

**HANNA SZAJSNER**Katedra Genetyki, Hodowli Roślin i Nasiennictwa  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

## Ocena efektu stymulacji laserowej nasion pszenicy w zależności od ich wilgotności\*

### Estimation of laser stimulation effect on wheat seedlings depending on grain moisture

Materiał do badań stanowiły dwie odmiany pszenicy: Kobra — forma ozima, i Olimpia — forma jara. Doświadczenie dwuczynnikowe laboratoryjne prowadzono na wałkach Künzla w kabinie kiełkowniczej. Celem pracy była ocena cech morfologicznych: długości korzeni zarodkowych, koleoptyli i pierwszego liścia siewek uzyskanych z poszczególnych wariantów. Pierwszy czynnik stanowiły zróżnicowane dawki światła lasera półprzewodnikowego, drugim były czasy pęcznienia ziarniaków, oceniano również interakcję dawka  $\times$  długość imbibicji. Otrzymane wyniki poddano analizie statystycznej. Bardziej podatną formą na zastosowane czynniki okazała się pszenica ozima Kobra niż forma jara Olimpia. Na uzyskane efekty stymulacji cech morfologicznych siewek, istotny wpływ wywarły zarówno dawka światła laserowego jak i długość imbibicji.

**Słowa kluczowe:** cechy morfologiczne siewek, pszenica jara, pszenica ozima, światło laserowe

Seeds of two cultivars of common wheat were subjected to four doses of semiconductor laser light after imbibition lasting 0, 30, 60, 90 or 120 min. Lengths of radicle, coleoptile and first leaf were measured as the variables. Significant effects on length of the seedling organs were found for cultivars, laser radiation doses and the imbibition times, as well as for interactions between the studied factors. The winter cultivar Kobra proved to be more susceptible to the treatments than the spring cultivar Olimpia.

**Key words:** laser light, seedling morphology, spring wheat, winter wheat

### WSTĘP

Nieliczne dojrzałe nasiona są zdolne do kiełkowania bezpośrednio po zbiorach. Jedną z przyczyn spoczynku nasion, obok światła, temperatury i inhibitorów jest zmniejszenie zawartości wody poniżej 10% s.m., co ma miejsce podczas końcowych etapów dojrzewania. Spoczynek względny, przyczyną którego było niewystarczające uwodnienie ustępuje w czasie imbibicji nasienia (Kopcewicz i Lewak, 2002). Istotny wpływ na kiełkowanie i wschody oraz wzrost i rozwój roślin ma zwiększenie uwilgotnienia nasion przed ich

\* Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2005–2008 jako projekt badawczy nr 2PO6R 062 29

wysiewem. Proces kiełkowania związany jest z pobieraniem wody przez nasiona, które wchłaniając wodę pęcznieją, a uwodnienie łupiny nasiennej zwiększa jej zdolność przepuszczania tlenu niezbędnego do oddychania zarodka. Jednocześnie uwodnienie protoplastów komórek nasienia powoduje aktywację układów enzymatycznych, która umożliwia wykształcenie się korzonka zarodkowego (Pietruszewski, 1999). Podczas hydratacyjnego kondycjonowania nasion następuje indukcja wczesnych etapów kiełkowania. Nasiona poddane wstępnej hydratacji na ogół szybciej i równomierniej kiełkują (Górecki i Grzesiuk, 1994). Efektem pobudzania nasion rzepaku, pszenicy ozimej i jęczmienia jarego, polegającego na ich kontrolowanym uwodnieniu jest skrócenie czasu kiełkowania i przyspieszenie wschodów roślin (Podlaski, 1992, 1994).

Światło laserowe, jedna z metod uszlachetniania nasion, jest czynnikiem fizycznym, który nie powoduje niekorzystnych zmian w środowisku przyrodniczym (Pabis, 2000). Stwierdzono, że promieniowanie laserowe ma korzystny wpływ na jakość materiału siewnego i cechy siewek, przyspieszając kiełkowanie nasion i wczesne fazy rozwojowe roślin (Dziamba i Koper, 1992; Drozd i Szajsner, 1999; Szajsner, 2003).

Nasiona zbyt wysuszone są niewrażliwe na działanie światła lub ich wrażliwość jest bardzo mała. Podczas pęcznienia wrażliwość ta wzrasta, osiąga maksimum i ponownie słabnie (cyt. za Grzesiuk, 1967).

Celem pracy była ocena wpływu różnego uwilgotnienia ziarniaków pszenicy na ujawnienie się efektu przedsięwziętej biostymulacji laserowej.

#### MATERIAŁ I METODY

Materiał do badań stanowiła pszenica ozima odmiany Kobra o wartości technologicznej klasy B — chlebowa oraz pszenica jara odmiany Olimpia — grupa jakościowa A. Doświadczenia laboratoryjne dwuczynnikowe założono metodą serii niezależnych w trzech powtórzeniach stosując wałki Künzla, jeden wałek stanowił jedno powtórzenie. Wałki zostały umieszczone w komorze kiełkowniczej, w stałej temperaturze i wilgotności. Po 12 dniach oceniano cechy morfologiczne: długość korzeni zarodkowych, koleoptyli i pierwszego liścia otrzymanych siewek. Pierwszym czynnikiem doświadczenia były dawki promieniowania lasera półprzewodnikowego o mocy 200 mW, a drugim czasy pęcznienia nasion. Zastosowano cztery zróżnicowane dawki (jedno — D<sub>1</sub>, trzy — D<sub>3</sub>, pięć — D<sub>5</sub> i siedmiokrotne — D<sub>7</sub> naświetlanie dawką podstawową) oraz wariant kontrolny (bez naświetlania). Czas imbibicji — pęcznienia, czyli intensywnego pobierania wody przez koloidy nasienia rośliny w pierwszej fazie kiełkowania, co prowadzi do zwiększenia jego świeżej masy i objętości (proces fizyczny, bez udziału enzymów) wynosił t<sub>1</sub>-30, t<sub>2</sub> - 60, t<sub>3</sub> - 90 i t<sub>4</sub> - 120 minut oraz wariant kontrolny t<sub>0</sub> — bez moczenia. Otrzymane wyniki, które są średnią z pomiarów cech morfologicznych 30 siewek opracowano statystycznie stosując test F, a w przypadku wystąpienia istotnych różnic test Duncana. W celu wybrania optymalnej kombinacji w stosunku do kontroli zastosowano test t-Studenta.

## WYNIKI I DYSKUSJA

Dotychczas w literaturze występują nieliczne prace dotyczące prób połączenia czynników uszlachetniających materiał siewny, jakimi są promieniowanie laserowe i przedsiewne zwiększanie wilgotności nasion. Przeprowadzona analiza wariancji dla długości korzeni zarodkowych pszenicy ozimej odmiany Kobra wykazała istotne zróżnicowanie długości imbibicji oraz ich interakcję z dawkami światła laserowego. W porównaniu z wariantem kontrolnym (t0) długość imbibicji ziarniaków istotnie, stymulująco wpłynęła na korzenie zarodkowe. Grupę o najwyższych wartościach stanowiły długości korzeni otrzymanych po czasie imbibicji ziarniaków przez 60 (t2) i 120 minut (t4) (tab. 1). Interakcja dawek z czasami wykazała przynależność wariantu kontrolnego, dla każdej zastosowanej dawki światła laserowego, do grupy jednorodnej o niższych lub najniższych wartościach. Porównując średnie dla interakcji na poziomie czasów pęcznienia stwierdzono istotne zróżnicowanie tylko dla t0 i t1, przy czym korzenie wytworzone przez nasiona kontrolne, w obu tych wariantach należały do grupy o niższych wartościach tej cechy (tab. 2).

Tabela 1

**Grupy jednorodne dla średnich czasów imbibicji nasion — cechy morfologiczne siewek pszenicy ozimej odmiany Kobra**  
**Homogeneous groups for time of grain imbibition — morphological characters of winter wheat cultivar Kobra seedlings**

Czas imbibicji nasion- Time of grain imbibition	Długość (mm) – Length (mm)								
	korzeń zarodkowy radicle			koleoptyl coleoptile			pierwszy liść first leaf		
t0	191,1		D	47,5		C	227,9		B
t1	230,6	B	C	52,1		B	232,6	A	B
t2	247,1	A		59,1	A		237,3	A	
t3	221,8		C	51,4		B	235,6	A	B
t4	239,1	A	B	51,6		B	240,6	A	
NIR — LSD	11,5			2,4			7,6		

A, B, C, D — Grupy jednorodne dla cech morfologicznych siewek

A, B, C, D — Homogeneous groups for seedlings morphological characters

Tabela 2

**Grupy jednorodne dla długości korzeni zarodkowych pszenicy ozimej odmiany Kobra — interakcja**  
**Homogeneous groups for radicle length of winter wheat cultivar Kobra — interaction**

Czas imbibicji nasion Time of grain imbibition	Kontrola Control	D <sub>1</sub>		D <sub>3</sub>		D <sub>5</sub>		D <sub>7</sub>		
t0	161,1	C d	203,7 A	B c	184,6	B C c	193,8 A	B c	212,5 A	b
t1	223,8	B b c	233,1 A a	B b	232,7 A a	B b	252,3 A a		211,1	B b
t2	244,6 A	b	253,9 A a	a	245,7 A	a	246,1 A a	a	245,4 A	a
t3	216,4 A		220,5 A	b c	217,0 A	b	218,6 A	b c	236,7 A	a b
t4	254,8 A	a	238,6 A a	b	229,7 A a	b	238,0 A a	b	234,4 A	a b
NIR — LSD					25,5					

A,B,C — Grupy jednorodne dla czasów, Homogeneous groups for times

a, b, c — Grupy jednorodne dla dawek, Homogeneous group for doses

Dla pszenicy jarej odmiany Olimpia przeprowadzona analiza wariancji nie wykazała istotnego zróżnicowania dla badanych zmienności. Podobne wyniki otrzymano w pracy nad odmianą pszenicy jarej Helia. Przeprowadzona analiza wariancji dla długości korzeni zarodkowych wykazała istotną interakcję dawek światła lasera z czasami pęcznienia, najwyższy efekt osiągnięto po dwukrotnym naświetlaniu nasion (Szajsner i in., 2004).

Tabela 3

**Grupy jednorodne dla długości koleoptyla pszenicy ozimej odmiany Kobra (mm) — interakcja**  
**Homogeneous groups for coleoptile length of winter wheat cultivar Kobra (mm) — interaction**

Czas imbibicji nasion Time of grain imbibitiong	Kontrola Control	D <sub>1</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>5</sub>	D <sub>7</sub>
t0	47,6 A <b>b</b>	47,1 A <b>b</b>	47,1 A <b>b</b>	47,8 A <b>b</b>	47,9 A <b>b</b>
t1	48,7 B <b>b</b>	49,1 B <b>b</b>	50,3 B <b>b</b>	50,9 B <b>b</b>	61,5 A <b>a</b>
t2	49,5 <b>b</b>	D 56,7 <b>a</b>	C 66,2 A <b>a</b>	59,9 <b>a</b> B	63,1 A <b>a</b> B
t3	50,1 B <b>b</b>	49,4 B <b>b</b>	48,4 B <b>b</b>	49,2 B <b>b</b>	59,6 A <b>a</b>
t4	60,3 A <b>a</b>	48,0 B <b>b</b>	50,2 B <b>b</b>	51,1 B <b>b</b>	48, B <b>b</b>
NIR — LSD	5,4				

A,B,C — Grupy jednorodne dla czasów, Homogeneous groups for the times

a, b, c — Grupy jednorodne dla dawek, Homogeneous groups for the doses

Dla długości koleoptyla zarówno w przypadku odmiany Kobra jak i Olimpia otrzymano istotne zróżnicowanie dawek światła lasera, czasów pęcznienia oraz interakcję (dawka promieniowania × długość imbibicji). U odmiany Kobra istotne wydłużenie koleoptyla otrzymano po zastosowaniu dawki D<sub>7</sub> (56,2mm) w stosunku do kontroli (51,2mm), natomiast odmiana Olimpia zareagowała wydłużeniem koleoptyla po zastosowaniu dawki D<sub>5</sub> (tab. 4). Długości koleoptyli odmiany Kobra, utworzyły trzy grupy jednorodne dla różnych czasów imbibicji, wariant kontrolny (bez moczenia) stanowił trzecią grupę o najniższych wartościach tej cechy (tab. 1). Dla odmiany Olimpia również uzyskano trzy grupy, lecz efekt stymulacji otrzymano tylko po zastosowaniu czasu t3 (tab. 5). Rozpatrując wyniki otrzymane dla interakcji można stwierdzić, że najefektywniejszy okazał się czas pęcznienia nasion t2. Dla każdej dawki z wyjątkiem wariantu kontrolnego, długości koleoptyli otrzymane po jego zastosowaniu należały do grupy o istotnie wyższych wartościach. Porównując średnie na poziomie czasów pęcznienia ziarniaków, można zaobserwować brak wpływu dawek dla czasu t0, dla pozostałych czasów najlepsze wyniki osiągnięto stosując dawkę D<sub>7</sub> (tab. 3). U pszenicy jarej odmiany Olimpia efekt współdziałania czasów pęcznienia ziarniaków z ich naświetlaniem był mniejszy. Istotny wpływ obserwowano tylko dla czasu t2 (stymulacja po D<sub>5</sub> i D<sub>7</sub>) i t3 — stymulacja po zastosowaniu dawek D<sub>5</sub> i D<sub>1</sub> (tab. 6). We wcześniejszych badaniach własnych Szajsner (2003) porównując reakcję różnych form pszenicy na biostymulację laserową stwierdziła większą wrażliwość na promienie laserowe pszenicy ozimej niż jarej.

Tabela 4

**Grupy jednorodne dla dawek — długość koleoptyli i siewek odmiany pszenicy jarej Olimpia (mm)**  
**Homogeneous groups for the doses — coleoptile and seedlings length of spring wheat Olimpia (mm)**

Dawka promieniowania Dose of radiation	Długość (mm) — Length (mm)					
	koleoptyl — coleoptile			pierwszy liść — first leaf		
Kontrola — Control	41,8		B	161,8		B
D <sub>1</sub>	43,0	A	B	160,7		B
D <sub>3</sub>	41,9		B	168,3	A	B
D <sub>5</sub>	44,5	A		171,4	A	
D <sub>7</sub>	43,1	A	B	168,1	A	B
NIR — LSD			1,9			8,7

A,B,C — Grupy jednorodne dla cech morfologicznych siewek

A,B,C — Homogeneous groups for seedlings morphological characters

Tabela 5

**Grupy jednorodne dla średnich czasów imbibicji nasion pszenicy jarej odmiany Olimpia —długość koleoptyla i siewki**  
**Homogeneous groups for time of grain imbibition for the cultivar Olimpia — coleoptile and seedlings length**

Czas moczenia nasion Time of grain wetting	Długość (mm) — Length (mm)					
	koleoptyl — coleoptile			pierwszy liść — first leaf		
t0	42,7		B	163,7		B
t1	40,7		B	166,6	A	B
t2	42,7		B	160,5		B
t3	50,1	A		174,7	A	
t4	38,2		C	166,5	A	B
NIR — LSD			1,9			8,7

A,B,C — Grupy jednorodne dla cech morfologicznych siewek

A,B,C — Homogeneous groups for seedlings morphological characters

Tabela 6

**Grupy jednorodne dla długości koleoptyla pszenicy jarej odmiany Olimpia (mm) – interakcja**  
**Homogeneous groups for coleoptile length of spring cultivar Olimpia (mm) – interaction**

Czas imbibicji nasion Time of grain imbibition	Kontrola Control	D <sub>1</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>5</sub>	D <sub>7</sub>
t0	45,5 A a	42,6 A B b c	41,1 A B b c	40,3 B b	43,8 A a B b
t1	42,6 A a b	38,8 A c d	39,5 A b c	39,8 A b	42,6 A b
t2	36,5 B c	44,1 A B b	43,8 A a B b	44,5 A b	44,6 A a b
t3	45,5 a C	51,9 a B	47,7 a B C	57,4 A a	47,9 a B C
t4	38,9 A b c	37,6 A d	37,5 A c	40,4 A b	36,8 A c
NIR — LSD				4,4	

A,B,C — Grupy jednorodne dla czasów, Homogeneous groups for the times

a, b, c — Grupy jednorodne dla dawek, Homogeneous groups for the doses

Według Podleśnego (2000) istotny wpływ na proces kiełkowania oraz wzrost i rozwój roślin, oprócz czynników pogodowych, może mieć wilgotność początkowa naświetlanych nasion. Badania własne potwierdzają wyniki uzyskane przez Podleśnego. Na podstawie

pomiaru długości pierwszego liścia siewek wytworzonych przez odmianę Kobra wykazano istotny wpływ jedynie zastosowanych czasów pęcznienia ziarniaków, stymulacja wystąpiła po zastosowaniu t4 i t2 w stosunku do kontroli (bez moczenia)- tab. 1. U pszenicy jarej odmiany Olimpia przeprowadzona analiza wariancji wykazała istotne zróżnicowanie dawek, czasów oraz interakcję dawek światła lasera z czasami pęcznienia. Przewidywane naświetlanie ziarniaków promieniami lasera dawką D<sub>5</sub> wywołało stymulację długości pierwszego liścia (tab. 4). Najefektywniejszy spośród zastosowanych czasów pęcznienia okazał się t3 powodując stymulację długości liścia o 10,9 mm w stosunku do kontroli (tab. 5). Stwierdzona interakcja wykazała, że tylko dla dawki D<sub>5</sub> zastosowany czas pęcznienia ziarniaków równy 60 minut wywołał stymulację długości liścia w porównaniu z kontrolą. Porównanie średnich długości liścia na poziomie czasów imbibicji pozwoliło stwierdzić istotny wpływ dawki D<sub>7</sub> i D<sub>5</sub> dla czasu t1 oraz dawki D<sub>5</sub> dla czasu t2 (tab. 7).

Tabela 7

**Grupy jednorodne dla długości pierwszego liścia pszenicy jarej odmiany Olimpia (mm) — interakcja**  
**Homogeneous groups for first leaf length of spring wheat cultivar Olimpia (mm) — interaction**

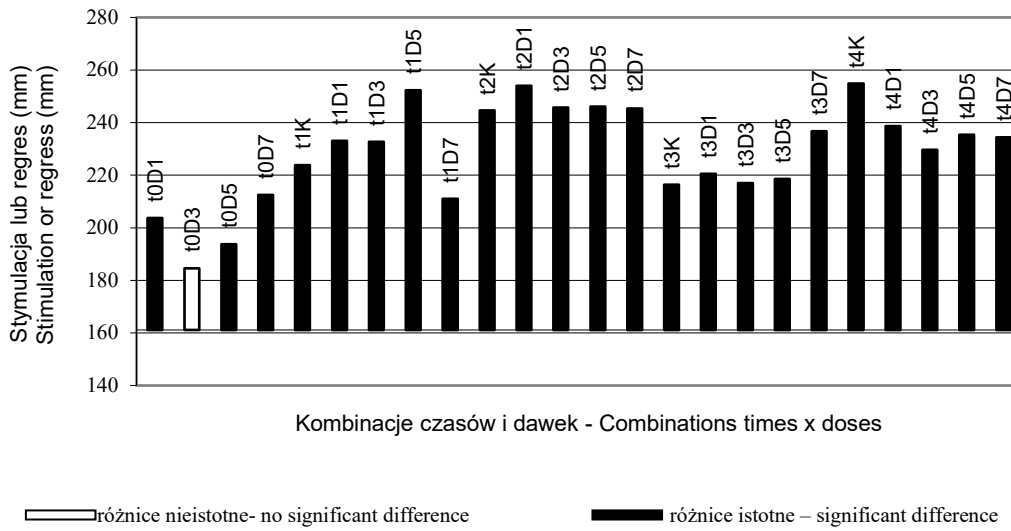
Czas imbibicji nasion Time of grain imbibition	Kontrola Control	D <sub>1</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>5</sub>	D <sub>7</sub>
t0	168,9 A a b	160,4 A a b	168,7 A a b	155,2 A b	165,4 A a
t1	147,8 B b c	149,4 B b	167,0 A a B b	172,3 A a b	180,3 A a
t2	144,3 B c	152,1 B b	165,0 A a B b	181,5 A a	159,6 a B
t3	170,4 A a	177,6 A a	180,9 A a	173,6 A a b	170,7 A a
t4	170,0 A a	164,0 A a b	159,8 A b	174,3 A a b	164,5 A a
NIR — LSD	16,4				

A,B,C — Grupy jednorodne dla czasów, Homogeneous groups for the times

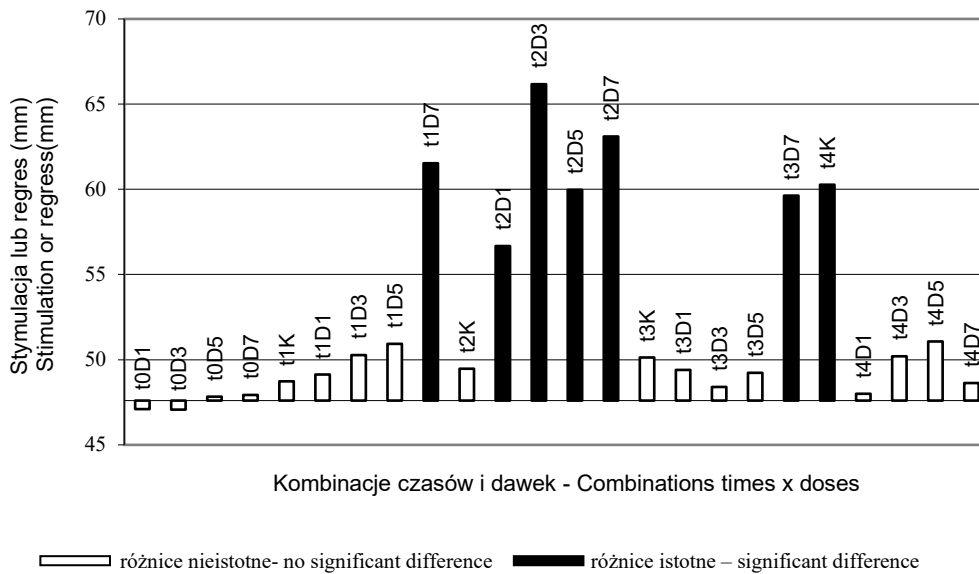
a, b, c — Grupy jednorodne dla dawek, Homogeneous groups for the doses

Lipski (2001), w swych badaniach nad biostymulacją laserową kukurydzy w zależności od stopnia uwilgotnienia nasion, także stwierdził większą skuteczność oddziaływania promieniowania laserowego na nasiona, w których podwyższona wilgotność sprzyja rozpoczęciu procesów fizjologicznych.

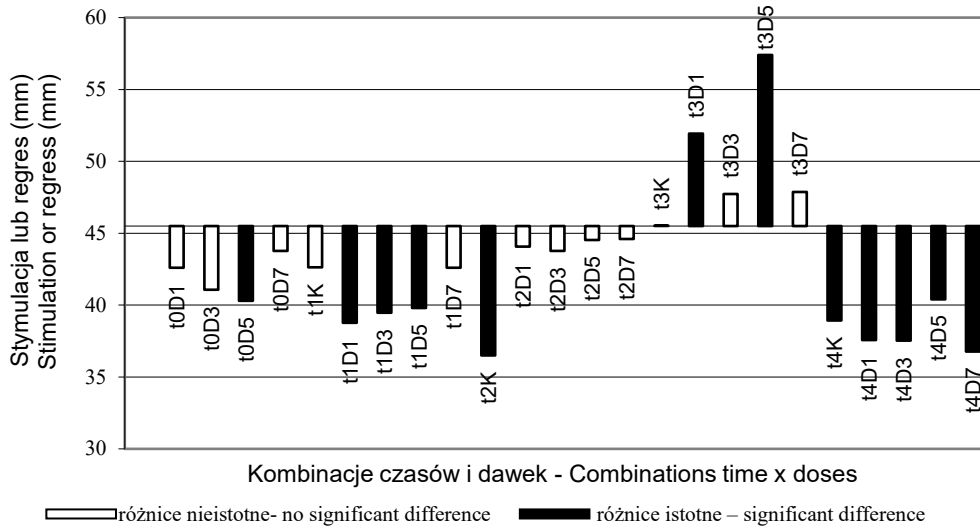
Dla odmiany Kobra porównanie średnich wartości, dla zastosowanych kombinacji i kontroli, testem t Studenta pozwoliło wykazać stymulujący wpływ, na długość korzeni zarodkowych, wszystkich zastosowanych wariantów (połączenie dawek światła z czasami pęcznienia ziarniaków) z wyjątkiem kombinacji nasion nie poddanych imbibicji i naświetlonych dawką D<sub>3</sub> (rys. 1).



**Rys. 1. Porównanie średnich dla długości korzenia zarodkowego pszenicy ozimej odmiany Kobra w stosunku do kontroli (t0K= 161,1 mm) testem t -Studenta**  
**Fig. 1. Comparison for means of radicle length of winter wheat cultivar Kobra with control (t0K=161.1 mm) t -Studenta test**

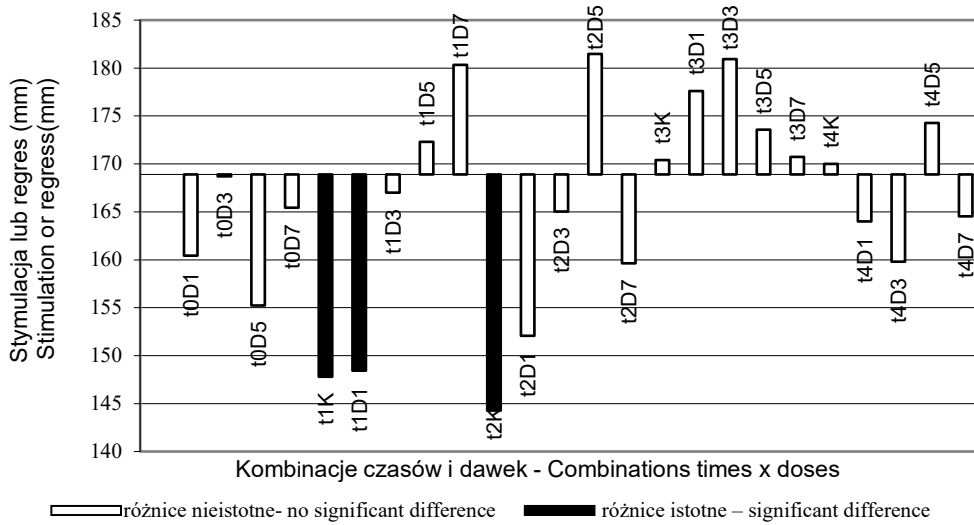


**Rys. 2. Porównanie średnich dla długości koleoptyla pszenicy ozimej odmiany Kobra w stosunku do kontroli (t0K= 47,6 mm) testem t -Studenta**  
**Fig. 2. Comparison for means of coleoptile length of winter wheat cultivar Kobra with control (t0K= 47.6 mm) t -Studenta test**



Rys. 3. Porównanie średnich dla długości koleoptyla pszenicy jarej Olympia w stosunku do kontroli (t0K=45,5mm) testem t Studenta

Fig. 3. Comparison for means of coleoptile length of spring wheat cultivar Olympia with control (t0K=45.5 mm) t-Studenta test



Rys. 4. Porównanie średnich dla długości pierwszego liścia pszenicy jarej odmiany Olympia w stosunku do kontroli (t0K=168,9mm) testem t Studenta

Fig. 4. Comparison for means of first leaf length of spring wheat cultivar Olympia with control (t0K=168.9 mm) t-Studenta test



Dla długości koleoptyla otrzymano siedem wariantów lepszych od kontroli, przy czym najwyższy efekt stymulacji (66,2 mm) otrzymano po zastosowaniu t2D<sub>3</sub> – czyli moczenia przez 60 minut w połączeniu z trzykrotnym naświetlaniem, w porównaniu z kontrolą (47,6 mm) – rys.2. Dla pszenicy jarej odmiany Olimpia stymulację uzyskano w kombinacjach t3D<sub>1</sub> (51,9 mm) i t3D<sub>5</sub> (57,4 mm) porównując z kontrolą – 45,5 mm (rys. 3). Długość pierwszego liścia u odmiany Olimpia wykazała jedynie efekt redukcji po zastosowaniu kombinacji t1K, t1D<sub>1</sub> oraz t2K (rys. 4).

#### WNIOSKI

1. Reakcja ziarniaków zarówno pszenicy ozimej, jak i jarej na równoczesne zastosowanie różnych czasów imbibicji i promieniowania laserowego była zróżnicowana w zależności od kombinacji dawki promieniowania laserowego i czasu pęcznienia nasion.
2. Istotny stymulujący wpływ zastosowania kombinacji dwóch czynników uszlachetniających stwierdzono dla odmiany Kobra w odniesieniu do długości korzenia zarodkowego i koleoptyla. Zastosowanie testu t-Studenta pozwoliło stwierdzić, że dla długości korzenia zarodkowego u odmiany Kobra, stymulujące okazały się wszystkie warianty z wyjątkiem t0D<sub>3</sub>. Natomiast dla długości koleoptyla najkorzystniejsze okazały się warianty połączenia różnych dawek promieniowania laserowego z czasem imbibicji równym 60 minut.
3. Pszenica jara odmiany Olimpia zareagowała wydłużeniem koleoptyla jedynie po zastosowaniu dwóch kombinacji: czas imbibicji wynoszący 90 minut i naświetlania jedno- (t3D<sub>1</sub>) oraz pięciokrotnego (t3D<sub>5</sub>).
4. Forma ozima pszenicy — odmiana Kobra, wykazała większą podatność na zastosowane połączenie uwadniania i naświetlania ziarniaków niż forma jara — odmiana Olimpia.

#### LITERATURA

- Dziamba S., Koper R. 1992. Wpływ naświetlania laserem nasion na plon ziarna pszenicy jarej. *Fragm. Agron.* 1(33): 88 — 93.
- Drozd D., Szajsner H. 1999. Influence of pre-sowing laser radiation on spring wheat characters. *Inter. Agroph.* Vol. 13, nr1: 79 — 87.
- Górecki R., Grzesiuk S. 1994. Światowe tendencje i kierunki uszlachetniania materiałów nasiennych. *Materiały Konferencyjne Olsztyn – Kortowo*: 9 — 25.
- Grzesiuk S. 1967. *Fizjologia nasion*. PWRiL, Warszawa.
- Kopcewicz J., Lewak S., 2002. *Fizjologia roślin*. PWN, Warszawa.
- Lipski S. 2001. Efektywność biostymulacji laserowej kukurydzy (*Zea mays* L.) w zależności od stopnia uwilgotnienia nasion. I Międzynarodowa Konferencja Naukowa. Oddziaływanie pól elektromagnetycznych na środowisko rolnicze: 51 — 56.
- Pabis J. 2000. Uszlachetnianie materiału siewnego. *Nasiennictwo*. T 1. Red. Duczmal K.W., Tucholska H. PWRiL, Poznań: 205 — 275.
- Pietruszewski S. 1999. Magnetyczna biostymulacja materiału siewnego pszenicy jarej. *Rozprawa habilitacyjna*. Rozprawy Naukowe AR Lublin.
- Podlaski S. 1992. Nowoczesne sposoby poprawy materiału siewnego. 1. MVS. 2. Pobudzanie nasion. *Hod. Rośl. Nasien. Biul. Branż.* 1: 18 — 25.

- Podlaski S. 1994. Uszlachetnianie materiałów nasiennych roślin rolniczych. Materiały Konferencyjne Olsztyn – Kortowo: 25 — 30.
- Podleśny J. 2000. Biostymulacja nasion światłem laserowym i jej wpływ na wzrost, rozwój i plonowanie roślin. Postępy Nauk Rolniczych 6: 27 — 39.
- Szajsner H. 2003. Porównanie reakcji form jarych i ozimych pszenicy zwyczajnej na przedsięwną biostymulację laserową. Acta Agroph. 2 (3): 639 — 643.
- Szajsner H., Drozd D., Bieniek J. 2004. Ocena efektu połączenia dwu sposobów poprawy wartości siewnej nasion pszenicy. Acta Agroph. 4 (3): 809 — 813.