniem, długością czasu oświetlenia, ustawienia niezależnych prędkości symulowania wschodów i zachodów słońca, przy czym płaszcz świetlny (2), panel świetlny denny (3) i panel świetlny górny (4) są ze sobą sprzężone, a systemy, mierniki i czujniki pomiarowe oraz system sterowania panelami świetlnymi połączone są do sterownika mikrokomputerowego (13).
2. Układ według zastrz. 1, **znamienny tym**, że płaszcz świetlny (2), panel świetlny denny (3) i panel świetlny górny (4) złożone są z lamp typu LED.

Rysunki

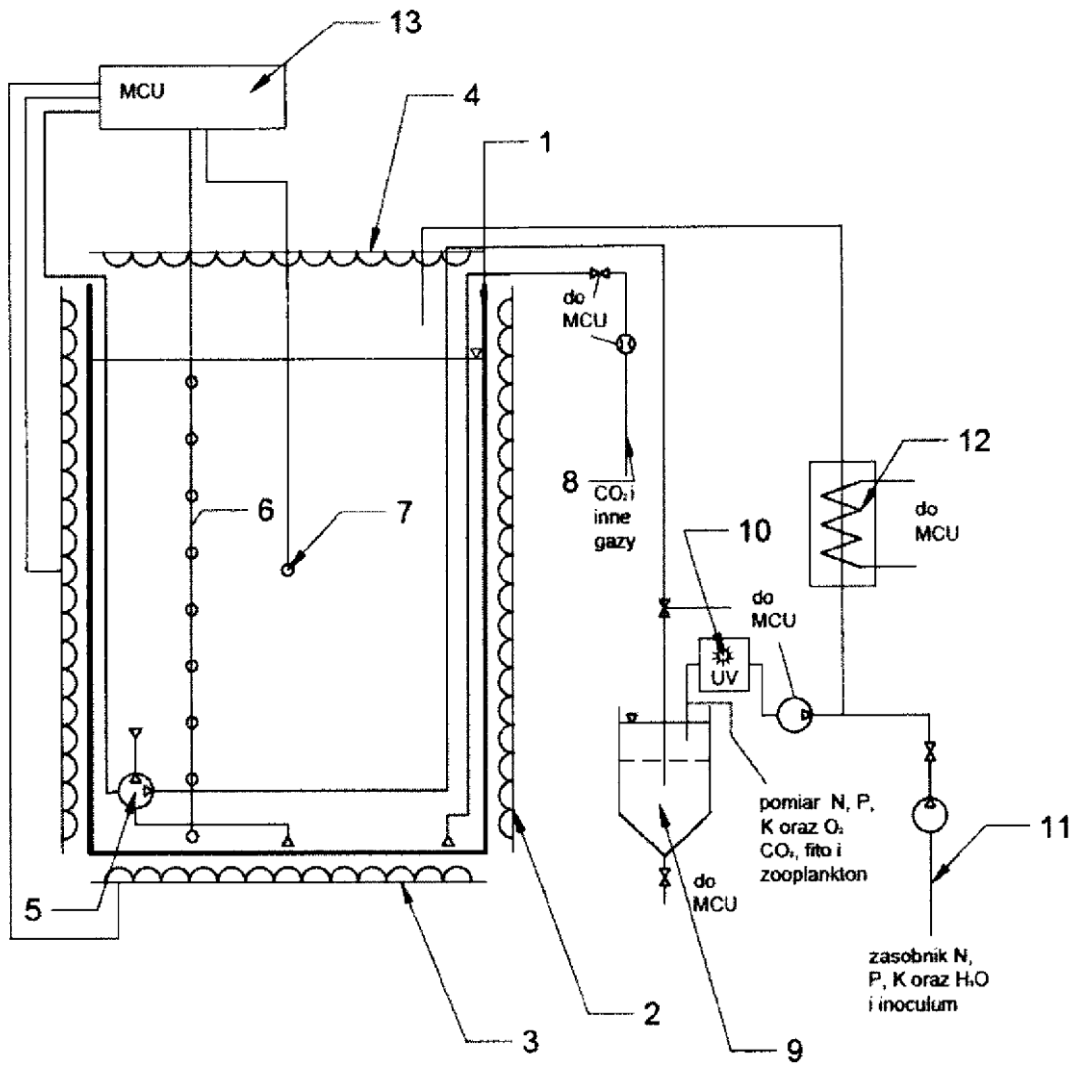


Fig. 1

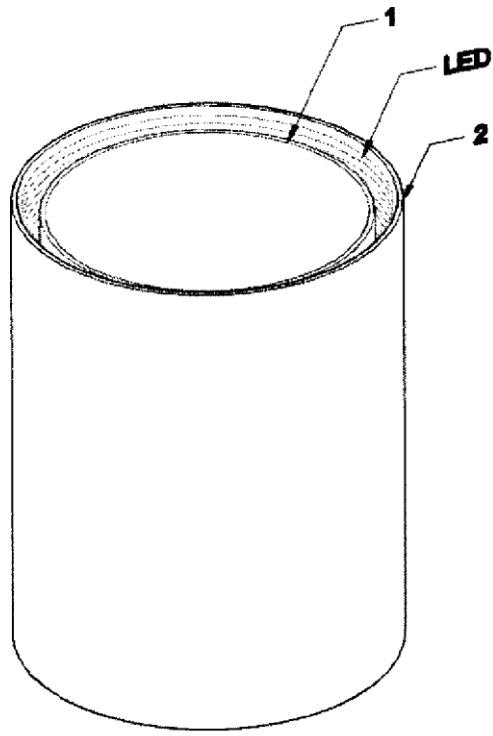


Fig. 2