

WPŁYW PRZEDSIEWNEJ STYMULACJI MAGNETYCZNEJ NA  
KIEŁKOWANIE ZIARNIAKÓW RÓŻNYCH ODMIAN PSZENICY JAREJ

*Stanisław Pietruszewski<sup>1</sup>, Przemysław Szymon Szecówka<sup>2</sup>, Konrad Kania<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Katedra Fizyki, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin  
e-mail: stanislaw.pietruszewski@up.lublin.pl

<sup>2</sup>Zakład Roślin Zbożowych, Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowy Instytut Badawczy  
ul. Zawila 4, 30-423 Kraków

**Streszczenie.** Pięć odmian pszenicy jarej (Banti, Łągwa, Parabola, Hewilla i Żura) poddano przedsięwzięciu oddziaływaniu zmiennego pola magnetycznego. Zastosowano dwie dawki ekspozycyjne D1 = 21,50 kJm<sup>-3</sup>s (30 mT, 30 s) oraz D2 = 7,16 kJm<sup>-3</sup>s (30 mT, 10 s). Kinetykę kiełkowania mierzono co 1 godzinę za pomocą elektronicznego kiełkownika opracowanego i wykonanego w Katedrze Fizyki Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie. Następnie opisano je za pomocą funkcji logistycznej. Dane doświadczalne pozwoliły stwierdzić, że ziarniaki każdej odmiany pszenicy reagują indywidualnie na zastosowane pole magnetyczne. Na obie dawki ekspozycyjne pozytywnie reagowały ziarniaki dwóch odmian (Banti i Łągwa). Dla pozostałych ziarniaków (odmiany: Hewilla, Parabola i Żura) wpływ pozytywny był tylko dla dawki D1. Najlepiej pozytywnie na pole magnetyczne reagowały ziarniaki odmiany Banti, a najgorzej ziarniaki odmiany Hewilla i Parabola. Wyniki kinetyki kiełkowania potwierdziły obliczone dla poszczególnych odmian parametry krzywej logistycznej.

**Słowa kluczowe:** pole magnetyczne, kinetyka kiełkowania, krzywa logistyczna, pszenica

WSTĘP

Pszenica należy do tych roślin zbożowych, dla których często stosowano pole magnetyczne w przedsięwzięciu stymulacji nasion. Do niemal klasycznych badań należy praca Pitmana (1967), w której autor wykazał, że ziarniaki pszenicy odmiany Kharkov 22MC w słabym polu magnetycznym (100 Oe – 0,01 T) kiełkują wcześniej niż kontrolne. W kolejnej pracy autorzy (Pitman i Ormrod 1970) wykazali, że ziarna pszenicy poddane działaniu pola magnetycznego H = 1800 Oe (0,18 T) mają inny współczynnik oddychania niż nasiona kontrolne.

Zmienne pole magnetyczne 50 Hz, 30 mT powoduje szybszy wzrost korzeni i kielków pszenicy w stosunku do próby kontrolnej (Aksenov i in. 2001). Badania laboratoryjne (próby kiełkowania) oraz polowe wykazały, że dla dwóch odmian pszenicy jarej (Jara i Henika) pole magnetyczne 50 Hz, 30 mT powoduje szybsze kiełkowanie niż dla nasion próby kontrolnej oraz wyższe plony (Pietruszewski 1993, 1996, 1999). Jednocześnie autor ten zaproponował, aby do prawidłowej oceny wpływu pola magnetycznego na kiełkowanie, wzrost i plony roślin stosować pojęcie dawki ekspozycyjnej, która określa energię oddziaływującego pola magnetycznego oraz czas ekspozycji.

Wpływ stałego pola magnetycznego na wzrost pszenicy określili Martinez i in. (2002). Oddziaływania pola magnetycznego na wzrost i wielkość plonów pszenicy jarej odmiany Igna zostało przedstawione w pracy Kordasa (2002). Autor stwierdził, że zastosowane pole magnetyczne nie spowodowało wzrostu systemu korzeniowego, części zielonej i plonów roślin stymulowanych przedsięwzięciem w stosunku do próby kontrolnej. Badacz ten do stymulacji używał magnesów stałych. Podał ich typ, ale nie określił wielkości pola magnetycznego. Stąd też jego wyniki, choć interesujące, są niekompletne. Wpływ zmiennego pola magnetycznego 16 Hz i 50 Hz na połowę zdolność wschodów, wzrost i plony pszenicy jarej odmiany Jota i Sigma oraz pszenżyta jarego odmiany Jago badała Rochalska (2002). Rochalska i in. (2011) wykazali, że pole magnetyczne 16 Hz, 5 mT przy czasie ekspozycji 2 h oddziałując na nasiona pszenicy ozimej odmiany Jasna, najlepiej wpływało na kiełkowanie nasion, zaś kielki miały również najlepsze właściwości biofizyczne.

Badania polowe dotyczące wpływu zmiennego pola magnetycznego na plonowanie i jakość technologiczną plonów pszenicy ozimej i jarej były obiektem pracy Bujaka i Franta (2009, 2010). Wykazali oni, że stosowane pole magnetyczne do przedsięwziętej stymulacji nie miało znaczącego wpływu na uzyskane plony.

Interesująca jest również praca z wykorzystaniem magnesów stałych Alikamanglu i Sen (2011). Ziarna pszenicy umieszczane były na taśmociągu, który poruszał się z szybkością  $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Nad taśmociągami umieszczono zestaw stałych magnesów, dzięki którym można było uzyskać pole magnetyczne w granicach 2,9-4,8 mT. Obiektem badań była pszenica odmiany Flamura-85. Autorzy stwierdzili, że stosowane pola magnetyczne spowodowało wzrost chlorofili a i b, białka całkowitego oraz zawartości mikroelementów w stosunku do próby kontrolnej.

Przeprowadzone w Katedrze Fizyki Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie badania wykazały, że wpływ pola magnetycznego na nasiona najlepiej można ocenić za pomocą magnetycznej dawki ekspozycyjnej (Pietruszewski i Kania 2010). Obiektem badań była jedna odmiana pszenicy jarej poddana przedsięwziętemu oddziaływaniu dwóch dawek ekspozycyjnych uzyskanych różnymi sposobami. Kinetykę kiełkowania rejestrowano elektronicznym kiełkownikiem (Kania i in. 2007, Patent PL 378397). W trakcie kiełkowania utrzymywano stałą temperaturę  $20^{\circ}\text{C}$ .

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu dwóch magnetycznych dawek ekspozycyjnych na kinetykę kiełkowania pięciu odmian pszenicy jarej oraz opisanie tych kinetyk za pomocą funkcji logistycznej Malthusa-Verhulsta jak też określenie parametrów tej funkcji dla poszczególnych odmian.

#### MATERIAŁ I METODA

Materiałem doświadczalnym były ziarniaki pięciu odmian pszenicy jarej (Banti, Łagwa, Parabola, Hewilla i Żura) pochodzące z Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie. Każdą z odmian poddano oddziaływaniu dwóch dawek ekspozycyjnych o wartościach  $D1 = 21,50 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{s}$  oraz  $D2 = 7,16 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{s}$ . Kinetykę kiełkowania rejestrowano w trzech powtórzeniach łącznie z próbami kontrolnymi dla każdej odmiany w ilości 100 nasion dla próby. Rejestracji dokonano za pomocą elektronicznego kiełkownika (Kania i in. 2007, Patent PL 378397) co 1 h. W trakcie pomiarów utrzymywano stałą temperaturę  $20^\circ\text{C}$ .

Elektroniczny kiełkownik jest urządzeniem opracowanym i wykonanym w Katedrze Fizyki Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie. Nasiona umieszcza się pojedynczo w odpowiednich komorach nasiennych mających bezpośredni dostęp do wody poprzez warstwę bibuły filtracyjnej. Wyrastający kiełek rozłącza odpowiedni układ elektroniczny, który jest rejestrowany przez komputer. Zebrane dane mogły być przedstawione w postaci odpowiednich tabel lub bezpośrednio przez wykresy krzywych kinetyki kiełkowania. W oparciu o dane z 3 powtórzeń zostały wykreślone równania kinetyki kiełkowania, a następnie dopasowane krzywe logistyczne w oparciu o równanie Malthusa-Verhulsta (Pietruszewski 2001):

$$N(t) = \frac{N_k}{1 + (N_k - 1)\exp[\alpha N_k (t - t_0)]} \quad (1)$$

gdzie:  $N(t)$  – liczba wykiełkowanych ziarniaków w czasie  $t$ ,  $N_k$  – końcowa liczba wykiełkowanych ziarniaków,  $\alpha$  – współczynnik szybkości kiełkowania,  $t_0$  – czas wykiełkowania pierwszego ziarniaka.

W oparciu o krzywą logistyczną określono również szybkość kiełkowania:

$$v_k = \frac{dN(t)}{dt} = N(t) \cdot \alpha \cdot [N_k - N(t)] \quad (2)$$

gdzie:  $v_k$  – szybkość kiełkowania.

Zarówno krzywa logistyczna, jak i krzywa szybkości kiełkowania bardzo dobrze modelują proces kiełkowania nasion stymulowanych, a błędy dopasowa-

nia krzywych nie przekraczają 8% (Muszyński 2008). Różniczkując równanie (4) i przyrównując je do zera otrzymamy możliwość określenia ekstremum (maksimum) szybkości kiełkowania i czasu, w którym to nastąpiło:

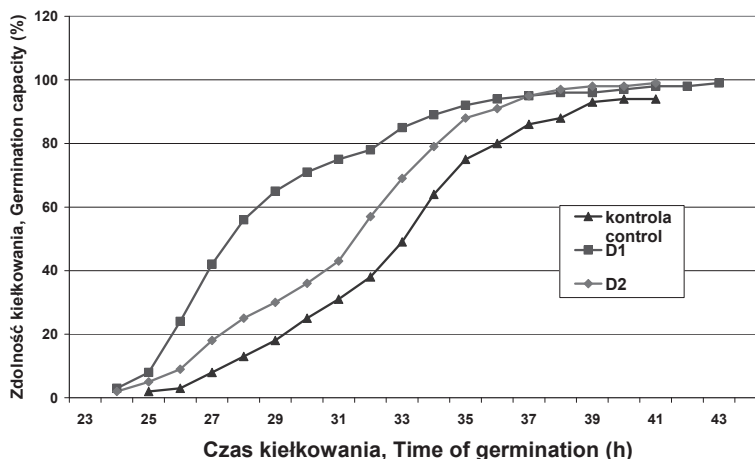
$$\frac{d^2 N(t)}{dt^2} = \alpha \cdot N(t) \cdot [N_k - N(t)] \cdot [N_k - 2N(t)] \quad (3)$$

oraz  $t = t_{max}$  dla  $N_k = 2N(t)$  i wówczas mamy:

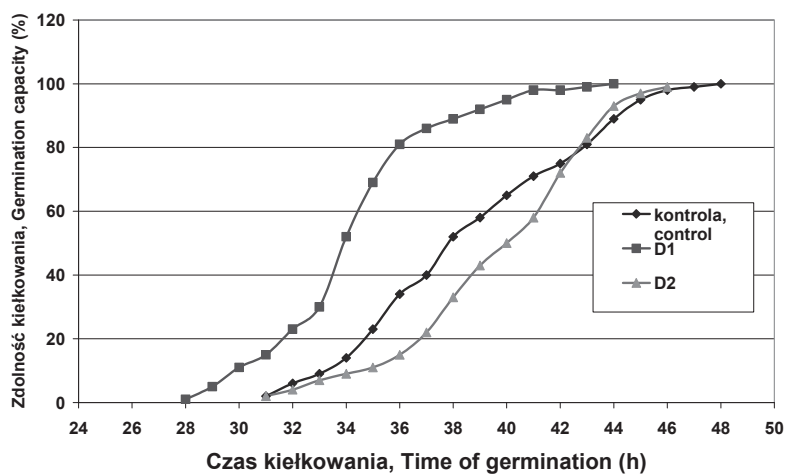
$$t_{max} = \frac{\ln(N_k - 1)}{\alpha \cdot N_k} + t_0 \quad (4)$$

### WYNIKI

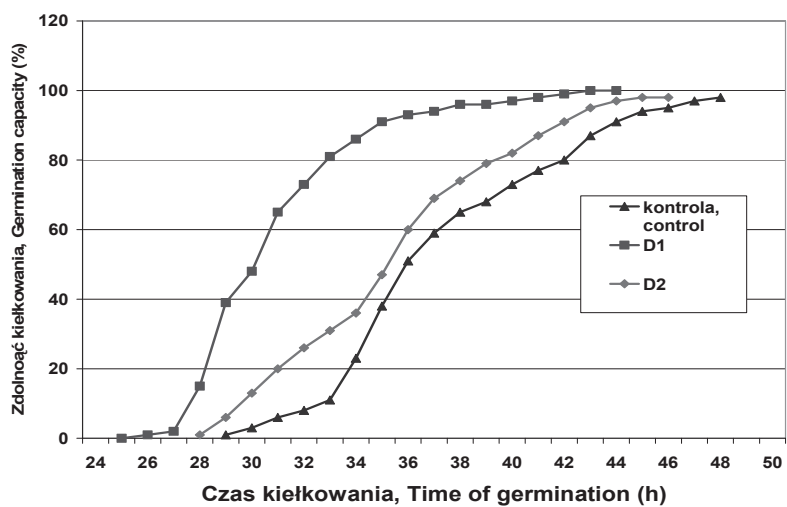
Wyniki badań doświadczalnych zostały przedstawione w postaci krzywych kinetyki kiełkowania dla poszczególnych odmian na kolejnych rysunkach (rysunki 1-5). Z przedstawionych krzywych widać wyraźnie, że pole magnetyczne oddziałuje różnie na poszczególne odmiany. Dla odmian Banti i Łągwa wpływ pozytywny w stosunku do próby kontrolnej występuje dla obu dawek ekspozycyjnych, dla pozostałych tylko dla dawki D. Kinetyki kiełkowania dla ziarniaków pszenicy wszystkich badanych odmian oraz dawki ekspozycyjnej D1 są pokazane na rysunku 6. Kinetyki kiełkowania dla tych samych ziarniaków i dawki D2 prezentuje rysunek 7.



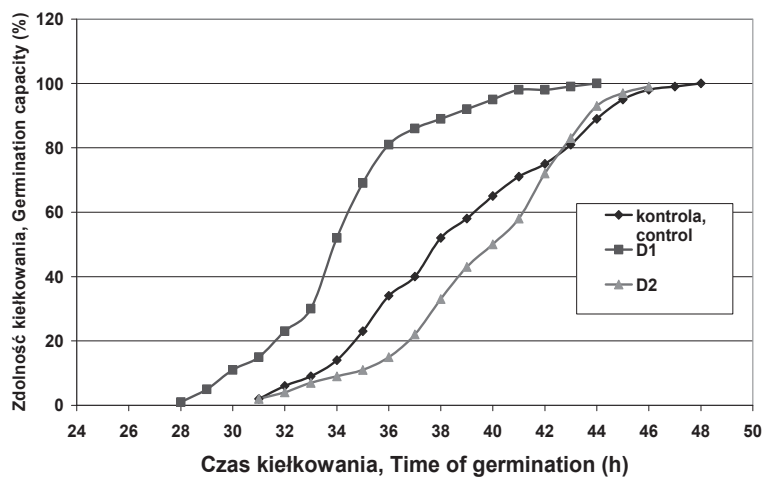
**Rys. 1.** Krzywa kinetyki kiełkowania dla odmiany Banti oraz dawek ekspozycyjnych D1 i D2  
**Fig 1.** Curve of germination kinetics for Banti variety and exposure doses D1 and D2



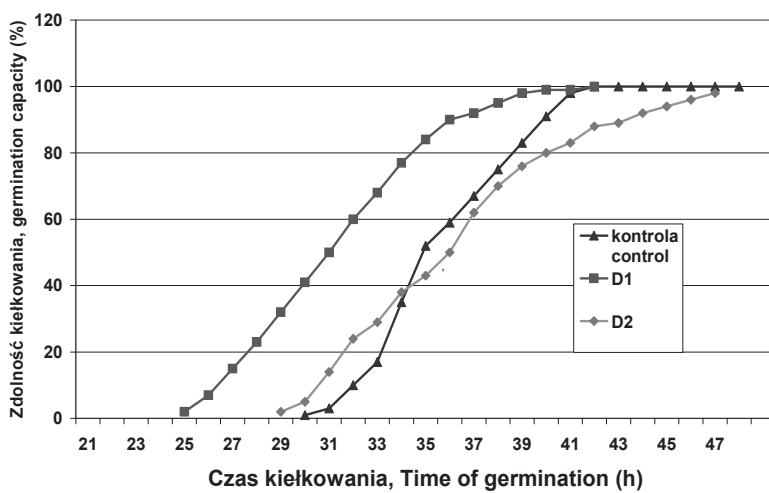
Rys.2. Krzywa kinetyki kiełkowania dla odmiany Hewilla oraz dawek ekspozycyjnych D1 i D2  
Fig 2. Curve of germination kinetics for Hewilla variety and exposure doses D1 and D2



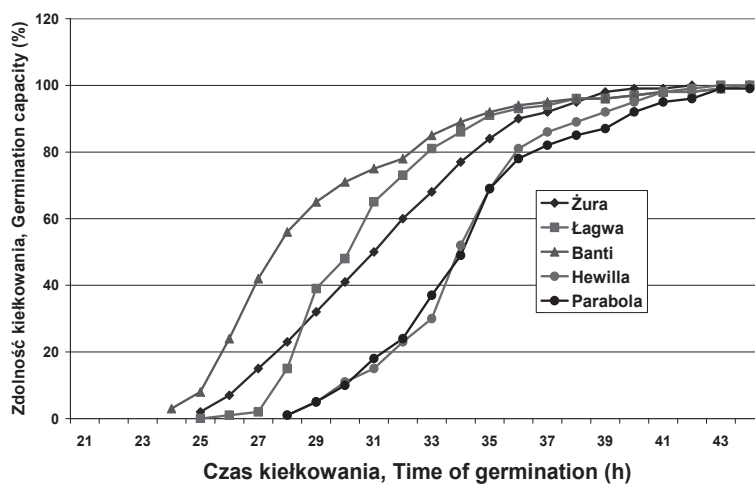
Rys. 3. Krzywa kinetyki kiełkowania dla odmiany Łągwa oraz dawek ekspozycyjnych D1 i D2  
Fig. 3. Curve of germination kinetics for Łągwa variety and exposure doses D1 and D2



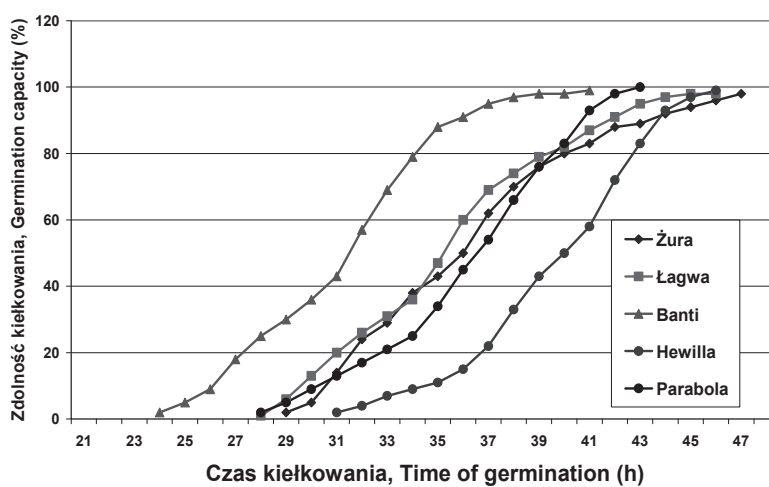
**Rys.4.** Krzywa kinetyki kiełkowania dla odmiany Parabola oraz dawek ekspozycyjnych D1 i D2  
**Fig. 4.** Curve of germination kinetics for Parabola variety and exposure doses D1 and D2



**Rys. 5.** Krzywa kinetyki kiełkowania dla odmiany Żura oraz dawek ekspozycyjnych D1 i D2  
**Fig. 5.** Curve of germination kinetics for Żura variety and exposure doses D1 and D2



Rys. 6. Krzywe kinetyki kiełkowania dla ziemiaków pszenicy i dawki ekspozycyjnej D1  
 Fig. 6. Curve of germination kinetics for wheat kernels and exposure dose D1



Rys. 7. Krzywe kinetyki kiełkowania dla ziemiaków pszenicy i dawki ekspozycyjnej D2  
 Fig. 7. Curve of germination kinetics for wheat kernels and exposure dose D2

Z przedstawionych wykresów widać, że ziemiaki poszczególnych odmian pszenicy różnie reagują na przedsięwną stymulację magnetyczną. Dla odmiany Banti obserwujemy najwcześniejsze kiełkowanie, które o kilka godzin wyprzedza

kiełkowanie ziarniaków odmiany Hewilla dla dawki D2. Różna jest również szybkość kiełkowania dla ziarniaków poszczególnych odmian. Ziarniaki odmiany Banti i dawki D1 kiełkowały najwcześniej ( $t_0 = 22$  godziny) spośród wszystkich badanych odmian i osiągały najwcześniej maksymalną szybkość kiełkowania obliczoną w oparciu o równania (1), (2) i (4).

**Tabela 1.** Parametry krzywej logistycznej

**Table 1.** Parameters of logistic curve

Odmiana – Variety	$N_k$ (%)	$t_0$ (h)	$10^{-6} \cdot \alpha(1(\% \text{ h})^{-1})$	$t_{max}$ (h)	$v_{max}$ (% h <sup>-1</sup> )
Banti					
K	94	24	597	32±1	12,7 ± 0,9
D1	99	22	784	28±1	18,9 ± 0,8
D2	99	23	555	31±1	13,5 ± 0,9
Hewilla					
K	100	30	625	37±1	15,0 ± 0,9
D1	100	28	735	34±1	18,3 ± 0,8
D2	99	30	495	39±1	11,9 ± 0,9
Łągwa					
K	98	29	676	36±1	21,4 ± 0,7
D1	100	26	1066	30±1	26,6 ± 0,7
D2	99	27	560	35±1	13,7 ± 0,9
Parabola					
K	100	28	685	35±1	17,1 ± 0,8
D1	99	27	665	34±1	16,3 ± 0,8
D2	100	27	485	36±1	12,0 ± 0,9
Żura					
K	100	30	776	36±1	18,8 ± 0,8
D1	100	24	606	32±1	14,5 ± 0,9
D2	98	28	590	36±1	14,0 ± 0,9

Wartość współczynnika szybkości kiełkowania ( $\alpha$ ) zmieniała się w dużym zakresie od  $485 \cdot 10^{-6}$  dla ziarniaków odmiany Parabola i dawki D2 do  $1066 \cdot 10^{-6}$



dla ziarniaków odmiany Łagwa i dawki D1. Potwierdziły to wyliczone dla tych przypadków maksymalne szybkości kiełkowania, które wynosiły odpowiednie  $12,0 \pm 0,9 \% h^{-1}$  i  $26,6 \pm 0,7 \% h^{-1}$ . Porównanie przytoczonych wykresów i zamieszczone w tabeli 1 parametry krzywej logistycznej dają nam bogaty materiał porównawczy. Widać wyraźnie, że wpływ oddziaływania pola magnetycznego zależy nie tylko od zastosowanej dawki ekspozycyjnej, ale również od odmiany pszenicy.

### WNIOSKI

Przeprowadzone badania laboratoryjne oraz analiza otrzymanych wyników pozwoliła na sformułowanie następujących wniosków:

1. Uzyskanie danych, potrzebnych do wyznaczenia kinetyki kiełkowania, było możliwe dzięki wykorzystaniu elektronicznego kiełkownika. Urządzenie to pozwoliło na rejestrację, co godzinę, wykiełkowanych nasion bez subiektywnego udziału człowieka, a tym samym eliminowało popełnienie niedokładności przy wyznaczaniu zdolności kiełkowania tradycyjnymi metodami.

2. Kinetyka kiełkowania ziarniaków pszenicy badanych odmian zależy od stosowanej przedsięwnej dawki ekspozycyjnej:

a) ziarniaki odmiany Banti i Łagwa kiełkowały szybciej niż próba kontrolna dla obu zastosowanych dawek ekspozycyjnych.

b) zastosowanie dawki ekspozycyjnej D1 powodowało lepsze kiełkowanie w stosunku do próby kontrolnej dla ziarniaków wszystkich badanych odmian pszenicy.

3. Największą szybkość kiełkowania ( $26,6 \pm 0,7\% h^{-1}$ ) zanotowano dla ziarniaków odmiany Łagwa oraz dawki D1, a najmniejszą ( $12,0 \pm 0,9\% h^{-1}$ ) dla ziarniaków odmiany Parabola i dawki D2.

4. Ziarniaki odmiany Banti kiełkowały najszybciej dla obu zastosowanych dawek ekspozycyjnych w stosunku do ziarniaków pozostałych odmian.

### PIŚMIENNICTWO

- Aksenov S.I., Gruzina T.I., Goriachev S.N., 2001. Characteristics of low frequency magnetic field effect on swelling of wheat seeds at various stages. *Biofizika*, 46, 1127-1132.
- Alikamanglu S., Sen A., 2011. Stimulation of growth and some biochemical parameters by magnetic field in wheat (*Triticum aestivum* L.) tissue cultures. *African J. of Biotechnol.*, 10 (53), 10957-10963.
- Bujak K., Frant M., 2009. Wpływ przedsięwnej stymulacji zmiennym polem magnetycznym na plon pszenicy jarej. *Acta Agrophysica*, 14 (1), 19-29.
- Bujak K., Frant M., 2010. Wpływ przedsięwnej stymulacji nasion zmiennym polem magnetycznym na plonowanie i jakość technologiczną pszenicy ozimej. *Acta Agrophysica*, 15 (2), 233-245.
- Kania K., Pietruszewski S., Kornarzyński K., 2007. Urządzenie do oznaczania zdolności kiełkowania nasion. Patent, PL 378397.

- Kordas L., 2002. The effect of magnetic field on growth, development and the field of spring wheat. Polish J. of Environmental Studies, 1(5), 527-530.
- Mahajan T.S., Pandey O.P., 2011. Reformulation of Malthus-Verhulst equation for black gram seeds pretreated with magnetic field. Int. Agrophysics, 25, 355-359.
- Martinez E., Carbonell M.V., Flórez M., 2002. Magnetic biostimulation of initial growth stopes of wheat (*Triticum aestivum* L.). Electromagnetobiol. Med., 21 (1), 43-53.
- Muszyński S., 2008. Modelowanie kinetyki kiełkowania wybranych nasion w zmiennych warunkach fizycznych i termodynamicznych. Praca doktorska. WIP, AR Lublin.
- Pietruszewski S., 2001. Modelowanie krzywą logistyczną kiełkowania nasion pszenicy odmiany Henika w polu magnetycznym. Acta Agrophysica, 58, 143-151.
- Pietruszewski S., 1993. Effect of magnetic seed treatment on yield of wheat. Seed Sci. & Technol., 21, 621-626.
- Pietruszewski S., 1996. Effect of magnetic biostimulation of wheat seeds on germination, yield and proteins. Int. Agrophysics, 10, 51-55.
- Pietruszewski S., 1999. Magnetyczna biostymulacja materiału siewnego pszenicy jarej. Rozprawy Naukowe AR Lublin.
- Pietruszewski S., Kania K., 2010. Effect of magnetic field on germination and yield of wheat. Int. Agrophysics, 24, 275-302.
- Pitman U.J., 1967. Biomagnetic Responses in Kharkov 22 MC Winter Wheat. Can. J. Plant Sci., 47, 389-393.
- Pitman U.J., Ormrod D.P., 1970. Physiological and Chemical Features of Magnetically Treated Winter Wheat Seed and Resultant Seedling. Can. J. Plant Sci. 50, 211-217.
- Rochalska M., 2002. Poprawa materiału siewnego za pomocą zmiennego pola magnetycznego. Doświadczenia polowe. Acta Agrophysica, 62, 113-126.
- Rochalska M., Grabowska-Topczewska K., Mackiewicz A., 2011. Influence of alternating low frequency magnetic field on improvement of seed quality. Int. Agrophysics, 25, 265-269.

#### EFFECT OF PRE-SOWING MAGNETIC STIMULATION ON GERMINATION OF KERNELS OF VARIOUS SPRING WHEAT VARIETIES

*Stanisław Pietruszewski<sup>1</sup>, Przemysław Szymon Szecówka<sup>2</sup>, Konrad Kania<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Department of Physics, University of Life Science in Lublin  
ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin  
e-mail: stanislaw.pietruszewski@up.lublin.pl

<sup>2</sup>Department of Cereals, Institute of Plant Breeding and Acclimatization,  
State Research Institute  
ul. Zawila 4, 30-423 Kraków

**Abstract.** Kernels of five varieties of spring wheat (Banti, Łagwa, Parabola, Hewilla and Żura) were exposed to pre-sowing alternating magnetic field. In the performed experiment two doses of magnetic field were applied: D1 = 21,50 kJ m<sup>-3</sup> s (30 mT, 30 s) and D2 = 7,16k J<sup>-3</sup> s (30 mT, 10 s). The germination kinetics was measured every hour by means of an electronic seed germinator which was developed and built in the Department of Physics at the University of Life Sciences in Lublin. The germination process was modelled using the logistic curve and the parameters of that curve were calcu-

---

lated. The experiment data established that wheat varieties react individually to magnetic field. A positive influence of the magnetic field was noted in Banti and Łagwa wheat varieties. For Hewilla, Parabola and Żura varieties a positive influence was observed only for dose D1. Among all tested varieties, the highest positive influence of magnetic field was noted in Banti. On the other hand, the lowest positive influence of magnetic field was noted in Hewilla and Parabola. The germination kinetics results confirm the logistic curves parameters calculated for each of the wheat varieties tested.

**Key words:** magnetic field, germination kinetics, logistic curve, wheat