

METODA WYZNACZANIA DAWKI ENERGII PROMIENIOWANIA
LASEROWEGO W PROCESIE STYMULACJI NASION WIĄZKĄ
ROZBIEŻNĄ

Bożena Gładyszewska, Agata Dziwulska, Jacek Gowin

Katedra Fizyki AR, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin
e-mail: fizar19@ursus.ar.lublin.pl

Streszczenie. Do badań wykorzystano laser He-Ne oraz nasiona lucerny siewnej odmiany Legend i mieszańcowej odmiany Radius. Wyznaczono rozkład gęstości powierzchniowej energii w obszarze naświetlanym oraz powierzchnię czynną nasion. Uwzględniając fakt, że w obszarze oświetlonym nasiona poruszają się ruchem jednostajnie przyspieszonym uzyskano równanie umożliwiające wyznaczenie dawki energii, dostarczanej nasionom, zależnej od parametrów układu doświadczalnego oraz od powierzchni czynnej.

Słowa kluczowe: stymulacja, dawka promieniowania laserowego, laser He-Ne, lucerna

WSTĘP

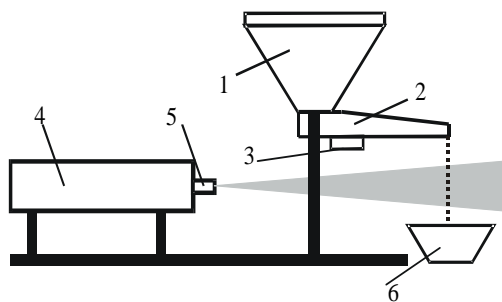
W celu uzyskania dużych i dobrych jakościowo plonów roślin uprawnych niezbędne jest odpowiednie przygotowanie nasion przed wysiewem. Można tego dokonać poprzez ulepszanie materiału siewnego za pomocą zastosowania naświetlania przedsewną wiązką rozbieżną lasera He-Ne [7,10]. Stymulacja laserowa jest zjawiskiem fizycznym, które polega na pochłanianiu energii świetnej przez nasiona, a następnie przekształceniu ją w chemiczną, wykorzystaną w późniejszym wzroście i rozwoju roślin. Dostarczenie energii wpływa na podwyższenie potencjału energetycznego nasion, co ma wpływ na przebieg procesów fizjologicznych w kiełkujących nasionach [2-4,8].

Zaletami przedsewniej obróbki nasion światłem lasera He-Ne są: lepsze wschody, przyspieszone dojrzewanie, zwiększone plonowanie roślin, większa odporność na choroby i niesprzyjające warunki siedliska, a także wyższa jakość biologiczna i przetwórcza plonów [7].

Celem niniejszej pracy było ustalenie dawki energii promieniowania laserowego, padającego na powierzchnię czynną nasion lucerny siewnej odmiany Legend i mieszańcowej odmiany Radius w procesie przedsewnej stymulacji metodą laserowej wiązki rozbieżnej.

METODA I UZYSKANE REZULTATY

Metoda wiązki rozbieżnej polega na naświetlaniu nasion rozproszonym światłem lasera helowo-neonowego w trakcie ich swobodnego spadku (rys. 1) [1]. Aby wyznaczyć energię promieniowania laserowego, jaka jest dostarczana na powierzchnię nasion, posłużono się przedstawioną poniżej procedurą.



Rys. 1. Urządzenie do przedsewnej laserowej stymulacji nasion metodą wiązki rozbieżnej: 1 – kosz zasypowy z dozownikiem, 2 – rynienka, 3 – wibrator rynienki, 4 – laser, 5 – obiektyw mikroskopowy, 6 – naczynie na nasiona

Fig. 1. A stand for pre-sowing laser treatment of seeds: 1 – charging hopper with metering device, 2 – chute, 3 – vibrator, 4 – laser, 5 – microscope lens, 6 – seed dish

Różniczkowa gęstość energii dE otrzymywana przez nasiona w czasie dt , wyraża się wzorem:

$$dE = P(x) \cdot dt \quad (1)$$

gdzie $P(x)$ jest rozkładem gęstości mocy promieniowania laserowego w obszarze pokonywanym przez spadające nasiona. Ponieważ spadek nasion następuje ruchem jednostajnie przyspieszonym, to równanie (1) możemy zapisać:

$$dE = P(x) \cdot \frac{dx}{v(x)} \quad (2)$$

gdzie dx jest przyrostem drogi, a $v(x)$ aktualną prędkością przemieszczania się nasion. Uwzględniając proste zależności: $v = gt$ oraz

$t = \sqrt{\frac{2x}{g}}$ (gdzie g to przyspieszenie ziemskie) możemy zapisać, że:

$$dE = \frac{1}{\sqrt{2g}} P(x) \cdot x^{-1/2} \cdot dx \quad (3)$$

Gęstość powierzchniowa dostarczanej energii E wyraża się więc następująco:

$$E = \int_{x_0}^{x_k} P(x) \cdot \frac{dx}{v(x)} = \frac{1}{\sqrt{2g}} \int_{x_0}^{x_k} P(x) \cdot x^{-1/2} \cdot dx \quad (\text{mJ} \cdot \text{cm}^{-2}) \quad (4)$$

gdzie x_0 i x_k są współrzędnymi odpowiadającymi początkowi i końcowi drogi przemieszczających się nasion przez obszar oświetlony promieniowaniem laserowym. Aby wyznaczyć energię promieniowania ε , dostarczaną nasionom należy uwzględnić także ich powierzchnię czynną S . Wtedy:

$$\varepsilon = E \cdot S \quad (5)$$

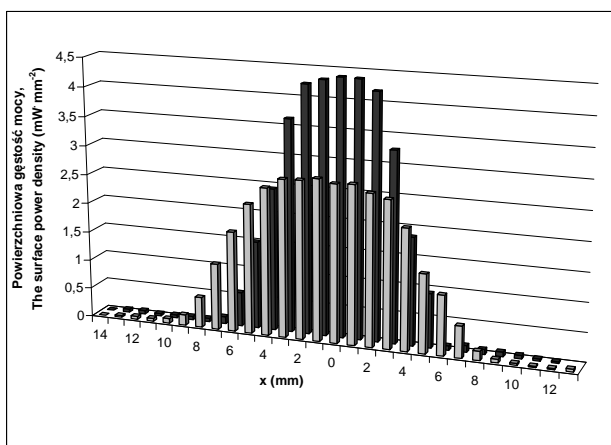
zaś po podstawieniu równania (4) do (5):

$$\varepsilon = S \cdot \frac{1}{\sqrt{2g}} \int_{x_0}^{x_k} P(x) \cdot x^{-1/2} \cdot dx \quad (\text{mJ}) \quad (6)$$

Całkę występującą w równaniu (6) możemy wyznaczyć bezpośrednio z danych eksperymentalnych:

$$\int_{x_0}^{x_k} P(x) \cdot x^{-1/2} \cdot dx \approx \sum_{i=1}^n P_i \cdot x_i^{-1/2} \cdot \Delta x = \Delta x \cdot \sum_{i=1}^n P_i \cdot x_i^{-1/2} \quad (7)$$

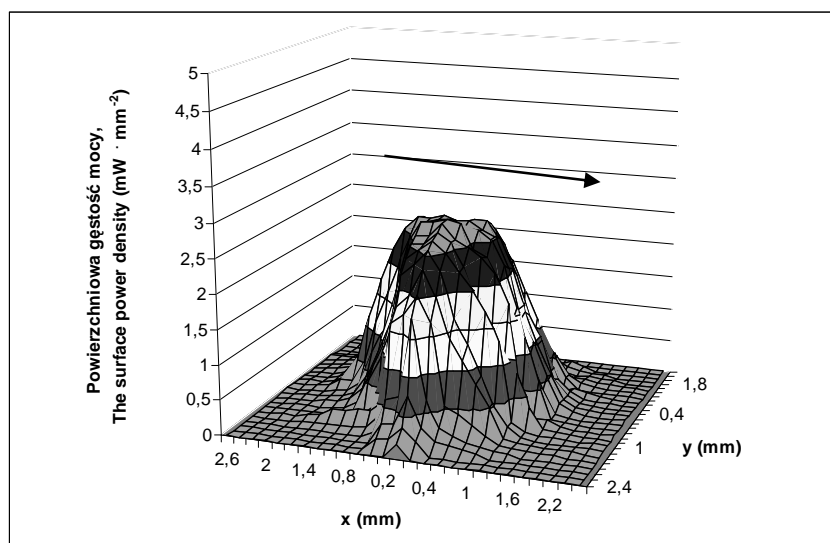
Należy przy tym pamiętać o uwzględnieniu przesunięcia położenia rynienki zsykowej (początek ruchu jednostajnie przyspieszonego nasion) względem środka obszaru oświetlonego (w naszym układzie 20 mm). Fakt ten jest zawarty w poprawnym przedstawieniu rozkładu $P(x)$ (rys. 2).



Rys. 2. Rozkład powierzchniowej gęstości mocy $3 \text{ mW} \cdot \text{cm}^{-2}$ (szare słupki) i $6 \text{ mW} \cdot \text{cm}^{-2}$ (czarne słupki) promieniowania laserowego. X jest odlegością środka wiązki rozbieżnej od końca rynienki

Fig. 2. Distribution of the surface power density of $3 \text{ mW} \cdot \text{cm}^{-2}$ (gray bars) and $6 \text{ mW} \cdot \text{cm}^{-2}$ (black bars) of laser radiation. X is the distance between the center of the laser beam and the end of the chute

Przy zastosowaniu dwóch powierzchniowych gęstości mocy 3 i $6 \text{ mW}\cdot\text{cm}^{-2}$ obliczona dawka promieniowania wynosiła około $2,1 \text{ mW}\cdot\text{mm}^{-2}$, podczas przemieszczania się nasion przez środek obszaru naświetlania. Ta sama wartość wynikała z innego rozkładu gęstości mocy – szerszy rozkład przy mniejszej wartości maksymalnej oraz węższy przy większej wartości maksymalnej (rys. 3 i rys. 4).

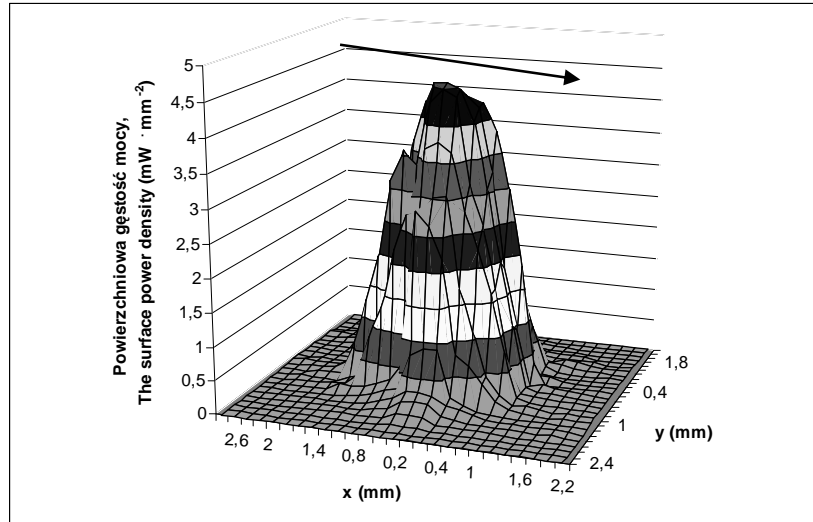


Rys. 3. Rozkład powierzchniowej gęstości mocy promieniowania laserowego w obszarze spadku nasion. Wyjściowa moc lasera wynosiła $3 \text{ mW}\cdot\text{cm}^{-2}$. Strzałka oznacza kierunek przesuwania się nasion

Fig. 3. Distribution of the surface power density of laser radiation in the area of fall of seeds. The initial laser power is equal to $3 \text{ mW}\cdot\text{cm}^{-2}$. The arrow shows the direction of the movement of the seeds

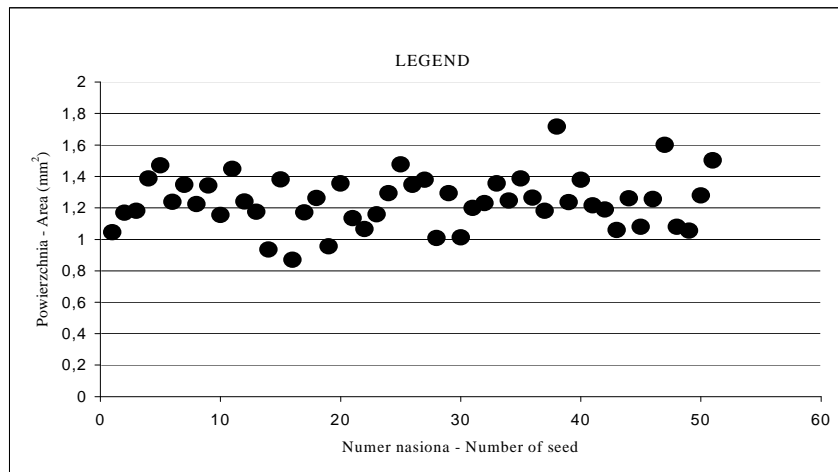
Do wykonania pomiaru powierzchni czynnej użyto kamery CCD połączonej z komputerem. Nasiona umieszczono na stoliku mikroskopowym i przy pomocy kamery wprowadzono ich obrazy do pamięci komputera. Obrazy przetworzono w programie graficznym zmniejszając liczbę kolorów do dwóch – czarnego i białego tak, aby powierzchnia nasienia była czarna, a tło białe. Przy pomocy programu „Planimetr” [5,6] określono powierzchnię czynną S , a następnie jej wartość podstawiono do wzoru 6.

Średnie powierzchnie określono dla pięćdziesięciu nasion lucerny: siewnej odmiany Legend i mieszańcowej odmiany Radius (rys. 5 i rys. 6) Średnia powierzchnia czynna nasion lucerny odmiany Legend wynosiła $\bar{S}_s = 1,24 \text{ mm}^2$, a odmiany Radius $\bar{S}_s = 1,23 \text{ mm}^2$. Rozrzut statystyczny powierzchni nasion, określony odchyleniem standardowym dla odmiany wynosił Legend $\sigma = 0,17 \text{ mm}^2$ oraz dla odmiany Radius $\sigma = 0,16 \text{ mm}^2$.



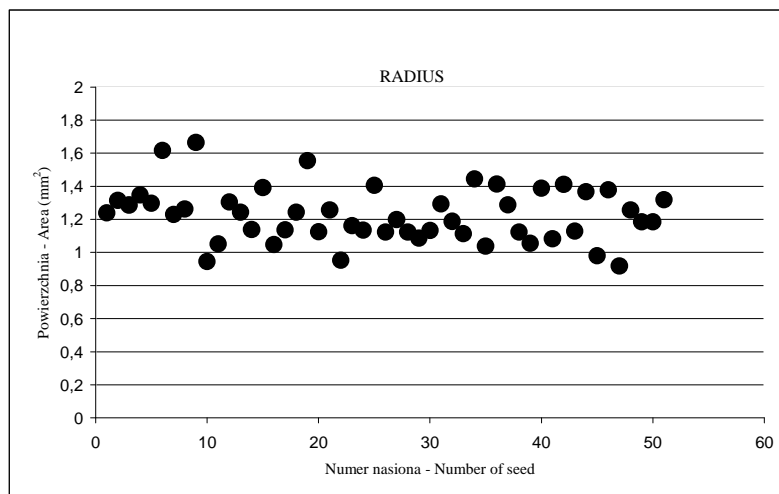
Rys. 4. Rozkład powierzchniowej gęstości mocy promieniowania laserowego w obszarze spadku nasion. Wyjściowa moc lasera wynosiła $6 \text{ mW} \cdot \text{cm}^{-2}$. Strzałka oznacza kierunek przesuwania się nasion

Fig. 4. Distribution of the surface power density of laser radiation in the area of fall of seeds. The initial laser power is equal to $6 \text{ mW} \cdot \text{cm}^{-2}$. The arrow shows the direction of the movement of the seeds



Rys. 5. Powierzchnie czynne nasion lucerny siewnej odmiany Legend. Powierzchnia średnia $S_{sr} = 1,24 \text{ mm}^2$, odchylenie standardowe $\sigma = 0,17 \text{ mm}^2$

Fig. 5. Active area of the „Legend” lucerne seeds. The average area $S_{sr} = 1,24 \text{ mm}^2$, standard deviation $\sigma = 0,17 \text{ mm}^2$



Rys. 6. Powierzchnie czynne nasion lucerny mieszańcowej odmiany Radius. Powierzchnia średnia $S_{sr} = 1,23 \text{ mm}^2$, odchylenie standardowe $\sigma = 0,16 \text{ mm}^2$

Fig. 6. Active area of the „Radius” lucerne seeds. The average area $S_{sr} = 1.23 \text{ mm}^2$, standard deviation $\sigma = 0.16 \text{ mm}^2$

PODSUMOWANIE

Zaproponowana w pracy metoda wyznaczania dawki energii promieniowania laserowego dostarczanej nasionom lucerny siewnej w trakcie przedśiewnej stymulacji, dotyczy nasion poddanych naświetlaniu metodą wiązki rozbieżnej. Procedura ta może być stosowana dla innych nasion roślin uprawnych i ziarniaków zbóż, mających różną budowę biologiczną i powierzchnię czynną S . Zakładając, że dawka energii powinna być przeliczona na jednostkę powierzchni nasion, wpływ rozrzutu statystycznego powierzchni nie wpłynąłby znacząco na jej wartość. Ze względu na to, że nasiona posiadają niejednorodną budowę i są odrębnymi organizmami, obliczanie dawki energii na nasienie, wydaje się być uzasadnione.

PIŚMIENNICTWO

1. **Dydała Z., Koper R.:** Urządzenie do przedśiewnej biostymulacji nasion światłem laserowym. Patent UPRP, nr 162598, 1993.
2. **Dziwulska A., Koper R.:** Wpływ przedśiewnej biostymulacji laserowej na kiełkowanie nasion lucerny siewnej. *Acta Agrophysica*, 82, 33-39, 2003.
3. **Dziwulska A., Koper R., Wilczek M.:** Ocena wpływu światła lasera He-Ne na zdolność kiełkowania nasion koniczyny białej odmiany ANDA. *Acta Agrophysica*, 3(3), 435-441, 2004.
4. **Gładyszewska B., Koper R., Kornarzyński K.:** Technologia i efekty przedśiewnej laserowej biostymulacji nasion ogórków. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 454, 213-219, 1998.

5. **Gowin J.:** Komputerowa analiza obrazu w badaniach własności mechanicznych źdźbeł zbóż. XXXI Międzyuczelniana Konferencja Metrologów, 7-10 września 1999 Białystok, 233-238, 1999.
6. **Gowin J.:** Geometry of Cereal Stalk Cross-Section. Int. Agrophysics, 14, 33-36, 2000.
7. **Injuszyn W.:** Łucz łaziera i urożaj. Kajnar Ałma-Ata, 1981.
8. **Inyushin V., Chernova O.:** Cytological and features of the action of radiation on seed and seedlings of durum wheat. Kirov, 1987.
9. **Koper R., Mikos-Bielak M., Próchniak T., Podleśny J.:** Wpływ przedświetlenia biostymulacji laserowej nasion łubinu białego na właściwości chemiczne plonów. Inżynieria Rolnicza, 4 (15), 43-52, 2000.
10. **Podleśny J., Koper R.:** Efektywność stosowania przedświetlenia obróbki nasion łubinu białego światłem laserowym. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 454, 255-262, 1998.

A METHOD FOR DETERMINATION OF DOSE OF LASER RADIATION
ENERGY IN THE PROCESS OF SEED STIMULATION
WITH DIVERGENT BEAM

Bożena Gładyszewska, Agata Dziwulska, Jacek Gowin

Department of Physics, University of Agriculture, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin
e-mail: kf@ar.lublin.pl

Abstract. The basic experiment materials for this study were two varieties of lucerne seeds – Legend and Radius. The distribution of surface energy density in exposure area and active surface area of seeds were calculated. Taking into account that in the irradiated area seeds were falling with uniformly accelerated motion, it was possible to determine an equation which describes the radiation dose reaching the seeds as a function of the configuration of experimental layout and the active surface area of the seeds.

Keywords: stimulation, dose of laser radiation, He-Ne laser, lucerne