

Wojciech GRZESIAK
Marek ŻUPNIK

ANALIZA MOŻLIWOŚCI I ZASADNOŚCI ZASTOSOWANIA TECHNOLOGII SSL LED W PROCESIE DOŚWIETLANIA UPRAW TRAWY PSZENICZNEJ

STRESZCZENIE *Trawy zbóż, a zwłaszcza trawa pszeniczna, są coraz częściej postrzegane i doceniane jako produkt spożywczy bogaty w naturalne witaminy, minerały, chlorofil, enzymy i składniki odżywcze. Soki z nich odżywiają, wzmacniają odporność organizmu, hamują rozwój wolnych rodników tlenowych, leczą choroby skóry, zapobiegają stanom zapalnym, redukują cholesterol, zmniejszają ryzyko miażdżycy tętnic, neutralizują pestycydy, pomagają w utrzymaniu właściwej masy ciała, detoksykują krew i wątrobę, naprawiają DNA.*

W artykule podjęto tematykę związaną z procesem ich doświetlania, które jest bardzo istotne zwłaszcza w okresie jesienno-zimowym. Zaprezentowano i przedyskutowano przydatność systemu do prowadzenia prac eksperymentalnych związanych z optymalizacją procesu doświetlania upraw trawy pszenicznej. System ten pozwala na opracowanie założeń projektowych, wspomaganie projektowania i wdrożenie do produkcji dedykowanych, niskokosztowych, energooszczędnych i niezawodnych lamp LED, przeznaczonych do zoptymalizowanego wspomaganie domowych upraw trawy pszenicznej.

Słowa kluczowe: *trawy zbóż, trawa pszeniczna, sok z trawy pszenicznej, doświetlanie roślin, technologia SSL LED, oprawa oświetleniowa LED, system sterowania*

dr inż. Wojciech GRZESIAK
e-mail: grzesiak@ite.waw.pl

Instytut Technologii Elektronowej Oddział w Krakowie
ul. Zabłocie 39, 30-701 Kraków

mgr inż. Marek ŻUPNIK
e-mail: marek@pxm.pl

Firma PXM w Krakowie
ul. Przemysłowa 12, 30-701 Kraków

1. WSTĘP

Trawa pszeniczna, a zwłaszcza sok z niej, jest obecnie jednym z najbardziej znanych oraz coraz częściej postrzeganych i docenianych prozdrowotnych produktów spożywczych, bogatych w naturalne witaminy, minerały, chlorofil, enzymy i składniki odżywcze.

Porównanie zawartości witamin, minerałów, białka i tłuszczu w trawie oraz wybranych produktach spożywczych zebrano w tabeli 1. Tabelę opracowano na podstawie pozycji literatury [1] i [4]. Na żółto zaznaczono maksymalne zawartości poszczególnych składników.

TABELA 1

Porównanie zawartości witamin, minerałów, białka i tłuszczu w trawie pszenicznej (sucha masa), w trzydniowych kielkach pszenicy i w wybranych produktach (świeża masa)

Na 100 g produktu		Trawa	Kielki	Szpinak	Brokuły	Jajka	Kurczak
Białko	g	25,000	7,490	2,860	2,980	12,440	17,550
Tłuszcz	g	7,980	1,270	0,350	0,350	9,980	20,330
Wapń	mg	321,000	28,000	99,000	48,000	49,000	10,000
Żelazo	mg	24,900	2,140	2,710	0,880	1,440	1,040
Magnez	mg	112,000	82,000	79,000	25,000	10,000	20,000
Fosfor	mg	575,000	200,000	49,000	66,000	177,000	172,000
Potas	mg	3225,000	169,000	558,000	325,000	120,000	204,000
Sód	mg	18,800	16,000	79,000	27,000	280,000	71,000
Cynk	mg	4,870	1,650	0,530	0,400	1,100	1,190
Miedź	mg	0,375	0,261	0,130	0,045	0,014	0,074
Mangan	mg	2,450	1,858	0,897	0,229	0,026	0,019
Selen	mcg	2,500	b/d	1,000	3,000	30,800	b/d
Witamina C	mg	214,500	2,600	28,100	93,200	0,000	2,400
Tiamina	mg	0,350	0,225	0,078	0,065	0,049	0,114
Ryboflawina	mg	16,900	0,155	0,189	0,119	0,430	0,167
Niacyna	mg	8,350	3,087	0,724	0,638	0,062	6,262
Kwas pantotenowy	mg	0,750	0,947	0,065	0,535	1,125	0,920
Witamina B6	mg	1,400	0,265	0,195	0,159	0,118	0,330
Kwas foliowy	mcg	1110,000	38,000	194,400	71,000	35,000	6,000
Witamina B12	mcg	0,800	0,000	0,000	0,000	0,800	0,320
Witamina A	j.m.	513,000	0,000	6715,000	b/d	632,000	178,000
Witamina A RE	mcg	2520,000	0,000	672,000	154,000	190,000	52,000
Witamina E	mg	9,100	0,050	1,890	1,660	1,050	b/d

Trawa pszeniczna zawiera dużo chlorofilu (ponad 1000 mg na 100 g soku) – „zielonego pigmentu”, który odgrywa ważną rolę w procesie fotosyntezy w roślinach. Chlorofil pod względem budowy strukturalnej należy do tej samej grupy związków, co hem w organizmach zwierzęcych, który transportuje tlen w organizmie za pomocą erytro-

cytów, zwanych również czerwonymi krwinkami. Związek ten (chlorofil) ma korzystny wpływ na zdrowie ludzi i zwierząt:

- oczyszcza krew, nerki, wątrobę,
- poprawia odporność,
- wspomaga utrzymanie prawidłowego poziomu cukru,
- pomaga w leczeniu stanów zapalnych, ran, wrzodów, krwawiących dziąseł, bólu gardła i zaparc.

Zgodnie z opinią wielu naukowców i lekarzy, picie soku z trawy pszenicznej pomaga także w leczeniu chorób skóry, utrzymaniu prawidłowej masy ciała czy obniżeniu poziomu cholesterolu [1, 2]. Zawartość naturalnych antyoksydantów, tj. witamin C, E i karotenu (prowitamina A), wspomaga ochronę przed wolnymi rodnikami niszczącymi strukturę komórek, a tym samym spowalnia proces starzenia. Jednym z enzymów znalezionych w soku z trawy pszenicznej jest dysmutaza ponadtlenkowa (ang. *superoxide dismutase* – SOD). SOD występuje naturalnie w komórkach, a jej funkcja polega na neutralizowaniu produktów metabolizmu ponadtlenków. Wysoki poziom ponadtlenków, będący konsekwencją między innymi oddziaływania szkodliwego promieniowania, zanieczyszczenia środowiska, przyjmowania niektórych leków oraz środków konserwujących, może powodować uszkodzenie tłuszczów, DNA i ogólnej struktury komórek organizmu. Badania pokazują, że SOD odgrywa ponadto ważną rolę w spowalnianiu procesu starzenia komórek, a także działa jako środek przeciwzapalny. Trawa pszeniczna skutecznie stosowana jest w leczeniu niskiego poziomu żelaza w surowicy krwi oraz przy zatruciach krwi. Badania wykazały także pozytywny wpływ trawy pszenicznej na płodność (poprzez stymulowanie naprawy męskich komórek rozrodczych i DNA).

Podsumowując, picie soku z trawy pszenicznej może przynosić wiele korzyści, dlatego należy podjąć badania mające na celu dogłębne poznanie jej wpływu na zdrowie, a także uświadomić społeczeństwu wartości soków z traw zbóż i zachęcić do korzystania z ich dobrodziejstw.

Na podkreślenie zasługują również wyniki badań opisane w [1], które przeprowadził dr Charles F. Schnabel. Na ich podstawie można oszacować, że w 100 ml soku z trawy pszenicznej znajduje się równowartości składników odżywczych dostępnych w ponad dwóch kilogramach owoców i jarzyn.

Powyższy tekst opracowano w oparciu o pozycje literaturowe [1, 2, 4].

Głównym celem badań jest optymalizacja parametrów doświetlania trawy pszenicznej, która w przyszłości pozwoli na zaprojektowanie i wdrożenie do produkcji niskokosztowego systemu doświetlania.

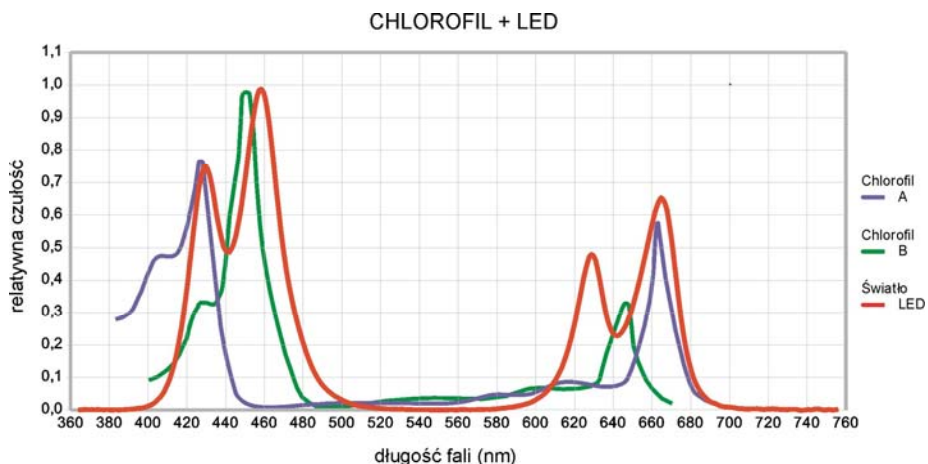
2. OPIS SYSTEMU DOŚWIETLANIA

Analiza krzywych absorpcji chlorofili a i b [3], najnowszych możliwości technologii SSL LED oraz konsultacje ze specjalistami z zakresu fizjologii roślin pozwalają na wstępne stwierdzenie, że zastosowanie diod LED emitujących światło o długościach fal odpowiadających maksimum absorpcji, zapewnia optymalizację procesu fotosyntezy, pozwalającą na uzyskanie największej zawartości chlorofilu.

Wprowadzenie doświetlania pozwala również na uprawę traw w miejscach całkowicie pozbawionych dostępu do światła słonecznego.

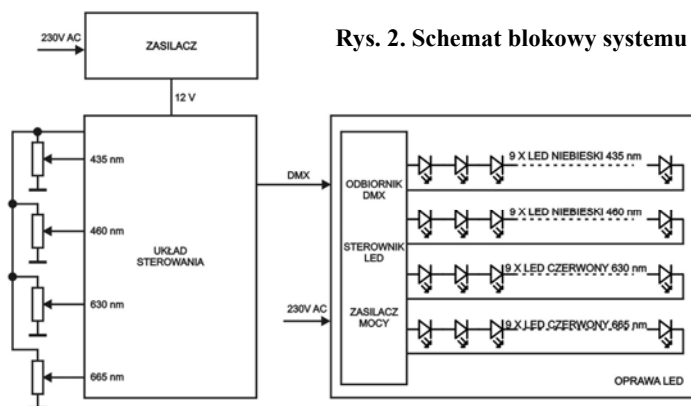
Na potrzeby eksperymentu zastosowano diody LED emitujące światło o długościach fal 435, 460, 630, 665 nm, umożliwiające uzyskanie w odległości 40 cm od lampy liczności fotonów na poziomie $200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

Na rysunku 1 przedstawiono porównanie charakterystyk spektralnych prezentowanej lampy i krzywych absorpcji chlorofilu.



Rys. 1. Charakterystyka spektralna lampy LED oraz krzywe chlorofilu a i b

System został zaprojektowany i wykonany w taki sposób, aby zapewnić płynną i niezależną regulację liczności fotonów w każdym z zakresów długości fal emitowanego światła. Na rysunku 2 przedstawiono schemat blokowy systemu.



Rys. 2. Schemat blokowy systemu

Składa się on z:

- lampy wykonanej w klasie szczelności IP65 i wyposażonej w cztery grupy po dziewięć diod LED, jeden zasilacz napięciowy oraz cztery regulowane źródła prądowe;

- układu sterowania wyposażonego w ekran LCD, pokazujący aktualne parametry ustawień systemu;
- zestawu czterech potencjometrów dziesięcioobrotowych, pozwalających na precyzyjny dobór nastaw.

Na rysunku 3 pokazano wygląd zewnętrzny lampy zastosowanej w systemie.



Rys. 3. Wygląd zewnętrzny lampy LED zastosowanej w systemie

Na rysunku 4 pokazano wygląd zewnętrzny sterownika zastosowanego w systemie. Sterownik ten pozwala zarówno na procentowe ustawienie poziomów liczności fotonów poszczególnych składowych widma, jak i programowanie czasu załączania i wyłączenia procesu doświetlania.

Na rysunku 5 pokazano przykładowe zrzuty z ekranu sterownika.

Sterowanie lampą odbywa się za pośrednictwem protokołu cyfrowego DMX-512 [5], zdefiniowanego przez USITT (United States Institute for Theatre Technology). Takie rozwiązanie daje możliwość ewentualnej rozbudowy systemu i umieszczenia układu sterowania w znacznej odległości od stanowisk badawczych.



Rys. 4. Wygląd zewnętrzny sterownika zastosowanego w systemie



Rys. 5. Przykładowe zrzuty z ekranu sterownika

3. OPIS EKSPERYMENTU

Do przeprowadzenia eksperymentu wybrano ziarna twardej pszenicy ozimej uprawianej bez użycia nawozów sztucznych. Ziarna te moczone przez 12 godzin w pojemniku szklanym (woda zastosowana do moczenia i stosowana w dalszych częściach eksperymentu została przefiltrowana przy zastosowaniu dzbanka filtrującego

Brita Marella XL z wkładem typu Maxtra.). Następnie, dla przeprowadzenia wstępnego kiełkowania, ziarna umieszczono na dwie doby w worku z płótna lnianego i co 12 godzin przepłukiwano wodą. W kolejnym etapie plastikowe tacki uprawowe o wymiarach $34 \times 34 \times 4$ cm wypełniono 3,5 cm warstwą 100% organicznej ziemi kwiatowej BioBizz Light-Mix, na powierzchni której wysadzono podkiełkowane ziarno pszenicy. Tacki umieszczono na parapecie okiennym. W ramach eksperymentu przeprowadzono 5 cykli upraw. W każdym cyklu jedna tacka doświetlana była wyłącznie światłem dziennym, druga dodatkowo przez 16 godzin na dobę światłem pochodzącym z lampy LED. Wygląd zewnętrzny tacy z trawą wyhodowaną z zastosowaniem lampy LED pokazano na rysunku 6.



Rys. 6. Wygląd zewnętrzny tacki uprawowej doświetlanej lampą LED



Rys. 7. Porównanie wybarwienia uprawy doświetlanej światłem dziennym (po lewej) i dodatkowo lampą LED (po prawej)

Uprawę doświetlano z wysokości 40 cm, wykorzystując pełną zdolność emisyjną lampy. Po dziesięciu dniach, gdy trawa osiągnęła wysokość ok. 18 cm, w wybranych kilkunastu punktach dokonano pomiarów porównawczych zawartości chlorofilu. Do pomiarów wykorzystano miernik chlorofilu (chlorophyll content meter) model CL-01, wyprodukowany przez firmę HANSATECH.

Następnie przystąpiono do procesu wyciśnięcia soku z trawy. W tym celu zastosowano komercyjną wyciskarkę do soków typu Omega 8006, należąca do grupy wyciskarek ślimakowych. Jest to wyciskarka wolnoobrotowa (od 75 do 85 obr./min.), w której wyciskanie soku następuje na skutek miażdżenia i wyciskania surowca przez

walek ślimakowy, obracający się wewnątrz odpowiednio ukształtowanego stożka z wyciśniętego tworzywa sztucznego. Konstrukcja taka pozwala na zachowanie właściwości prozdrowotnych soku. Należy dodać, że tak pozyskany sok powinno się skosztować najlepiej do dziesięciu minut od jego wytworzenia. Do wytwarzania soku niedopuszczalne jest stosowanie ogólnodostępnych sokowirówek. Wygląd stanowiska do wyciskania soku pokazano na rysunku 8.



Rys. 8. Wygląd stanowiska do wyciskania soku

Pomiary charakterystyk spektralnych lamp LED przedstawione na rysunku 1 zostały wykonane przez autorów przy pomocy spektrofotometru BTS256 firmy GIGAHERTZ OPTIK.

Do pomiarów liczności fotonów zastosowano miernik LI-250 wyposażony w sondę LI190 SA, wyprodukowany przez specjalistyczną firmę LI-COR.

4. WYNIKI EKSPERYMENTÓW

Dokonane pomiary pozwoliły na wstępną ocenę, że doświetlenie spowodowało 20-procentowy wzrost zawartości chlorofilu. Stwierdzono również, że trawa doświetlana lampą LED była intensywniej wybarwiona (rysunek 7).

Wstępne wyniki eksperymentów pozwalają na potwierdzenie przydatności i zasadności zastosowania systemu bazującego na technologii SSL LED w procesie doświetlania upraw traw zbóż, w tym również trawy pszenicznej.

Prace te będą kontynuowane, a ich wyniki doprowadzą do opracowania i wykonania modelu oraz przygotowania założeń pozwalających na przygotowanie uruchomienia produkcji niskokosztowej lampy LED, dostępnej dla szerokiego grona potencjalnych konsumentów.

Dla prowadzenia dalszych prac badawczych i pozyskania środków na ich prowadzenie celem jest założenie interdyscyplinarnego konsorcjum, w skład którego dodatkowo wchodziłoby specjaliści z zakresu fizjologii roślin, technologii żywienia oraz nauk medycznych.

Podziękowania

Autorzy pragną podziękować Panu Januszowi Stepniewskiemu, prezesowi Firmy MAX DETOX MD w Częstochowie za wprowadzenie w tematykę, udostępnienie materiałów i przekazanie swoich doświadczeń.

LITERATURA

1. Meyerowitz S.: Trawy zbóż. Najcenniejszy lek natury, Wydawnictwo PURANA, Lutynia, 2011.
2. Wigmore A.: Trawa pszeniczna – na zdrowie, Fundacja Źródło Życia, Mszczonów, 2013.
3. Wellburn A.R.: The Spectral Determination of Chlorophylls a and b, as well as Total Carotenoids, Using Various Solvents with Spectrophotometers of Different Resolution, Journal of Plant Physiology, Volume 144, Issue 3, pp. 259-432 (September 1994).
4. Materiały szkoleniowe „Living foods lifestyle”, ANN WIGMORE NATURAL HEALTH INSTITUTE, Puerto Rico, 2007.
5. ANSI E1.11 – USITT DMX512-A: Asynchronous Serial Digital Data Transmission Standard for Controlling Lighting Equipment and Accessories.

Rękopis dostarczono dnia 16.04.2014 r.

ANALYSIS OF POSSIBILITIES AND REASONABLENESS OF THE APPLICATION OF SSL LED IN THE PROCESS OF WHEAT GRASS CULTIVATION LIGHTING

Wojciech GRZESIAK, Marek ŻUPNIK

ABSTRACT *Cereal grasses, and especially wheat grass, are more and more frequently recognized as a natural food product, rich in natural vitamins, minerals, chlorophyll, enzymes and nutrients. Their juices: nourish, strengthen the immune system, inhibit development of free oxygen radicals, heal skin diseases, prevent from inflammatory disorders, reduce cholesterol, decrease a risk of atherosclerosis, neutralize pesticides, help with keeping the proper body weight, remove toxic substances from blood and liver, and improve DNA.*

The article discusses the subject connected with the process of artificial lighting wheat grasses, produced at home conditions, which is essential especially in the period of autumn and winter. The experimental system, connected with the optimization of the process of wheat grass lighting during cultivation has been presented and discussed. This system enables to elaborate

project assumptions, support designing and implement dedicated, low-cost, energy-saving and reliable LED lamps into production intended for the optimised support of indoor wheat grass cultivation.

Keywords: *cereal grasses, wheat grass, wheat grass juice, plant lighting, SSL LED technology, LED fixture, control system*

Dr inż. Wojciech GRZESIAK w roku 1973 ukończył studia wyższe na Wydziale Podstawowych Problemów Techniki Politechniki Wrocławskiej i uzyskał tytuł zawodowy magistra inżyniera fizyki. W roku 2009 w Instytucie Technologii Elektronowej w Warszawie obronił pracę doktorską pt. "Implementacja algorytmów wyszukiwania punktu mocy maksymalnej w regulatorach ładowania autonomicznych systemów fotowoltaicznych" i uzyskał stopień naukowy doktora nauk technicznych w dyscyplinie elektronika. Pracuje w Krakowskim Oddziale Instytutu Technologii Elektronowej na stanowisku Adiunkta – Kierownika Pracowni Elektroniki.



Jest autorem i współautorem 162 publikacji krajowych i zagranicznych, kierownikiem lub głównym wykonawcą 12 projektów naukowo-badawczych oraz współautorem kilkunastu patentów. Specjalizuje się w zakresie technologii i konstrukcji mikroelektronicznych układów grubowarstwowych, serwisie i budowie aparatury pomiarowej, technologii rezystorów specjalnych, a przez ostatnie dziewięć lat w tematyce związanej fotowoltaiką oraz zastosowaniami technologii SSL LED.



Mgr inż. Marek ŻUPNIK w roku 1981 ukończył studia wyższe na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki i Elektroniki Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie i uzyskał tytuł magistra inżyniera elektronika. W latach 1981-1992 pracował w Instytucie Fizyki Jądrowej w Krakowie oraz w Kernforschungsanlage Jülich. Od roku 1991 jest współwłaścicielem firmy PXM, która zajmuje się projektowaniem i produkcją systemów sterowania oświetleniem oraz stosowaniem technologii SSL LED.

