

JANUSZ PODLEŚNY

Zakład Uprawy Roślin Pastewnych  
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach

### WPŁYW ŚWIATŁA LASEROWEGO NA KSZTAŁTOWANIE CECH MORFOLOGICZNYCH I PLONOWANIE BOBIKU

Effect of laser light on morphological features formation and faba bean yielding

**ABSTRAKT:** Badania prowadzono w hali wegetacyjnej Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach. Czynnikiem I rzędu były dawki promieniowania laserowego: D0 – brak naświetlania, D3 – trzykrotne naświetlanie, D5 – pięciokrotne naświetlanie nasion, a czynnikiem II rzędu różne terminy zbioru roślin. Dawka pojedynczej ekspozycji wynosiła  $4 \cdot 10^{-3} \text{ Jcm}^{-2}\text{s}^{-1}$ . Naświetlanie nasion wykonano w Katedrze Fizyki AR w Lublinie wykorzystując urządzenie do przedsięwziętej stymulacji nasion promieniowaniem laserowym wyposażone w laser helowo-neonowy.

Nasiona bobiku odmiany Nadwiślański wysiewano do wazonów Mitscherlicha zawierających mieszankę 5 kg ziemi ogrodowej i 2 kg piasku. W okresie wegetacji prowadzono szczegółowe obserwacje wzrostu i rozwoju roślin oraz dokonano zbioru w 5 terminach dla oznaczenia dynamiki przyrostu masy. Podczas każdego zbioru wykonywano pomiary biometryczne roślin oraz określano plon świeżej i suchej masy poszczególnych organów roślinnych. Stwierdzono istotny wpływ napromieniowania nasion na wschody i późniejszy rozwój roślin. Szczególnie wyraźny wpływ zabiegu naświetlania nasion na rozwój roślin obserwowano w okresie od wschodów do kwitnienia. Efektem zastosowanego zabiegu było kilkudniowe przyspieszenie dojrzewania oraz wyraźna wyżka plonu suchej masy poszczególnych organów bobiku. Obydwie dawki światła laserowego wpływały podobnie na dynamikę gromadzenia masy.

**słowa kluczowe – key words:**

bobik – *faba bean*, naświetlanie nasion – *seed irradiation*, laser helowo-neonowy – *hel-neon laser*, rozwój roślin – *development of plant*, sucha masa – *dry matter*, plonowanie – *yielding*

### WSTĘP

W rolnictwie XXI wieku, propagującym dobrą praktykę rolniczą i racjonalne wykorzystanie rolniczej przestrzeni produkcyjnej, dużą uwagę zwraca się na umiejętne i bezpieczne dla środowiska przyrodniczego zwiększanie wielkości i jakości plonów roślin uprawnych. Bardzo ważnym czynnikiem plonotwórczym jest odpowiednie przygotowanie materiału siewnego, które ma na celu zwiększenie zdolności kiełkowania nasion i polepszenie wigoru wyrosłych z nich siewek (11). Młode rośliny

o większym wigorze lepiej się rozwijają i lepiej znoszą niekorzystne (stresowe) czynniki siedliska – są słabiej porażane przez choroby, dlatego wymagają mniej intensywnej ochrony chemicznej. Przebieg wschodów decyduje zatem w dużym stopniu o późniejszym rozwoju i plonowaniu roślin. W przedsięwzięciu przygotowaniu nasion najczęściej stosowane są zaprawy nasienne i regulatory wzrostu. Rozwój rolnictwa integrowanego, kładącego duży nacisk na oszczędne gospodarowanie zasobami środowiska przyrodniczego, zmusza do znacznego ograniczenia stosowania tego typu środków, bowiem wiele substancji aktywnych może przenikać do wnętrza nasion modyfikując ich skład chemiczny oraz do gleby powodując jej skażenie. Dlatego w ostatnich latach większą uwagę zaczęto zwracać na fizyczne czynniki mogące mieć zastosowanie w ulepszaniu materiału siewnego (3, 7, 18, 21-25). Powszechnie uważa się, że czynniki te są bezpieczne dla środowiska, bowiem modyfikują jedynie przebieg procesów biochemicznych i fizjologicznych w nasionach przyspieszając wschody oraz polepszając wzrost i rozwój roślin. Należy podkreślić, że czynniki fizyczne nie zastąpią skutecznych metod chemicznych, ale mogą być dobrym ich uzupełnieniem. Ze względu na specyficzne właściwości (monochromatyczność, spójność i równoległość wiązki) szczególnie przydatne do stymulacji nasion wydaje się być światło laserowe (3, 8, 17, 26).

Celem przeprowadzonych badań było określenie oddziaływania przedsięwziętego traktowania nasion światłem laserowym na kiełkowanie, wschody oraz dynamikę gromadzenia suchej masy przez poszczególne organy roślin bobiku.

#### MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono w hali vegetacyjnej Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowego Instytutu Badawczego w Puławach, w wazonach Mitscherlicha zawierających mieszaninę 5 kg ziemi ogrodowej i 2 kg piasku. Do każdego wazonu wysiewano po 10 nasion bobiku odmiany Nadwiślański. Zdolność kiełkowania nasion wynosiła 95%, MTN – 546 g, wilgotność – 14%. Bezpośrednio po wschodach dokonywano przerywki pozostawiając po 5 roślin w wazonie. Nawożenie wynosiło 0,3 g N, 1 g P i 1,4 g K na wazon. Do nawożenia i podlewania roślin stosowano automatyczne urządzenie do precyzyjnego podlewania roślin z dozownikiem nawozowym. Rośliny podlewano wodą destylowaną do 60% polowej pojemności wodnej gleby. Czynnikiem I rzędu była dawka promieniowania laserowego: D0 – brak naświetlania, D3 – trzykrotne naświetlanie, D5 – pięciokrotne naświetlanie nasion, a czynnikiem II rzędu termin zbioru roślin: T1, T2, T3, T4, T5 (tab. 1). Dawka pojedynczej ekspozycji wynosiła  $4 \cdot 10^{-3} \text{ J} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ . Naświetlanie nasion wykonano w Katedrze Fizyki AR w Lublinie wykorzystując urządzenie do przedsięwziętej stymulacji nasion promieniowaniem laserowym (19). Czas ekspozycji wynosił 5 s. W badaniach stosowano laser helowo-neonowy emitujący światło czerwone o długości fali  $\lambda = 660 \text{ nm}$ .

Tabela 1

Zbiory i fazy rozwojowe roślin  
Plant harvests and development stages

Zbiór Harvest	Dni po siewie Days after sowing	Fazy rozwojowe Development stages
T1	24	Rośliny w fazie siewki, wysokość około 5–6 cm Seedlings stage, height of plants about 5–6 cm
T2	52	Rośliny w fazie 5–6 liści, początek pąkowania bobiku, wysokość około 16–18 cm 5–6 leaves phase, beginning of faba bean budding, height of plants about 16–18 cm
T3	66	Kwitnienie bobiku, wysokość roślin około 55–60 cm Flowering of faba bean, height of plants about 55–60 cm
T4	80	Zawiązywanie strąków i początek wypełniania nasion, wysokość roślin około 65–75 cm Pods setting and beginning of seeds filling, height of plants about 65–75 cm
T5	128	Dojrzałość pełna nasion, około 90–95% strąków poczerniałych, wilgotność nasion około 18–22% Full maturity of seeds, about 90–95% of blackened pods, seeds moisture about 18–22%

Ukazujące się rośliny liczone codziennie w celu określenia dynamiki wschodów. W ciągu całego okresu wegetacji prowadzono szczegółowe obserwacje wzrostu i rozwoju roślin. W celu oznaczenia dynamiki przyrostu świeżej i suchej masy dokonano zbioru roślin w 5 terminach: T1, T2, T3, T4, T5 (tab. 1). Przed każdym zbiorem notowano daty wystąpienia ważniejszych faz rozwojowych bobiku oraz sporządzano charakterystykę roślin. Podczas zbioru w każdym z terminów określano: wysokość do wierzchołka, powierzchnię liściową, liczbę liści, świeżą i suchą masę poszczególnych organów roślinnych, a w późniejszych terminach zbioru również: wysokość do pierwszego i ostatniego strąka, liczbę strąków, przeciętną długość strąka, masę strączyn, liczbę i masę nasion, wilgotność nasion. Wyniki badań stanowiły średnie z 3 wazonów. Dynamikę przyrostu masy określono na podstawie absolutnej (GR) i względnej (RGR) szybkości wzrostu wykorzystując wzory Evansa (9):

$$GR = (W_2 - W_1) (T_2 - T_1)^{-1} \quad [g \cdot doba^{-1}]$$

$$RGR = (\ln W_2 - \ln W_1) (T_2 - T_1)^{-1} \quad [g \cdot g^{-1} \cdot doba^{-1}]$$

gdzie:  $W_1$  – sucha masa roślin na początku okresu pomiarowego

$W_2$  – sucha masa roślin na końcu okresu pomiarowego

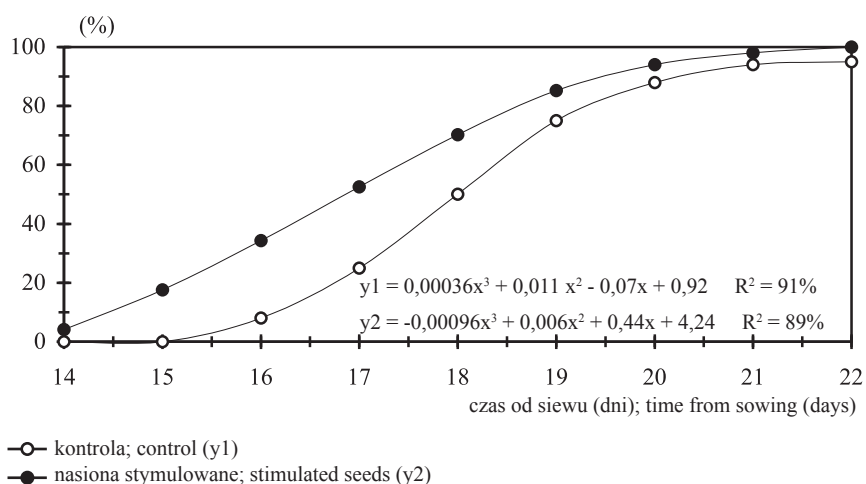
$T_1$  – początek okresu pomiarowego

$T_2$  – koniec okresu pomiarowego

Wyniki badań opracowano statystycznie metodą analizy wariancji. W przypadku braku współdziałania badanych cech z latami wyniki przedstawiono jako średnie z 3 lat. Sporządzono również wykresy regresji obrazujące przebieg zmian najważniejszych cech morfologicznych i użytkowych roślin w okresie wegetacji. W analizie statystycznej posługiwano się półprzedziałem ufności Tukeya przy poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ .

## WYNIKI

Wschody roślin bobiku były równomierne i rozpoczęły się po 14 dniach od wysiewu. Napromieniowanie nasion miało wyraźny wpływ na tempo ukazywania się pierwszych roślin, przy czym nie obserwowano różnicy między roślinami wyrosłymi z nasion trzy- i pięciokrotnie naświetlanych w odniesieniu do terminu i równomierności wschodów. Wschody w obiektach z nasionami naświetlanymi promieniami laserowymi następowały około 1–2 dni wcześniej niż z nasionami nienaświetlanymi. Naświetlanie materiału siewnego bardzo wyraźnie zwiększyło dynamikę wschodów roślin bobiku określaną udziałem wschodzących roślin w stosunku do liczby wysianych nasion. Przebieg wschodów bobiku przedstawiono w postaci krzywej regresji na rysunku 1.



Rys. 1. Dynamika wschodów roślin – % wschodzących roślin  
 Plant emergence dynamics – percentage of emerging plants

Obserwowano również różnice we wzroście i rozwoju roślin wyrosłych z naświetlanego i nienaświetlanego materiału siewnego. Były one szczególnie widoczne od fazy 2–3 liści do początku kwitnienia. Rośliny wyrosłe z nasion naświetlanych osiągały większą wysokość i zakwitwały o około 3–4 dni wcześniej niż rośliny z nasion nienaświetlanych. Pierwsze brodawki na korzeniach siewek bobiku widoczne były już po 12–14 dniach od wschodów – niezależnie od napromieniowania nasion. Bezwzględna szybkość wzrostu (GR), mała na początku wegetacji, zwiększała się w miarę postępującego rozwoju roślin i osiągnęła najwyższą wartość w okresie kwitnienia oraz zawiązywania strąków (tab. 2). Po tym okresie absolutna szybkość wzrostu zmniejszała się bardzo wyraźnie. Względna szybkość wzrostu (RGR) była największa w okresie kwitnienia i zawiązywania strąków i malała począwszy od

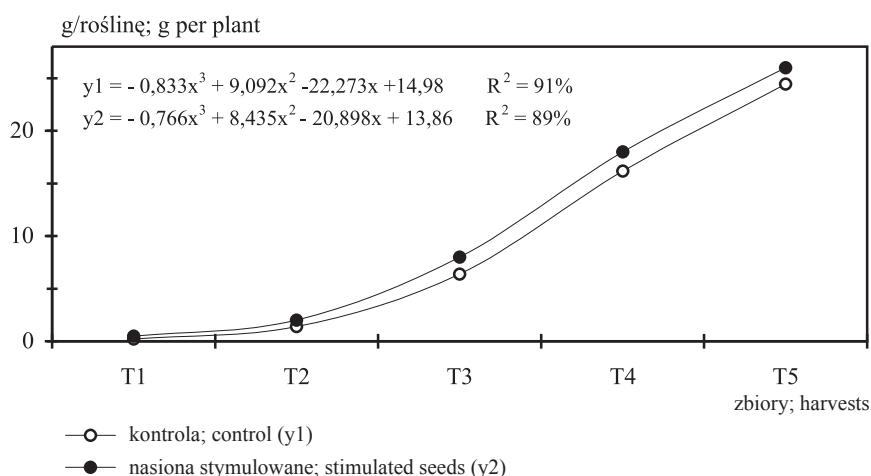
Tabela 2

Absolutna (GR) i względna szybkość wzrostu (RGR) roślin bobiku wyrosłych z nasion naświetlanych i nienaświetlanych promieniami laserowymi (część nadziemna)  
 Absolute (GR) and relative (RGR) growth rate of faba bean grown from seeds irradiated and not irradiated by laser light (aboveground part)

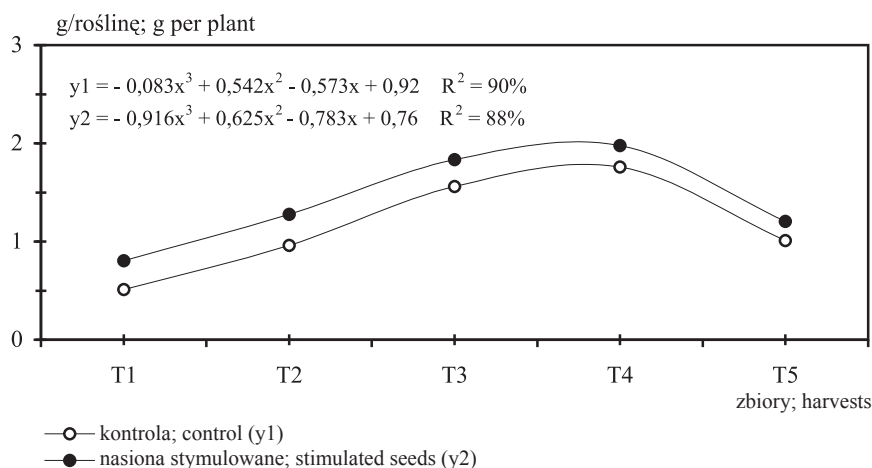
Zbiory Harvests	GR (g·doba <sup>-1</sup> ); GR (g·day <sup>-1</sup> )			RGR (g·g <sup>-1</sup> ·doba <sup>-1</sup> ); RGR (g·g <sup>-1</sup> ·day <sup>-1</sup> )		
	D0	D3	D5	D0	D3	D5
T1–T2	0,196	0,194	0,240	0,071	0,034	0,080
T2–T3	0,624	0,784	0,814	0,076	0,082	0,090
T3–T4	3,100	3,226	3,614	0,090	0,096	0,098
T4–T5	2,240	1,996	1,959	0,024	0,016	0,018

okresu wypełniania nasion. Rośliny wyrosłe z nasion naświetlanych osiągały większe wskaźniki szybkości wzrostu w okresie kwitnienia i zawiązywania strąków niż rośliny wyrosłe z nasion nienaświetlanych.

Największe przyrosty suchej masy poszczególnych organów bobiku wystąpiły pomiędzy zbiorami T3 i T4, czyli w okresie gdy rośliny były w fazie pąkowania i kwitnienia (rys. 2). W późniejszym okresie rozwoju roślin stwierdzono znaczne zmniejszenie plonu suchej masy korzeni i niewielkie zmniejszenie plonu łodyg i liści, natomiast plon nasion i strączyn istotnie wzrastał. Plon suchej masy całej części nadziemnej rośliny zwiększał się w miarę jej wzrostu i rozwoju aż do zbioru T5, czyli do fazy dojrzewania, a korzeni do fazy T4, czyli zawiązywania strąków. Masa



Rys. 2. Dynamika przyrostu suchej masy części nadziemnej roślin bobiku wyrosłych z nasion naświetlanych i nienaświetlanych promieniami laserowymi  
 Dynamics of dry matter increase of aboveground part of faba bean plants grown from seeds irradiated and not irradiated with laser light

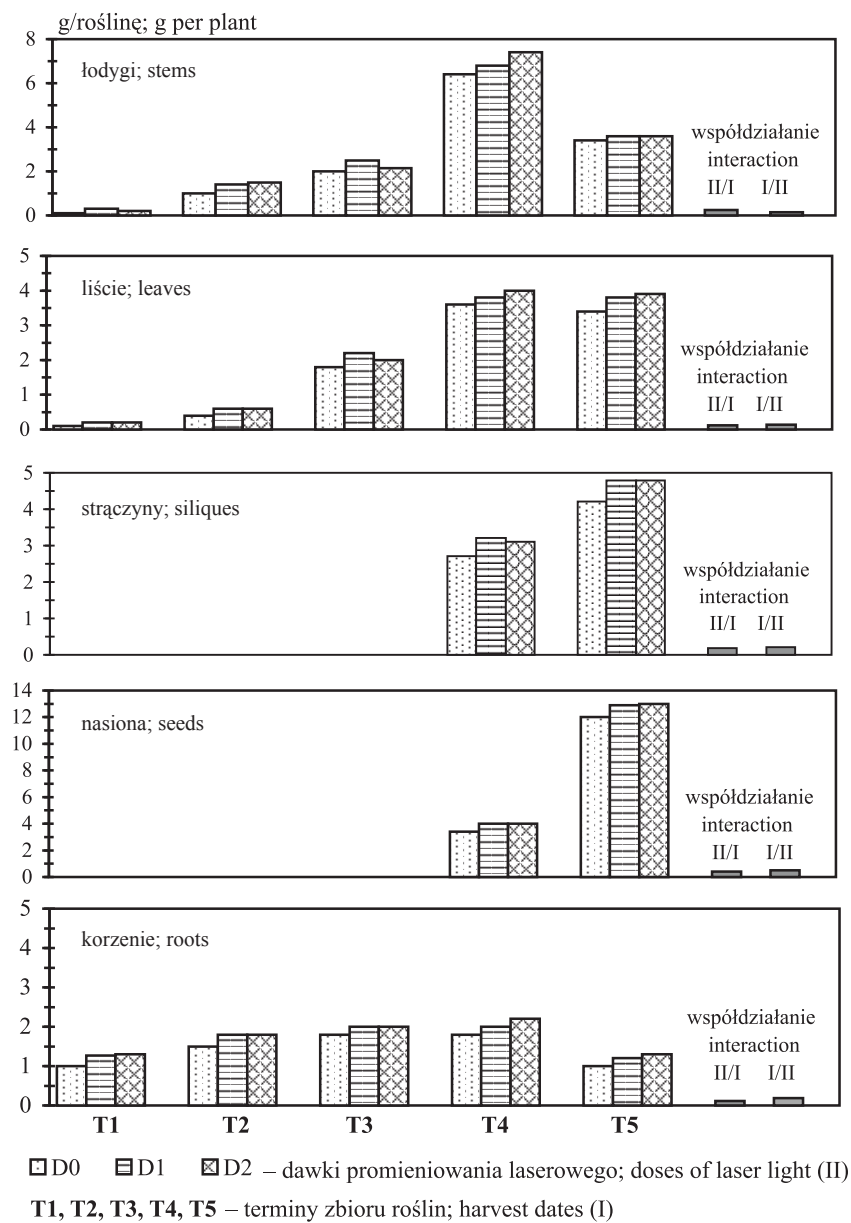


Rys. 3. Dynamika przyrostu suchej masy korzeni roślin bobiku wyrosłych z nasion naświetlanych i nienaświetlanych promieniami laserowymi  
Dynamics of dry matter increase of roots of faba bean plants grown from seeds irradiated and not irradiated with laser light

wegetatywnych organów bobiku najbardziej zwiększała się w okresie poprzedzającym kwitnienie i we wszystkich obiektach była największa w terminie zbioru T5. Po tym okresie masa organów wegetatywnych zmniejszała się, podczas gdy masa organów generatywnych bardzo szybko przyrastała. Przebieg zmian suchej masy części nadziemnej i korzeni bobiku przedstawiono w postaci krzywych regresji (rys. 2 i 3).

Napromieniowanie nasion światłem laserowym miało istotny wpływ na tempo gromadzenia suchej masy poszczególnych organów roślinnych (rys. 4). Największy wpływ tego zabiegu na plon suchej masy obserwowano w okresie wschodów oraz od fazy 5–6 liści (T3) do kwitnienia (T4) bobiku, czyli w okresie najszybszego przyrostu plonu suchej masy. Po tym okresie największy wpływ napromieniowania nasion stwierdzono w odniesieniu do plonu strączyń i nasion. Zarówno trzy-, jak i pięciokrotne naświetlanie nasion zwiększało podobnie plon suchej masy nasion w porównaniu z plonem uzyskanym z roślin wyrosłych z nienaświetlanego materiału siewnego. W okresie zawiązywania strąków bobiku (T4) przyrost suchej masy korzeni, liści i łodyg w stosunku do roślin wyrosłych z nasion kontrolnych po trzykrotnym naświetlaniu wyniósł odpowiednio: 10,4; 12,1 i 10,6%, a po pięciokrotnym odpowiednio: 10,0; 11,8 i 14,5%.

Rośliny wyrosłe z nasion naświetlanych zakwitły o około 6–7 dni wcześniej niż rośliny wyrosłe z nasion nienaświetlanych. Przyspieszenie fazy generatywnego rozwoju roślin powodowało wcześniejsze ich dojrzewanie. W okresie dojrzewania roślin stwierdzono większy ubytek masy korzeni roślin wyrosłych z nasion napro-

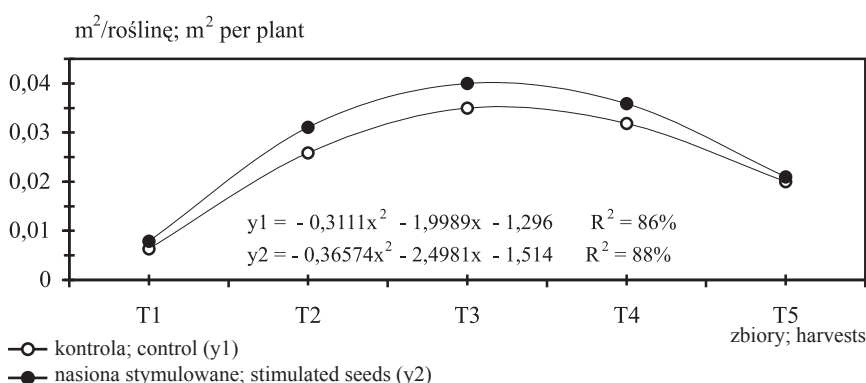


Rys. 4. Plon suchej masy roślin bobiku  
Dry matter yield of faba bean

mieniowanych niż korzeni roślin obiektu kontrolnego. Można przypuszczać, że wynikało to z faktu szybszego dojrzewania roślin wyrosłych z naświetlanego materiału siewnego w porównaniu z roślinami wyrosłymi z nasion nienaświetlanych.

Trzykrotne naświetlanie nasion bobiku zwiększało plon suchej masy zebranych nasion o 7,5%, a pięciokrotne naświetlanie o 8,3%.

Szczegółowe pomiary biometryczne poszczególnych organów roślin bobiku wykazały, że naświetlanie nasion modyfikowało cechy morfologiczne roślin. U roślin wyrosłych z nasion napromieniowanych stwierdzono zdecydowanie większy przyrost powierzchni liściowej w okresie od wschodów do kwitnienia w porównaniu z roślinami z nasion kontrolnych (rys. 5).



Rys. 5. Dynamika zmiany powierzchni liściowej roślin bobiku  
 Changes of leaf area of faba bean plants

Tabela 3

Wartości niektórych cech morfologicznych i użytkowych przed zbiorem roślin bobiku wyrosłych z nasion naświetlanych i nienaświetlanych promieniami laserowymi  
 Value of some morphological and practical features before harvest of faba bean grown from seeds irradiated and not irradiated by laser light

Wyszczególnienie Description	Wysokość roślin Height of plant (m)	Długość pędu ze strąkami Length of stem with pods (m)	Liczba liści Number of leaves	Liczba strąków na roślinie Number of pods per plant	Masa 1000 nasion Mass of 1000 seeds (g)	Średnia długość strąka Mean length of pod (mm)
Dawki promieniowania; Doses of irradiation:						
D0	0,744a*	0,22a	12,4a	14,4a	514a	65,9a
D3	0,761a	0,28b	12,9a	15,0b	516a	68,0a
D5	0,752a	0,29b	12,5a	15,2b	512a	69,4a

\* liczby w kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie; values in columns marked with the same letters do not differ significantly



Nie stwierdzono wpływu naświetlania nasion na liczbę liści na roślinie. Wystąpiły jedynie tendencje do zwiększenia obsady liści na roślinach z naświetlanego materiału siewnego, ale różnice te nie były istotne statystycznie. Zarówno trzy-, jak i pięciokrotne naświetlanie nasion wpływało dodatnio na długość pędu ze strąkami. Na długość odcinka łodygi ze strąkami miała niewątpliwie wpływ liczba strąków wykształconych na poszczególnych roślinach, która bardzo wyraźnie zmieniała się na skutek napromieniowania nasion. Rośliny bobiku z nasion nienaświetlanych wytworzyły średnio po 14,4, a z nasion naświetlanych trzy- i pięciokrotnie odpowiednio po 15,0 i 15,2 strąka.

Napromieniowanie nasion nie miało istotnego wpływu na średnią długość strąka, chociaż wystąpiły tendencje do przyrostu jego długości u roślin wyrosłych z nasion napromieniowanych. Nie stwierdzono również wpływu naświetlania materiału siewnego na masę 1000 nasion bobiku.

#### DYSKUSJA

Uzyskane wyniki badań wykazały dodatni wpływ przedsięwziętego napromieniowania nasion na zwiększenie równomierności i przyspieszenie wschodów bobiku rosnącego w warunkach hali wegetacyjnej. Ma to w uprawie bobiku szczególne znaczenie, bowiem gatunek ten charakteryzuje długi okres wegetacji; zbiór nasion wykonuje się często w późnych miesiącach letnich, gdy warunki pogodowe nie sprzyjają dojrzewaniu i wysychaniu roślin. Uzyskane wówczas nasiona stanowią słaby jakościowo materiał siewny, bowiem mają małą zdolność kiełkowania i wschodzą nierównomiernie. Wyrosłe z nich siewki mają słaby wigor i są bardziej porażane przez choroby grzybowe niż siewki z nasion dobrze kiełkujących. Dotychczas wykonano niewiele badań dotyczących możliwości zwiększenia zdolności kiełkowania nasion roślin strączkowych poprzez traktowanie ich światłem laserowym i innymi czynnikami fizycznymi. Wcześniejsze i równomierniejsze wschody roślin wyrosłych z nasion traktowanych promieniami laserowymi obserwował autor także w eksperymentach polowych z łubinem (27), a zwłaszcza w doświadczeniach prowadzonych w warunkach kontrolowanej temperatury i wilgotności gleby (28). Do nielicznych prac związanych z oddziaływaniem światła laserowego na kiełkowanie nasion roślin strączkowych należy doniesienie Szyrmera i Klimonta (31), w którym stwierdzono znaczne zmniejszenie liczby martwych i nienormalnie kiełkujących nasion fasoli na skutek napromieniowania światłem lasera helowo-neonowego. Więcej badań związanych ze zwiększaniem zdolności kiełkowania nasion i przyspieszaniem terminu wschodów roślin po przedsięwziętym napromieniowaniu nasion światłem laserowym wykonano z roślinami zbożowymi i warzywnymi (6, 14, 18, 32).

Zdaniem wielu badaczy efekty wynikające z naświetlania nasion światłem laserowym są szczególnie widoczne w kiełkujących nasionach i siewkach (2, 4, 30, 31, 33), co sugeruje, że przyczyn oddziaływania promieniowania należy poszukiwać prowadząc badania biochemiczne i fizjologiczne nasion i młodych roślin. Słuszności

takiego rozumowania dowodzą badania Durkovej (1) i Galovej (10) wykazujące dodatni wpływ światła laserowego na aktywność  $\alpha$ -amylazy w nasionach kilku odmian pszenicy ozimej w początkowej fazie kiełkowania. Również badania autora (26), w których wykazano istotny wpływ napromieniowania nasion łubinu białego na aktywność enzymów amylolitycznych i koncentrację wolnych rodników w nasionach i siewkach łubinu potwierdzają te przypuszczenia. Niektórzy badacze zwracają uwagę na zmiany koncentracji wolnych rodników w nasionach niektórych gatunków zbóż i warzyw naświetlonych promieniami laserowymi (5, 16). Grzesiuk i Kulka (12, 13) wskazują na wszechstronny wpływ światła na nasiona, ale podkreślają najsilniejsze oddziaływanie na ich aktywność enzymatyczną.

Z dotychczas przeprowadzonych badań wynika, że napromieniowanie materiału siewnego wywołuje istotne zmiany w późniejszych fazach ontogenezy roślin, efektem czego są zmiany w ich rozwoju i w kształtowaniu cech plonotwórczych. Badania autora wykazują istotny wpływ napromieniowania nasion na przebieg ontogenezy roślin bobiku. Autor obserwował szybsze tempo rozwoju – wcześniejsze zakwitanie i dojrzewanie – roślin wyrosłych z nasion naświetlanych w porównaniu z roślinami w obiektach kontrolnych. Według Grzesiuka i Kulki (12) wpływ czynników fizycznych na nasiona uwidacznia się często w późniejszych okresach ontogenezy, czego efektem jest szybsze starzenie się roślin mające szczególne znaczenie w uprawie gatunków o długim okresie wegetacji. W literaturze przedmiotu większość przeprowadzonych dotychczas badań dotyczy wpływu napromieniowania nasion na kiełkowanie i wschody roślin lub efektu końcowego mierzonego wielkością i jakością uzyskanego plonu (15, 18, 20). Badania opisane w niniejszej pracy obrazują oddziaływanie napromieniowania nasion na przebieg tworzenia plonu masy w ciągu całego okresu wegetacji. Wykazano w nich, że napromieniowanie materiału siewnego wpływa najbardziej na tempo gromadzenia plonu suchej masy od wschodów do kwitnienia. Po tym okresie różnice w plonie suchej masy organów wegetatywnych między roślinami wyrosłymi z nasion napromieniowanych i nienapromieniowanych są znacznie mniejsze. Na uwagę zasługuje fakt, że efekty wynikające z napromieniowania nasion ujawniają się nie we wszystkich fazach rozwoju ontogenetycznego roślin. Można przypuszczać, że jest to przyczyną rozbieżności wyników uzyskiwanych przez różnych badaczy zajmujących się tym zagadnieniem. Spostrzeżenia te potwierdzają obserwacje Grzesiuka i Kulki (13), zdaniem których efekty wynikające z działania niektórych czynników fizycznych na nasiona mogą być widoczne w różnych okresach wzrostu i rozwoju roślin.

Efektom napromieniowania materiału siewnego bobiku była zwyżka plonu nasion. Badania autora nie ograniczały się jednak do określenia wielkości uzyskanego plonu podczas zbioru, lecz obejmowały szczegółową analizę tworzenia plonu poprzez dokładne pomiary roślin w różnych terminach zbioru. Z analiz tych wynika, że zróżnicowanie między plonem nasion uzyskanym z roślin wyrosłych z nasion napromieniowanych i nienapromieniowanych występowało już w okresie wykształcania strąków, bowiem już wówczas rośliny wyrosłe z nasion napromieniowanych

charakteryzowała większa obsada strąków niż rośliny obiektu kontrolnego. Różnica ta utrzymywała się przez cały okres rozwoju generatywnego aż do dojrzałości pełnej bobiku.

Analiza struktury plonu wykazała, że zwyżka plonu nasion bobiku była efektem zwiększonej obsady strąków na roślinie, która u roślin strączkowych jest cechą najłatwiej ulegającą wpływowi innych czynników plonotwórczych; liczba nasion w strąku jest cechą najmniej zmienną. Napromieniowanie materiału siewnego bobiku nie miało istotnego wpływu na liczbę nasion w strąku i masę 1000 nasion. Zatem w przypadku bobiku przyrost plonu powodowany był zmianą innych cech plonotwórczych niż u zbóż, bowiem według Dziamby i Kopera (8) oraz innych autorów (14, 29) zwyżka plonu na skutek napromieniowania nasion pszenicy ozimej następowała w wyniku zwiększenia masy 1000 ziarn i liczby ziarn w kłosie.

W wielu badaniach związanych z napromieniowaniem nasion najwięcej uwagi, ze zrozumiałych względów, poświęca się wielkości uzyskiwanego plonu. W przeprowadzonych badaniach, oprócz wykazania wpływu napromieniowania nasion na rozwój i plonowanie bobiku, starano się wyjaśnić przyczyny uzyskanych efektów. Określono między innymi powierzchnię liściową roślin bobiku wyrosłych z nasion traktowanych i nie traktowanych promieniami laserowymi i wykazano dodatni wpływ naświetlania na kształtowanie tego ważnego czynnika plonotwórczego. Przy czym różnice powierzchni liściowej między roślinami wyrosłymi z nasion nienaświetlanych i naświetlanych nie były jednakowe w poszczególnych fazach rozwoju. U roślin wyrosłych z nasion naświetlanych stwierdzono w okresie od wschodów do kwitnienia i zawiązywania strąków zdecydowanie większą powierzchnię liściową, a w okresie dojrzewania wyraźnie mniejszą w porównaniu z roślinami z obiektu kontrolnego. Większa powierzchnia liściowa w okresie wzrostu wegetatywnego u roślin z nasion napromieniowanych wynikała prawdopodobnie z szybszego wzrostu tych roślin w porównaniu z kontrolnymi, natomiast zmniejszenie powierzchni liściowej było konsekwencją ich wcześniejszego dojrzewania. Wzrost powierzchni liściowej może nastąpić na skutek przyrostu powierzchni poszczególnych liści bądź zwiększenia liczby liści na roślinie. W badaniach autora nie stwierdzono istotnej różnicy w liczbie liści roślin wyrosłych z nasion napromieniowanych i nienapromieniowanych. Zatem przyrost całkowitej powierzchni liściowej rośliny następował na skutek przyrostu powierzchni poszczególnych liści. Prac dotyczących wpływu światła laserowego na kształtowanie fizjologicznych wskaźników produktywności roślin spotyka się w literaturze niewiele, stąd trudność w porównaniu uzyskanych rezultatów z wynikami innych autorów. Jedynie Inyushin i in. (14) donoszą, że rośliny jęczmienia i ogórka wyrosłe z nasion naświetlanych wytworzyły powierzchnię liściową większą niż rośliny z nasion nienaświetlanych; wzrost tej powierzchni nastąpił na skutek zwiększenia liczby i wielkości liści.

Plon suchej masy wegetatywnych organów bobiku bardzo szybko zwiększał się do fazy zawiązywania strąków, po czym ulegał znacznemu zmniejszeniu. Najwyraźniej zauważalne to było w odniesieniu do korzeni. Zdaniem Wojcieszkiej

i in. (34), obniżka masy liści i łodyg wynikała między innymi ze strat suchej masy w procesie oddychania. Większy przyrost masy nasion niż całej biomasy w okresie wykształcania strąków sugeruje, że przyczyną ubytku masy organów wegetatywnych był również proces przemieszczania się substancji organicznych z liści i łodyg do rozwijających się strąków. W przypadku korzeni zmniejszenie masy mogło być spowodowane między innymi procesami lizy (rozpadu komórek powodowanego zniszczeniem błony komórkowej przez enzymy oraz działania detergentów i szoku osmotycznego) i odpadaniem od korzeni starzejących się brodawek, a także rozkładem starzejących się korzeni.

#### WNIOSKI

1. Napromieniowanie nasion wpływało dodatnio na wschody roślin oraz modyfikowało przebieg poszczególnych faz rozwojowych bobiku. Efektem tych zmian było przyspieszenie wschodów oraz wcześniejsze zakwitanie i dojrzewanie roślin.

2. Masa organów wegetatywnych bobiku szybko zwiększała się do okresu kwitnienia roślin; największe przyrosty masy części nadziemnej występowały w okresie kwitnienia i zawiązywania strąków. Później masa organów wegetatywnych zmniejszała się, natomiast bardzo szybko przyrastała masa organów generatywnych.

3. Napromieniowanie nasion miało istotny wpływ na wielkość i tempo nagromadzenia suchej masy poszczególnych organów bobiku. Dawka trzykrotnego naświetlania najkorzystniej wpływała na dynamikę przyrostu masy poszczególnych organów części nadziemnej, a dawka pięciokrotnego naświetlania – na przyrost masy korzeni.

4. Napromieniowanie materiału siewnego bobiku wpływało dodatnio na plon nasion. Zwyczajka plonu była efektem zwiększonej obsady strąków na roślinie; masa 1000 nasion i liczba nasion w strąku nie ulegały istotnym zmianom.

5. Największy przyrost powierzchni liściowej pojedynczej rośliny występował w okresie intensywnego wzrostu roślin, czyli od fazy 2–3 liści do zakwitania. Po tym okresie, ze względu na wcześniejsze dojrzewanie roślin wyrosłych z nasion naświetlanych powierzchnia liściowa zmniejszała się szybciej niż u roślin z nasion nienaświetlanych.

#### LITERATURA

1. Durkova E.: The activity of wheat grains and the effect of laser radiation. *Acta Fytotech.*, 1993, **49**: 59-66.
2. Dobrowolski J. W., Smyk B., Rozycki E., Barabasz W., Wachalewski T.: Experiments about the influence of laser light on some biological elements of the natural environment. *Acta Universitatis Upsaliensis*, Stockholm, 1992, 1-15.

3. Drozd D.: The effect of laser radiation on spring wheat properties. *Inter. Agrophys.*, 1994, 8: 209-219.
4. Drozd D., Szajsner H.: Laboratoryjna ocena wczesnych faz rozwojowych pszenicy jarej podanej działaniu promieniowania laserowego. *Biul. IHAR*, 1997, **204**: 187-190.
5. Drozd D., Szajsner H., Jezierski A.: Electron paramagnetic resonance (EPR) investigations of laser induced free radicals in spring wheat grains. *Inter. Agrophys.*, 1998, **13**: 343-346.
6. Drozd D., Szajsner R., Koper R.: Wpływ przedsięwziętego naświetlania laserem nasion pszenicy jarej na zdolność kiełkowania i długość koleoptyla. *Fragm. Agron.*, 1996, **1**: 44-51.
7. Dziamba Sz., Wielgo B., Maj L., Cebula M.: Wpływ terminu przedsięwziętej biostymulacji nasion na plonowanie i elementy struktury plonu pszenicy jarej odmiany Omega. *Pam. Puł.*, 1999, **118**: 137-142.
8. Dziamba Sz., Koper R.: Wpływ naświetlania laserem nasion na plon pszenicy jarej. *Fragm. Agron.*, 1992, **1(33)**: 88-93.
9. Evans G. C.: The quantitative analysis of plant growth. Univ. California Press, 1972, 734.
10. Galova Z.: The effect of laser beams on the process of germinating power of winter wheat grains. *Rocz. AR Poznań*, 1996, CCCLXXXVI, ser. Rol., **49**: 39-43.
11. Górecki R. J., Grzesiuk S.: Światowe tendencje i kierunki uszlachetniania materiałów nasiennych. *Konf. Nauk. „Uszlachetnianie materiałów nasiennych”*, Olsztyn-Kortowo, 9-10.06.1994, 9-24.
12. Grzesiuk S., Kulka K.: *Fizjologia i biochemia nasion*. PWRiL Warszawa, 1986.
13. Grzesiuk S., Kulka K.: *Biologia ziarniaków zbóż*. PWN Warszawa, 1988.
14. Inyushin W. M., Iljasov G. U., Fedorova N. N.: *Laser Light and Crop*. 1981, Kainar Publ. Alma-Ata, 1981.
15. Ivanova R.: Influence of Pre-sowing Laser Irradiation of Seeds of Introduced Flax Varieties of Linseed Oil on Yield Quality. *Bul. J. Agric. Sci.*, 1998, **4**: 49-53.
16. Khouny A., Dannani S.D., Ouaida A.F., Chetverikov A.G., Stanko S.A.: Influence of light intensity and wavelength on the yield of free radicals in tomato and carrot seeds. *Physiol. Plant.*, 1982, **54(4)**: 485-490.
17. Klejman H.: *Lasery*. PWN Warszawa, 1979.
18. Koper R.: Pre-sowing laser biostimulation of seeds of cultivated plants and its results in agrotechnics. *Inter. Agrophysics*, 1994, **8**: 593-596.
19. Koper R.: Urządzenie do przedsięwziętej obróbki nasion promieniowaniem laserowym. Patent RP Nr 162598.
20. Koper R., Wójcik S., Kornas-Czuczwar B., Bojarska U.: Effect of the laser exposure of seeds on the yield and chemical composition of sugar beet roots. *Inter. Agrophys.*, 1996, **10**: 103-108.
21. Kurobaru I., Yamaguchi H., Sander C., Nilan R.A.: The effects of gamma irradiation on the production and secretion of enzymes, and on enzyme activities on barley seeds. *Environ. Experiment. Bot.*, 1979, **19(2)**: 75-84.
22. Olchowiak G., Dziamba Sz.: Wpływ promieniowania mikrofalowego na elementy struktury plonu gryki. *Mat. Konf. Nauk. „Uszlachetnianie materiałów nasiennych”*, Olsztyn-Kortowo, 1994, 283-287.
23. Phirke P.S., Kudbe A.B., Umbarkar S.P.: The influence of magnetic field on plant growth. *Seed Sci. Technol.*, 1996, 24: 375-392.
24. Pietruszewski S.: Effect of magnetic seed treatment on yield of wheat. *Seed Sci. Technol.*, 1993, **21**: 621-626.
25. Pittman U.J., Carefoot J.M., Ormrod D.P.: Effect of magnetic seed treatment on amylolytic activity of Quiescent and germinating barley and wheat seeds. *Can. J. Plant Sci.*, 1979, **59(4)**: 1007-1011.
26. Podleśny J.: Wpływ światła laserowego na niektóre zmiany biochemiczne i fizjologiczne w nasionach i roślinach łubinu białego (*Lupinus albus* L.). *Pam. Puł.*, 2000, **121**: 171-191.

27. Podleśny J.: The effect pre-sowing treatment of laser light on morphological features formation and white lupine yielding. W: *Lupin, An Ancient Crop for the New Millenium*. Department of Agronomy and Soils Alabama Agric. Expt. Stn. and Auburn University, USA, 1999, 388-390.
28. Podleśny J.: Wpływ przedsięwziętej biostymulacji laserowej nasion na wzrost i rozwój łubinu białego w zróżnicowanych warunkach wilgotności i temperatury. *Pam. Puł.*, 1999, **117**: 61-81.
29. Rybiński W., Patyna H., Przewoźny T.: Mutagenic effect of laser and chemical mutagens in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Genetica Polonica*, 1993, **34(4)**: 337-343.
30. Sebanek J., Kralik J., Hudeova M., Kliciva S., Slaby K., Psota V., Vitkova H., Polisanska M., Kudova D., Sterba S., Vancura J.: Growth and hormonal effects of laser on germination and rhizogenesis in plants. *Acta Sc. Nat. Brno. Praga*, 1989, **23(9)**: 1-49.
31. Szyrmer J., Klimont K.: Wpływ światła lasera na jakość nasion fasoli (*Phaseolus vulgaris* L.). *Biul. IHAR*, 1999, **210**: 165-168.
32. Toth M., Kerpert I., Kozma L., Klujber L.: Influence of different wave-length laser lights on the carbohydrate metabolism in germinating maize seeds. *Acta Bot. Hungarica*, 1993, **38(1-4)**: 421-430.
33. Wilde W.H.A., Parr W.H., McPeak D.W.: Seeds Bask in Laser Light. *Laser Focus*, 1969, **5(23)**: 41-42.
34. Wojcieszka U., Giza A., Wolska E., Łyszcz.: Dynamika wzrostu i pobierania składników pokarmowych przez groch siewny odmian Ramir i Koral. I. Dynamika przyrostu masy i plon roślin. *Pam. Puł.*, 1993, **102**: 119-133.

#### THE EFFECTS OF LASER LIGHT ON MORPHOLOGICAL FEATURES FORMATION AND FABA BEAN YIELDS

##### Summary

The experiments were conducted in a greenhouse of the Institute of Soil Science and Plant Cultivation at Puławy. Different doses of irradiation with hel-neon laser light (D0 – no irradiation, D3 – 3-fold irradiation, D5 – 5-fold irradiation) were used as factor I, and five harvest dates: T1, T2, T3, T4, T5 - as factor II. Single exposition was  $4 \cdot 10^{-3} \text{ J} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ . The irradiation of seeds was done at the Physics Department of Agricultural University in Lublin using a device for pre-sowing seeds stimulation by laser radiation equipped with a hel-neon laser. Faba bean seeds, variety Nadwiślański, were sowed into Mitscherlich pots containing 7 kg of mean-compact soil. NPK fertilization was carried out by adding to each pot at a rate of 0.3 g – N, 1 g – P, and 1.4 g K. The fertilization and watering of plants were made by using an automatic device to precise control the watering of plants with a fertilizing feeder. The plants were watered with distilled water to 60% of field water capacity of soil. Detailed observation of growth and plant's development were made in all of the vegetation period. Over the period of vegetation, the fresh and dry matter dynamic increases in five harvests were done at five planned harvest dates: T1, T2, T3, T4, T5. During every harvest, biometric measurements of plants were made and fresh and dry mass of particular plant organs were estimated. It was found the significant affect of seeds irradiance on size and rate of particular faba bean organs dry matter accumulation. A dose of 3-fold irradiation had the highest influence on the dynamics of aboveground organs, mass increase, and 5-fold dose on roots mass increase. The mass of faba bean vegetative organs was increasing very fast up to the flowering stage; the biggest mass of aboveground part increase was found during flowering and setting of pods. After this period, the mass of vegetative organs was decreasing while the mass of generative organs was increasing very fast. The irradiation of seeds influenced favourable on the plants emergence and modified the course of the faba bean's developmental stages. As a result, these changes were of an earlier emergence, regarding flowering, and plants maturity. The irradiation of the seeds had a favourable effect for the seed yield too. An increase of the yield was a consequence for numbers of pods per plant, although the

mass of a 1000 seeds and number of seeds in the pod did not change significant. The affect on the seeds irradiation on the leaf area index (LAI) of faba bean was found. The biggest increase of LAI of a single plant was observed at the intensive growth stage up to their flowering. After this period, the LAI was lowering in plants, which were grown from irradiated seeds, than from non-radiate ones.

*Praca wpłynęła do Redakcji 23 XI 2005 r.*