

<sup>1</sup>JANUSZ PODLEŚNY, <sup>2</sup>ANNA STOCHMAL

<sup>1</sup>Zakład Uprawy Roślin Pastewnych

<sup>2</sup>Zakład Biochemii i Jakości Plonów

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Puławy

## WPŁYW ŚWIATŁA LASEROWEGO NA NIEKTÓRE PROCESY BIOCHEMICZNE I FIZJOLOGICZNE W ZIARNIE I ROŚLINACH KUKURYDZY (*Zea mays* L.)\*

Pre-sowing laser light effect on some biochemical and physiological processes in seeds and plants  
of maize (*Zea mays* L.)

**ABSTRAKT:** Doświadczenia przeprowadzono w Zakładzie Uprawy Roślin Pastewnych IUNG w Puławach. Analizy laboratoryjne nasion i siewek roślin przeprowadzono w Zakładzie Biochemii i Jakości Plonów IUNG w Puławach i Zakładzie Fizyki Doświadczalnej UMCS w Lublinie. Naświetlania nasion dokonano w Katedrze Fizyki AR w Lublinie, wykorzystując urządzenie do przedsięwzięcia obróbki nasion promieniowaniem laserowym. Czynnikiem I rzędu był mieszaniec kukurydzy – Festina (FAO 220) i Natascha (FAO 250), natomiast czynnikiem II rzędu – dawka promieniowania laserowego: D0 – brak naświetlania, D3 – trzykrotne naświetlanie, D5 – pięciokrotne naświetlanie nasion. Dawka pojedynczej ekspozycji wynosiła  $4 \cdot 10^{-3} \text{ J} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ .

Traktowanie nasion promieniami laserowymi zwiększało istotnie aktywność enzymów amylo-litycznych w nasionach badanych mieszańców kukurydzy. Największe zróżnicowanie aktywności enzymatycznej w nasionach naświetlanych i nie naświetlanych stwierdzono po upływie 96 godzin od wysiewu. Dynamika zmian aktywności tych enzymów w nasionach obydwu badanych mieszańców kukurydzy była podobna. Jednak napromieniowane nasiona obydwu odmian kukurydzy uzyskiwały większą masę w okresie pęcznienia niż nasiona nie napromieniowane. Konsekwencją tego było wcześniejsze i bardziej równomierne ich kiełkowanie. Wystąpiło istotne zwiększenie liczby wolnych rodników w nasionach traktowanych promieniami laserowymi. Nie stwierdzono natomiast zwiększenia koncentracji wolnych rodników w poszczególnych organach roślin wyrosłych z nasion naświetlanych w porównaniu z kontrolą. Prędkość stymulacja laserowa nasion wpływała również dodatnio na wzrost i rozwój siewek z nich wyrosłych. Siewki kukurydzy wyrosłe z nasion napromieniowanych osiągały w kolejnych terminach pomiaru istotnie większą długość kielka i korzeni w porównaniu z siewkami wyrosłymi z nasion nie naświetlanych.

słowa kluczowe; key words:

kukurydza – maizę, stymulacja laserowa – laser stimulation, aktywność enzymów – enzyme activity, wolne rodniki – free radicals, kiełkowanie nasion – germination of seeds

\* Badania prowadzono w ramach projektu badawczego Nr 5P06B 07614 finansowanego przez Komitet Badań Naukowych

## WSTĘP

W dotychczas przeprowadzonych badaniach wykazano wpływ przedsięwziętego traktowania nasion promieniami laserowymi na stymulację kiełkowania, początkowy rozwój oraz plonowanie roślin zbożowych (6, 17, 19), niektórych okopowych (4, 21, 37), warzywnych (16, 32, 36) i strączkowych (23, 24). Zjawisko oddziaływania promieni laserowych, które charakteryzuje ogromna gęstość powierzchniowa mocy (18, 27) jest jeszcze słabo poznane i wyjaśnione. Występuje potrzeba badań szczegółowych, dotyczących procesów zachodzących w napromieniowanych nasionach i roślinach z nich wyrosłych. Z danych literatury wynika, że wykonano dotychczas niewiele eksperymentów (2, 5, 33, 35), w których podjęto próbę wyjaśnienia sposobu oddziaływania światła laserowego na materiał siewny badanych gatunków. Istnieją jedynie fragmentaryczne badania bądź hipotezy, z pomocą których próbuje się wyjaśnić mechanizm oddziaływania światła laserowego na materiał siewny (11, 25, 28, 34).

Celem podjętych badań było określenie wpływu światła laserowego na przebieg niektórych procesów biochemicznych i fizjologicznych w nasionach i siewkach dwóch mieszańców kukurydzy o zróżnicowanej wczesności dojrzewania.

## MATERIAŁ I METODY

Doświadczenia przeprowadzono w Zakładzie Uprawy Roślin Pastewnych IUNG w Puławach. Analizy laboratoryjne nasion i siewek roślin wykonano w Zakładzie Biochemii i Jakości Plonów IUNG w Puławach i Zakładzie Fizyki Doświadczalnej UMCS w Lublinie. Naświetlania nasion dokonano w Katedrze Fizyki AR w Lublinie, wykorzystując urządzenie do przedsięwziętej obróbki nasion promieniowaniem laserowym (20). Czynnikiem I rzędu był mieszaniec kukurydzy – Festina (FAO 220) i Natascha (FAO 250), natomiast czynnikiem II rzędu – dawka promieniowania laserowego: D0 – brak naświetlania, D3 – trzykrotne naświetlanie, D5 – pięciokrotne naświetlanie nasion. Dawka pojedynczej ekspozycji wynosiła  $4 \cdot 10^{-3} \text{ J} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ .

### **Określenie aktywności enzymów amylolitycznych**

Nasiona przeznaczone do określenia aktywności enzymów amylolitycznych wysiewano po naświetleniu na płytki Petriego, a następnie analizowano w ustalonych wcześniej terminach. Przed każdym terminem zbioru nasiona, a później wyrosłe z nich siewki ważono. Za miarę aktywności enzymów przyjęto ilość glukozy uwolnionej ze skrobi (I) przez kompleks enzymów zawartych w supernatancie, który otrzymano przez dodanie do 0,5 g zmielonego suszu materiału roślinnego 5 ml buforu octanowego o pH 4,8 zawierającego 20  $\mu\text{moli}$   $\text{CaCl}_2$  i wirowanie w ciągu 10 min przy 3000 obr./min. Następnie pobierano 0,5 ml supernatantu, dodawano 0,5 ml 0,5% skrobi i prowadzono w ciągu 10 minut hydrolizę w temperaturze 37°C. Zawartość glukozy oznaczano zmodyfikowaną metodą Somogy-Nelsona (29), stosowaną najczęściej w badaniach

biochemicznych do oznaczania zawartości cukrów redukujących. W metodzie tej wykorzystuje się reakcję barwną odczynnika arseno-molibdenowego z jonami miedziawymi, powstającymi w roztworze w wyniku reakcji odczynnika miedziowego z cukrami redukującymi. Intensywność zabarwienia mierzono kolorymetrycznie przy długości fali  $\lambda = 520$  nm. Zawartość cukrów redukujących określono na podstawie krzywej wzorcowej sporządzonej dla roztworów glukozy. Aktywność enzymów badano bezpośrednio po naświetlaniu promieniami laserowymi oraz po 12, 24, 48, 72, 96, 120, 144 godzinach od naświetlania. Przed wykonaniem każdej analizy biochemicznej pęczniące nasiona ważono, a siewki roślin ważono i mierzono. Określono również dynamikę kiełkowania nasion. Wyniki porównywano z danymi dla próbek nasion nie naświetlanych.

### Określenie koncentracji wolnych rodników w nasionach i roślinach

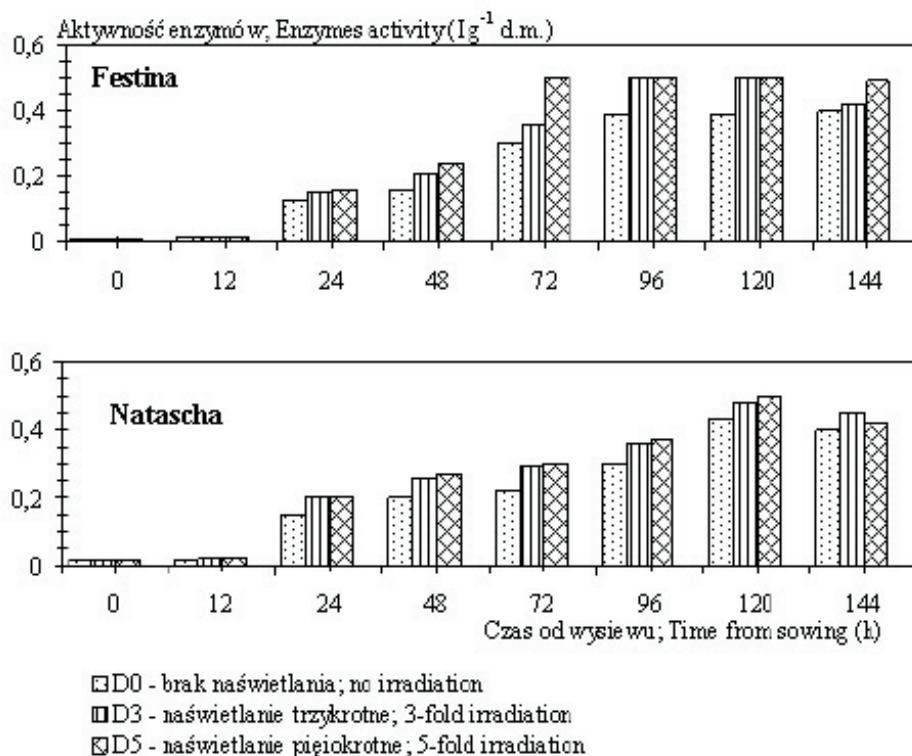
Liczbę wolnych rodników określano: w nasionach przed wysiewem bezpośrednio po ich naświetlaniu, w roślinach wyrosłych z naświetlanego materiału siewnego w początkowym okresie ich rozwoju oraz w nasionach uzyskanych z tych roślin po zbiorze. Część nasion po naświetlaniu analizowano metodą EPR (Electron Paramagnetic Resonance), a pozostałą część tej samej partii nasion wysiewano do wazonów Mitscherlicha w celu uzyskania materiału do analiz w pozostałych terminach zbioru. Liczbę wolnych rodników w nasionach oraz roślinach określano metodą Elektrownego Rezonansu Paramagnetycznego (30, 31). Pomiary widm EPR zostały przeprowadzone na spektrometrze EPR typu SE/X – 2547 z wnęką rezonansową typu CX-101TE<sub>102</sub>. Badany materiał siewny umieszczano w cienkościennej próbówce precyzyjnie wykonanej z kwarcu syntetycznego (733-5PQ-7 firmy WILMAD). Kwarc syntetyczny (suprasil) przepuszcza bowiem promieniowanie ultrafioletowe do 200 nm i ułatwia pomiar słabych sygnałów EPR. Rejestrację widm EPR prowadzono przy następujących ustawieniach: częstość mikrofalowa 9,4÷9,5 GHz, moc mikrofalowa ~ 15 mW, częstość modulacji 100 kHz o amplitudzie 0,5 mT, stała czasowa 1 s i przemiatanie 20 mT/4 min. W pomiarach EPR stosowano mikrofałe o długości fali  $\lambda = 3 \cdot 10^{-2}$  m w polu magnetycznym około 340 mT. Do wyznaczenia koncentracji wolnych rodników użyto jako wzorca Weak pitch EPR sample (904450-02,  $3,3 \cdot 10^{-4}$  % pitch in KCl). Koncentrację wolnych rodników wyznaczano z porównania widma próbki wzorcowej z widmami nasion po naświetleniu daną dawką promieniowania laserowego, po czym przeliczano koncentrację na 1 g nasion. Badania przeprowadzono w temperaturze pokojowej.

Badania dotyczące określania zarówno liczby wolnych rodników, jak i aktywności enzymów amylolitycznych przeprowadzono w 3 seriach, każda w 4 powtórzeniach. W analizie statystycznej posługiwano się półprzedziałem ufności Tukeya, przy poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ . Przebieg zmian ważniejszych cech biologicznych w zależności od dawki promieniowania laserowego przedstawiono w postaci krzywych regresji.

## WYNIKI

Aktywność enzymów amylolitycznych w nasionach kukurydzy wzrastała w miarę upływu czasu od wysiewu, a jej największy przyrost następował w okresie od 24 do 96 godzin po wysiewie u odmiany Festina i od 24 do 120 godzin u odmiany Natascha. Napromieniowanie nasion istotnie wpływało na zmianę aktywności tych enzymów, w szczególności w okresie od 48 do 96 godzin po wysiewie (rys. 1). Zarówno trzy-, jak i pięciokrotne naświetlanie nasion wpływało dodatnio na aktywność badanych enzymów. Naświetlanie nasion kukurydzy odmiany Festina powodowało zwiększenie aktywności enzymów amylolitycznych średnio dla trzy i pięciokrotnej dawki promieniowania po 12, 24, 48, 72, 96, 120 i 144 godzinach od wysiewu odpowiednio o: 23,1, 19,2, 40,7, 43,3, 28,7, 28,2, 13,8%, a odmiany Natascha odpowiednio o: 32,3, 33,3, 32,5, 34,1, 21,7, 14,0, 8,8%.

Przedśiewne napromieniowanie materiału siewnego wpływało dodatnio na masę pęczniących nasion obydwu badanych odmian kukurydzy. Największą masę pęczniących nasion stwierdzono w okresie od 24 do 48 godzin po wysiewie. Naświetlone



Rys. 1. Aktywności enzymów amylolitycznych w nasionach naświetlanych i nie naświetlanych promieniami laserowymi  
 The amylolytic enzyme activity in seeds irradiated and non irradiated by laser light

dawką 3-krotną nasiona kukurydzy po 12, 24, 48 godzinach od wysiewu zwiększyły swoją masę w porównaniu z nasionami nie naświetlanymi odpowiednio o: 20,0; 20,3 i 15,2%, a dawką 5-krotną odpowiednio o: 20,4; 17,8 i 17,6%. Średnia masa 1 nasiona odmiany Festina w okresie od wysiewu do kiełkowania wynosiła 0,34 g, a odmiany Natascha 0,32 g.

Stwierdzono również istotne różnice w dynamice kiełkowania nasion traktowanych i nietraktowanych promieniami laserowymi (tab. 1). Szczególnie wyraźne zróżnicowanie dynamiki kiełkowania mierzone liczbą kiełkujących nasion w poszczególnych terminach zbioru obserwowano po 24 godzinach od wysiewu (fot. 1). Obydwie dawki promieniowania wpływały podobnie na zwiększenie liczby kiełkujących nasion. Istotne różnice w dynamice kiełkowania nasion obydwu form kukurydzy stwierdzono jedynie w okresie od 48 do 72 godzin po wysiewie. Po 144 godzinach od wysiewu zdolność kiełkowania wynosiła 99,5%.

Tabela 1

Dynamika kiełkowania nasion traktowanych i nie traktowanych promieniami laserowymi  
(liczba skielkowanych nasion)  
Germination dynamics of seeds treated and non-treated with laser beams  
(number of germinating seeds)

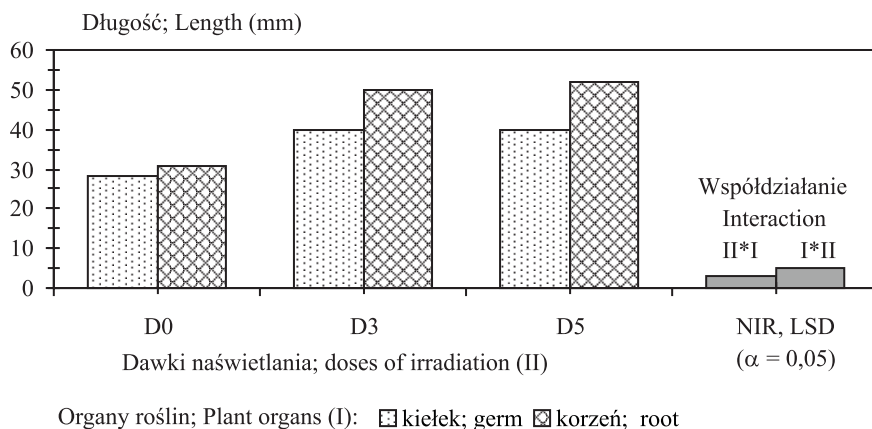
Wyszczególnienie Description	Czas od wysiewu; Time from sowing (h)						
	12	24	48	72	96	120	144
Odmiana; Variety:							
Festina	2,3 a*	8,3 a	21,0 a	37,6a	41,7a	49,3a	49,5 a
Natascha	2,7 a	12,5 b	26,0 b	43,2b	45,0a	48,6a	50,0 a
Dawka naświetlania; Irradiation doses:							
D0	1,0 a	5,5 a	12,4 a	31,6 a	43,2 a	49,0 a	49,3
D3	3,5 b	14,0c	24,3 c	42,4 b	45,2 a	49,3 a	50,0
D5	3,0 b	14,0c	24,1 c	41,1b	45,0 a	50,0 a	50,0

\* Liczby w kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie; Values in columns merked with the same letters are not significantly differentiated



Fot. 1. Kiełkowanie nasion kukurydzy  
Germination of maize seeds

Naświetlanie nasion wpływało również modyfikująco na początkowy wzrost i rozwój siewek kukurydzy, w tym przede wszystkim na długość korzeni i kielków (rys. 2). Nie stwierdzono różnicy między odmianami w odniesieniu do omawianych cech, dlatego wyniki przedstawiono jako średnie. Obydwie dawki promieniowania laserowego wpływały podobnie na przyrost długości badanych organów roślin. Średnio dla wszystkich stosowanych dawek promieniowania przyrost długości kielków i korzeni siewek wyrosłych z nasion naświetlanych w stosunku do siewek wyrosłych z nasion nienaświetlanych wyniósł odpowiednio 42,9 i 64,6%. Siewki kukurydzy odmiany Festina charakteryzowała na ogół podobna długość korzeni i kielków jak odmiany Natascha.

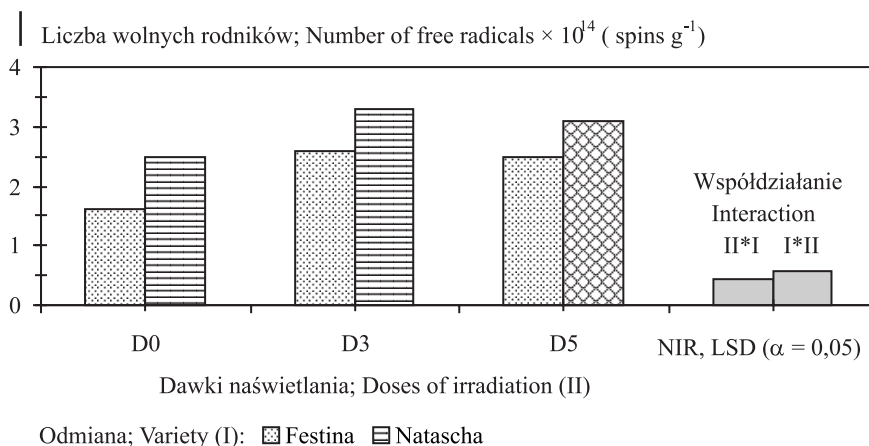


Rys. 2. Cechy biometryczne siewek wyrosłych z nasion naświetlanych i kontrolnych  
Biometric features of seedlings grown from irradiated and control seeds

W przeprowadzonych badaniach obserwowano zróżnicowaną koncentrację wolnych rodników w nasionach obydwu odmian kukurydzy. W nasionach kukurydzy Natascha stwierdzono istotnie większą liczbę wolnych rodników niż w nasionach odmiany Festina. W 1 g nienaświetlanych nasion kukurydzy Natascha było średnio  $2,49 \cdot 10^{14}$ , a odmiany Festina  $1,62 \cdot 10^{14}$  wolnych rodników.

Stwierdzono również wyraźne różnice w koncentracji wolnych rodników w próbkach nasion naświetlanych i nie naświetlanych światłem laserowym, przy czym koncentracja początkowo wzrastała wraz ze wzrostem dawki promieniowania laserowego, a następnie po osiągnięciu maksymalnej wartości nieznacznie obniżała się (rys. 3). Liczba wolnych rodników po napromieniowaniu nasion kukurydzy odmiany Festina dawką trzy- i pięciokrotnego naświetlania w porównaniu z nasionami nie naświetlanymi zwiększyła się odpowiednio o 60,5 i 54,3%, a w odniesieniu do nasion kukurydzy odmiany Natascha odpowiednio o 32,6 i 24,5%.





Rys. 3. Koncentracja wolnych rodników w nasionach bezpośrednio po naświetlaniu promieniami laserowymi  
Free radicals concentration in the seeds directly after irradiation by laser light

Pomiary prowadzone w późniejszym terminie, kiedy rośliny były w fazie początkowego rozwoju (faza 2–3 liści) nie wykazały istotnego wpływu przedsięwziętego napromieniowania nasion na koncentrację wolnych rodników w części nadziemnej i korzeniach siewek kukurydzy. Nie stwierdzono również istotnego wpływu napromieniowania nasion na koncentrację wolnych rodników w nasionach zebranych z roślin wyrosłych z naświetlanego i nie naświetlanego materiału siewnego. Liczba wolnych rodników w 1 g nasion kukurydzy odmiany Natascha wynosiła  $2,5 \cdot 10^{14}$ , a odmiany Festina  $1,9 \cdot 10^{14}$  spinów i była podobna jak w nasionach nie naświetlanych przed ich wysiewem.

## DYSKUSJA

W pracy określano oddziaływanie światła laserowego na niektóre procesy biochemiczne i fizjologiczne w nasionach kukurydzy bezpośrednio po naświetlaniu i w początkowym okresie wzrostu i rozwoju roślin z nich wyrosłych. Stwierdzono istotny wpływ przedsięwziętego napromieniowania nasion na aktywność enzymów amylolitycznych – powodujących w procesie kiełkowania rozkład wiązań  $\alpha$ -1,4-glikozydowych znajdujących się wewnątrz łańcucha skrobi (13, 14). Szczególnie duże różnice w aktywności enzymów amylolitycznych w nasionach kukurydzy obserwowano po 48 godzinach od wysiewu. Można przypuszczać, że aktywność enzymów różnicuje się w nasionach naświetlonych i nie naświetlonych wówczas, kiedy zawierają one dostatecznie dużo wody. Podobne rezultaty uzyskał Podleśny (25) w badaniach dotyczących oddziaływania światła laserowego na nasiona bobiku. W prezentowa-

nych badaniach stwierdzono także różnicę w aktywności enzymów amylolitycznych pomiędzy mieszańcami kukurydzy. Różną reakcją odmian na zabieg przedsiewnego napromieniowania nasion światłem laserowym stwierdziła także Galova (11) w odniesieniu do aktywności  $\alpha$ -amylazy w ziarniakach pszenicy ozimej.

Naświetlane nasiona kukurydzy zwiększały szybciej masę w okresie pęcznienia w porównaniu z nasionami nie naświetlanymi, najprawdopodobniej na skutek szybszego pobierania wody, stąd też dynamika ich kiełkowania była większa. Badania Grzesiuka i Rejowskiego (15) wykazały, że nasiona kukurydzy traktowane przedsiewnie falami ultradźwiękowymi pobierają zdecydowanie więcej wody niż nasiona nie poddane ich wpływowi. Również promieniowanie jonizujące powoduje przyspieszenie oddychania nasion i zwiększone pobieranie wody. Wprawdzie zarówno ultradźwięki, jak i promieniowanie jonizujące mają inną naturę niż promieniowanie laserowe, ale są to czynniki fizyczne, stąd ich oddziaływanie na materiał siewny roślin uprawnych wydaje się bardzo podobne.

W przeprowadzonych badaniach podobnie do zmiany aktywności amylazy zmieniała się również dynamika kiełkowania nasion. Stwierdzono istotne przyspieszenie kiełkowania nasion obydwóch odmian kukurydzy. Wcześniejsze wschody wskutek naświetlania materiału siewnego niektórych gatunków roślin strączkowych obserwował również Podleśny (23, 24) w doświadczeniach wazonowych oraz polowych. Także Drozd i in. (8, 10), Galova (11), Gładyszewska (12) oraz Zhidong i Shuzhen (38) stwierdzili polepszenie kiełkowania nasion traktowanych przedsiewnie światłem laserowym, ale w odniesieniu do innych gatunków roślin uprawnych.

W przeprowadzonych badaniach stwierdzono korzystny wpływ światła laserowego na przyrost długości kielków i korzeni kukurydzy. Świadczy to o tym, że wcześniej omawiane zmiany w nasionach napromieniowanych powodują również zmiany w dynamice rozwoju roślin z nich wyrosłych. Zdaniem wielu badaczy zajmujących się problematyką traktowania materiału siewnego promieniami laserowymi, największe zmiany zachodzą właśnie w napromieniowanych nasionach i w początkowym okresie rozwoju roślin z nich wyrosłych (5, 28, 32); zmiany te prowadzą w późniejszym okresie rozwoju do szybszego wzrostu roślin.

Wyniki przeprowadzonych badań wykazały istotny przyrost liczby wolnych rodników w nasionach traktowanych przedsiewnie promieniami laserowymi. Koncentracja wolnych rodników w nasionach zależała zarówno od dawki stosowanego naświetlania, jak też od odmiany kukurydzy. W pracy wykazano istnienie pewnej optymalnej dawki promieniowania laserowego oddziałującego stymulująco na powstawanie wolnych rodników w napromieniowanych nasionach. Obliczone wartości czynnika rozszczepienia spektroskopowego  $g$  dla obydwu badanych odmian kukurydzy zawierały się w przedziale 2,0036–2,0042. Czynniki  $g$  dla wolnych elektronów wynosi 2,0023. Na podstawie porównania wartości obydwu czynników można wnioskować, że stabilne wolne rodniki w nasionach są masywniejsze i zapewne mają bardziej ograniczoną swobodę poruszania się w porównaniu z wolnymi elektronami. W związku z tym że wartość czynnika  $g$  w nasionach kukurydzy nie zmieniała się przed i po napromieniowaniu, na-



leży przypuszczać, że wolne rodniki zawarte w nasionach przed i po ich naświetlaniu mają podobną budowę. W literaturze można znaleźć stwierdzenia, że promieniowanie dużej mocy powoduje często powstawanie w nasionach zwiększonej liczby wolnych rodników. Tworzą się wówczas tzw. aktywne ogniska rodnikowe mające pośredni wpływ na przebieg zmian w metabolizmie nasion i przerwanie ich spoczynku względnego (13). Wcześniejsze kiełkowanie, jak również szybsze tempo wzrostu i rozwoju roślin wyrosłych z materiału siewnego poddanego oddziaływaniu czynników fizycznych wydaje się być między innymi konsekwencją tych właśnie zmian. Gładyszewska (12) obserwowała również zwiększenie koncentracji wolnych rodników w nasionach pomidorów naświetlanych światłem laserowym. Uzyskiwane efekty naświetlania uzależnione były w dużej mierze od temperatury, w której prowadzono badania. Natomiast Drozd i in. (7, 9) oraz Podleśny i in. (26) wykazali, że promieniowanie laserowe zmienia znacząco koncentrację wolnych rodników w nasionach pszenicy i bobiku. Wielkość tych zmian uzależniona jest w dużej mierze od dawki stosowanego promieniowania i badanej odmiany. Nasiona kukurydzy stanowią od dawna wartościową paszę dla zwierząt oraz cenny składnik pożywienia dla ludzi. Zwiększenie koncentracji wolnych rodników w materiale roślinnym i w nasionach mogłoby znacznie ograniczyć możliwości jego wykorzystania do celów żywieniowych (1, 3, 22). Szczegółowe badania laboratoryjne materiału roślinnego zbieranego we wczesnym okresie rozwoju roślin, czyli wówczas, kiedy można przypuszczać, że koncentracja wolnych rodników jest największa, nie wykazały zwiększonej liczby wolnych rodników ani w poszczególnych częściach nadziemnych roślin, ani w korzeniach. Badania spektroskopowe wykazały, że koncentracja wolnych rodników w nasionach zebranych z roślin wyrosłych z naświetlanego materiału siewnego jest podobna jak w nasionach nie naświetlanych przed wysiewem.

Zaprezentowana praca jest fragmentem badań zmierzających do poszerzenia wiedzy dotyczącej sposobu oddziaływania światła laserowego na nasiona i rośliny. Całościowe wyjaśnienie tego zjawiska wymaga prowadzenia dalszych badań, głównie z zakresu biochemii i biofizyki.

## WNIOSKI

1. Traktowanie nasion promieniami laserowymi zwiększało istotnie aktywność enzymów amylolitycznych w nasionach badanych mieszańców kukurydzy. Największe zróżnicowanie aktywności enzymatycznej w nasionach naświetlanych i nie naświetlanych stwierdzono po upływie 96 godzin od wysiewu. Dynamika zmian aktywności tych enzymów w nasionach obydwu badanych mieszańców kukurydzy była podobna.

2. Napromieniowane nasiona obydwu odmian kukurydzy uzyskiwały większą masę w okresie pęcznienia niż nasiona nie napromieniowane. Konsekwencją tego było wcześniejsze i bardziej równomierne ich kiełkowanie.

3. Wystąpiło istotne zwiększenie liczby wolnych rodników w nasionach traktowanych promieniami laserowymi. Nie stwierdzono natomiast zwiększenia koncentracji wolnych rodników w poszczególnych organach roślin wyrosłych z nasion naświetlanych w porównaniu z kontrolą.

4. Przewidywana stymulacja laserowa nasion wpływała również dodatnio na wzrost i rozwój siewek z nich wyrosłych. Siewki kukurydzy z nasion napromieniowanych w kolejnych terminach pomiaru miały istotnie większą długość kielków i korzeni w porównaniu z siewkami z nasion nie naświetlanych.

#### LITERATURA

1. Aleksandrowicz J.: Mikotoksyny i ich rola w onkogenezie ze szczególnym uwzględnieniem chorób krwi. Tyg. Lek., 1970, 29: 1100-1103.
2. Anisimov A., Vorobev V., Zuikov A.: The influence of laser radiation on the velocity of rotational motion of protoplasm in Elodea cells. Laser Physics, 1997, 7(5): 1132-1137.
3. Bartosz G.: Druga twarz tlenu. PWN Warszawa, 1995.
4. Bidzila N.I., Szalepa S.W., Okanienko A.S.: Svobodnoradikalnye sostojania i opytieskije charakteristiki klubockow sacharnoj sviekly. Problemy Fotoenergetiki Rastenii. Alma-Ata, 1974, 2: 85-86.
5. 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.
6. Drozd D.: The effect of laser radiation on spring wheat properties. Inter. Agrophysics, 1994, 8: 209-219.
7. Drozd D., Szajsner H.: Laboratoryjna ocena wczesnych faz rozwojowych pszenicy jarej poddanej działaniu promieniowania laserowego. Biul. IHAR, 1997, 204: 187-190
8. Drozd D., Szajsner H., Jezierski A.: Zastosowanie elektronowego rezonansu paramagnetycznego EPR do oceny wpływu promieniowania laserowego na ziarniaki pszenicy jarej. Biul. IHAR, 1997, 204: 181-186.
9. Drozd D., Szajsner H., Jezierski A.: Electron paramagnetic resonance (EPR) investigations of laser induced free radicals in spring wheat grains. Inter. Agrophysics, 1998, 13: 343-346.
10. Drozd D., Szajsner R., Koper R.: Wpływ przedsiewnego naświetlania laserem nasion pszenicy jarej na zdolność kiełkowania i długość koleoptyla. Fragm. Agron., 1996, 1: 44-51.
11. Galova Z.: The effect of laser beams on the process of germinating power of winter wheat grains. Roczn. AR Poznań, 1996, CCCLXXXVI, ser. Rolnictwo, 49: 39-43.
12. Gładyszewska B.: Ocena wpływu przedsiewnej laserowej biostymulacji nasion pomidorów na proces ich kiełkowania. Rozprawa doktorska, AR Lublin, 1999.
13. Grzesiuk S., Kulka K.: Fizjologia i biochemia nasion. PWRiL Warszawa, 1986.
14. Grzesiuk S., Kulka K.: Biologia ziarniaków zbóż. PWN Warszawa, 1988.
15. Grzesiuk S., Rejowski A.: Wpływ pola ultradźwiękowego na kiełkowanie oraz wzrost i rozwój kukurydzy (*Zea mays* L.). Post. Nauk Rol., 1957, 3(45): 4-13.
16. Inyushin W. M., Iljasov G.U., Fedorova N. N.: Laser Light and Crop. Kainar Publ. Alma-Ata, 1981.
17. Kartalov P., Szabon I.: Prilozenie na lazernata energia pri krastavici sort Sandra. Rasteniedni Nauki, 1988, 7: 62-66.
18. Klejman H.: Lasery. PWN Warszawa, 1979.
19. Koper R.: Pre-sowing laser biostimulation of seeds of cultivated plants and its results in agrotechnics. Inter. Agrophysics, 1994, 8: 593-596.

20. Koper R.: Urządzenie do przedsięwnej obróbki nasion promieniowaniem laserowym. Patent RP Nr 162598.
21. 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. Agrophysics*, 1996, 10: 103-108.
22. Maniak B., Targoński Z.: Przeciwutleniacze naturalne występujące w żywności. *Przem. Ferm. Owoc. Warz.*, 1996, 4: 7-10.
23. Podleśny J.: Wpływ przedsięwnej traktowania nasion promieniami laserowymi na rozwój i plonowanie bobiku (*Vicia faba minor*). *Pam. Puł.*, 1998, 113: 73-84.
24. Podleśny J.: Wpływ traktowania nasion promieniami laserowymi na rozwój oraz dynamikę gromadzenia suchej masy łubinu białego (*Lupinus albus L.*). *Pam. Puł.*, 2002, 121: 147-170.
25. Podleśny J.: The effect of laser irradiation on the biochemical changes in seeds and the accumulation of dry matter in the faba bean. *Int. Agrophysics*, 2002, 16(3): 209-213.
26. Podleśny J., Misiak L., Koper R.: Concentration of free radicals in faba bean seeds after the pre-sowing treatment of the seeds with laser light. *Int. Agrophysics*, 2001, 15(3): 185-189.
27. Popp A. F.: *Biologie des Lichts*. Verlag Paul Parey Berlin und Hamburg, 1984.
28. Sebanek J., Kralik J., Hudeova M., Kliciva S., Slaby K., Psota V., Vitkova H., Polisenska 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.
29. Somogy M.: Notes on sugar determination. *J. Biol. Chem.*, 1952, 19: 195.
30. Swartz H. M., Bolton J. R., Borg D.C., Wiley J.: *Biological Applications of Electron Spin Resonance*. New York, 1972.
31. Symons M.: *Chemical and Biochemical Aspects of Electron-Spin Resonance Spectroscopy*. Van Nostrand Reinhold Company, New York-Cincinnati-Toronto-London-Melbourne, 1978.
32. Szyrmer J., Klimont K.: Wpływ światła lasera na jakość nasion fasoli (*Phaseolus vulgaris L.*). *Biul. IHAR*, 1999, 210: 165-168.
33. Tamura K., Kishioke S., Miyashita M., Iijima K.: Stimulating effects of low-power He-Ne laser on growth of *Saccharomyces cerevisiae* under high pressure. *Biotechnol. Tech.*, 1996, 10(5): 339-340.
34. Toth M., Kerper I., Kozma L., Klujber L.: Influence of different wave-length laser lights on the carbohydrate metabolism in germinating maize seeds. *Acta Bot. Hungar.*, 1993, 38(1-4): 421-430.
35. Vasilienko V. F., Kuznecov E.D.: Fizjologiczkie i ekologiczne aspekty izpolzowania chemiczkoj i svetlovoj regulacji rosta rastienii. *Viestnik Sielskochozjajstviennoi Nauki*, 1990, 7: 63-68.
36. Wilde W. H. A., Parr W. H., Mc Peak D.W.: Seeds Bask in Laser Light. *Laser Focus*, 1969, 5(23): 41-42.
37. Wójcik S., Bojarska U.: Wpływ przedsięwnej obróbki nasion promieniami lasera na plon i jakość korzeni kilku odmian buraka cukrowego. *Ann. UMCS*, 1998, Sectio E, 10: 87-96.
38. Zhidong F., Shuzhen X.: Effects of He-Ne laser upon the germinating ability of wheat seeds. *Acta Universitatis Agriculturae Boreali Occidentalis*, 1990, 18(2): 95-98.

PRE-SOWING LASER LIGHT EFFECT ON SOME BIOCHEMICAL AND PHYSIOLOGICAL  
PROCESSES IN SEEDS AND PLANTS OF MAIZE (*Zea mays L.*)

Summary

The experiment was conducted at the Department of Fodder Plant Cultivation of the Institute of Soil Science and Plant Cultivation in Puławy. Laboratory analyses of seeds and seedlings were done at the Department of Biochemistry and Crop Quality of IUNG in Puławy and at the Department of Experimental Physics of UMCS in Lublin. Seeds were irradiated at the Department of Physics of Agricultural University in Lublin, by using a device for the pre-sowing treating of seeds by laser light. Two maize hybrids: Festina (FAO 220) and Natascha (FAO 250) were the first order factor, while doses of laser

irradiation: D0 – without irradiation, D3 – three fold irradiation and D5 – five fold irradiation of seeds were the second order factor. The dose of single exposition was  $4 \cdot 10^{-3} \text{ J cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . The treating of seeds by laser light increased the activity of amylolytic enzymes in the studied maize hybrids seeds. The largest differentiation of amylolytic activity for irradiated vs. non irradiated seeds was found after 96 hours from sowing. The dynamics of activity of these enzymes in the seeds of both maize hybrids was similar. However, irradiated seeds of both maize varieties achieved greater mass during imbibition than seeds without irradiation. In consequence these seeds had earlier and more uniform germination. The significant increase of the number of free radicals occurred in the seeds treated by laser beams. However, there was no increase in the concentration of free radicals in individual organs of plants grew from irradiated seeds in comparison to control. Pre-sowing laser stimulation of seeds also positively influenced the growth and development of seedlings grew from the seeds. The maize seedlings grew from irradiated seeds achieved on successive dates of measurement a significantly larger length of germs and roots in comparison to seedlings grew from control seeds.

Praca wpłynęła do Redakcji 15 XII 2004 r.