

OCENA WPŁYWU ZMIENNEGO POLA MAGNETYCZNEGO NA KIEŁKOWANIE ZIARNIAKÓW PSZENICY TWARDEJ

*Krzysztof Kornarzyński¹, Bożena Gładyszewska¹, Stanisław Pietruszewski¹,
Zbigniew Segi², Ryszard Łacek¹*

¹Katedra Fizyki, Akademia Rolnicza, ul. Akademicka 13, 20-033 Lublin
e-mail: fizar19@ursus.ar.lublin.pl

²Instytut Genetyki i Hodowli Roślin, Akademia Rolnicza, ul. Akademicka 15, 20-033 Lublin

Streszczenie. W pracy przedstawiono wpływ zmiennego pola magnetycznego na szybkość kiełkowania dziesięciu linii pszenicy twardej oraz zastosowanie modelu symulacyjnego procesu kiełkowania ziarniaków, opartego na teoretycznych przesłankach wynikających z fizjologii kiełkowania, przyjmując założenie, że proces składa się z trzech sukcesywnie występujących po sobie etapów: fizycznego, biochemicznego i fizjologicznego. Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że zmienne pole magnetyczne wywiera wpływ na szybkość kiełkowania wszystkich badanych linii pszenicy twardej, ale tylko w początkowej fazie tego procesu. Nie ma natomiast wpływu na ilość wykiełkowanych ziarniaków.

Słowa kluczowe: pole magnetyczne, pszenica twarda, kiełkowanie nasion, model symulacyjny

WSTĘP

W ostatnich latach coraz większą wagę przykładają do jakości materiału siewnego i roślinnego, stąd poszukiwane są nowe, lepsze metody ich ulepszania [7,8]. Od pewnego czasu zaczęto wykorzystywać metody niekonwencjonalne tj. wpływ organizmów niższych (grzybki, bakterie), chemiczna synteza składników żywności, inżynieria genetyczna (uzyskiwanie nowych odmian) oraz poddawanie nasion działaniu bodźców fizycznych takich jak: promieniowanie jonizujące, światło laserowe, promieniowanie elektromagnetyczne (podczerwone, ultrafioletowe i mikrofałe), ultradźwięki oraz stałe i zmienne pola elektryczne i magnetyczne.

Prezentowana praca przedstawia wpływ zmiennego pola magnetycznego o częstotliwości $f = 50$ Hz, indukcji $B = 30$ mT, i czasie ekspozycji $t = 30$ s, na materiał siewny, jakim jest pszenica twarda. Prowadzone od szeregu lat badania w Katedrze Fizyki Akademii Rolniczej w Lublinie z nasionami różnych roślin uprawnych

wykazały, że wpływ pola magnetycznego na kiełkowanie i plony zależy od rodzaju pola i jego natężenia, a zastosowane w pracy pole magnetyczne posiada najbardziej pozytywny wpływ na ten proces [4-6].

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiło ziarno dziesięciu ustalonych morfologicznie linii pszenicy twardej wyprowadzonych z kilku kombinacji krzyżowań, przeprowadzonych w Instytucie Genetyki i Hodowli Roślin AR w Lublinie. Formami matecznymi były krótkosłome odmiany hodowli austriackiej Grandur i Signadur oraz francuska Primadur. Formy ojcowskie stanowiły dwie linie polskiego pochodzenia: K-5/827 i K-5/770 wyprowadzone z krzyżówek pomiędzy argentyńską odmianą Taganrog Sel. Buck, algierską odmianą Kahla i rosyjską Kandikan 76/10 (tab. 1).

Tabela 1. Linie pszenicy twardej

Table 1. Lines of durum wheat

Linia 1	Signadur x (K x K)	bezostna	LGR 1359/33
Linia 2	Primadur x (T x K)	oścista, ości białe	LGR 896/64a
Linia 3	Signadur x (T x K)	bezostna	LGR 899/17a
Linia 4	Signadur x (T x K)	oścista, ości czarne	LGR 900/3a
Linia 5	Grandur x (T x K)	oścista, ości białe	LGR 8/780/90
Linia 6	Signadur x (K x K)	oścista, ości czarne	LGR 1359/8
Linia 7	Signadur x (T x K)	oścista, ości czarne	LGR 899/62a
Linia 8	Signadur x (T x K)	bezostna	LGR 899/1
Linia 9	Signadur x (T x K)	oścista, ości czarne	LGR 9/776/90
Linia 10	Primadur x (T x K)	bezostna	LGR 896/23

(K x K) – Kahla x Kandican 76/10, (T x K) – Taganrog Sel. Buck x Kandican 76/10.

Ziarniaki każdej linii zostały podzielone na pięć próbek po 100 sztuk, poddane działaniu zmiennego pola magnetycznego, a następnie umieszczone na płytkach Petriego na podkładzie z bibuły i poddane kiełkowaniu. Ocena wpływu pola magnetycznego została dokonana na podstawie regularnych zliczeń wykiełkowanych nasion.

Do opisu matematycznego procesu kiełkowania ziarniaków pszenicy użyto modelu symulacyjnego, opartego na metodzie Monte Carlo [1,2], wykorzystującego informacje z fizjologii nasion [3], że proces kiełkowania składa się z trzech sukcesywnie następujących po sobie etapów: fizycznego (p_{0-1}), biochemicznego, (p_{1-2}) i fizjologicznego (p_{2-3}), gdzie p_{0-1} , p_{1-2} , p_{2-3} są prawdopodobieństwami wystąpienia danego etapu kiełkowania.

Faza fizyczna – hydrolityczny rozpad substancji zapasowych (katabolizm) i proces syntezy (anabolizm) w zarodku, który rozpoczyna swój wzrost poprzez powiększenie rozmiarów komórek.

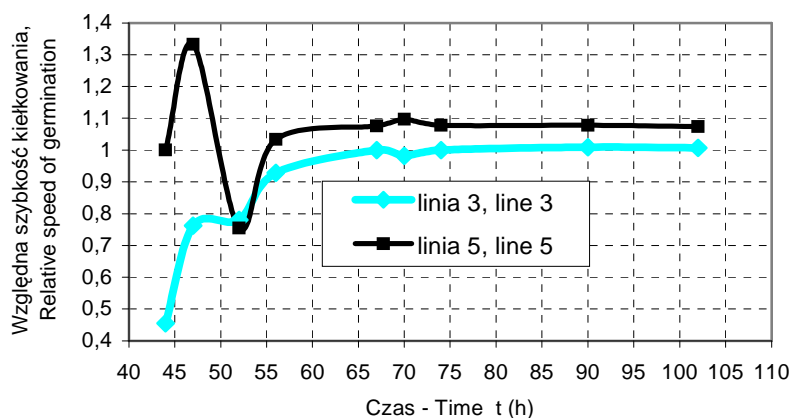
Faza biochemiczna – rozpad związków zapasowych i transport ich produktów do tkanek rosnących.

Faza fizjologiczna – malejący rozpad związków zapasowych w organach zapasowych oraz wzrastający anabolizm w tkankach rosnących. Następuje wzrost i rozwój zarodka, który po przebicciu okryw nasiennych prowadzi do wykształcenia się kielka, a w efekcie dalszego rozwoju - uzyskanie siewki.

Wobec braku liczbowych danych określających prawdopodobieństwa przechodzenia z jednego etapu do drugiego, proces kiełkowania symulowano komputerowo dla różnych prawdopodobieństw przejścia do etapu wyższego: p_{0-1} , p_{1-2} , p_{2-3} , przy czym p_{2-3} jest prawdopodobieństwem, że ziarniak uformuje kielek, czyli zostanie uznany za wykiełkowany. Nie są to prawdopodobieństwa zdarzeń niezależnych, zatem ich suma nie musi równać się jedności [2]. Dopasowanie krzywej modelu symulacyjnego do punktów doświadczalnych zostało wykonane za pomocą programu komputerowego „Mckieł” [1] i uzyskano bardzo dobrą zgodność krzywych eksperymentalnych z krzywymi modelowymi.

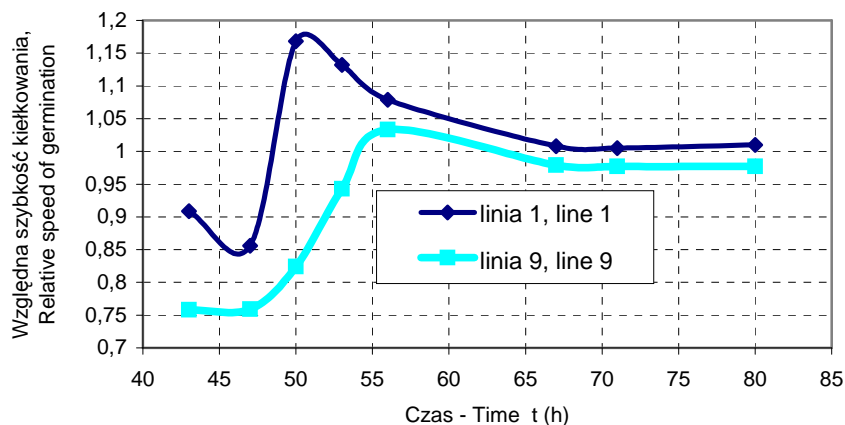
WYNIKI BADAŃ

Wyniki pomiarów kiełkowania ziarniaków przedstawione zostały na rysunkach 1-5 w postaci krzywych, będących stosunkiem liczby wykiełkowanych ziarniaków poddanych oddziaływaniu pola magnetycznego, do liczby ziarniaków próbki kontrolnej danej linii, czyli jako względna szybkość kiełkowania ziarniaków w funkcji czasu.



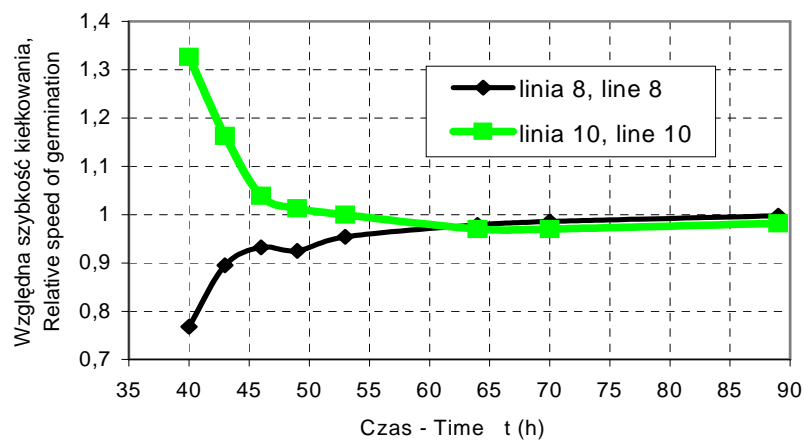
Rys. 1. Względna szybkość kiełkowania ziarniaków pszenicy twardej linii 3 i 5 poddanych działaniu zmiennego pola magnetycznego

Fig. 1. Relative speed of germination of durum wheat seeds originating from lines 3 and 5 treated with alternating magnetic field



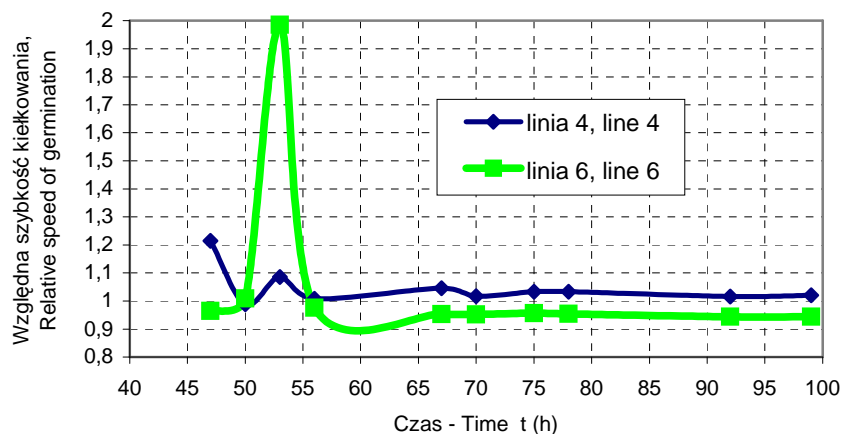
Rys. 2. Względna szybkość kiełkowania ziarniaków pszenicy twardej linii 1 i 9 poddanych działaniu zmiennego pola magnetycznego

Fig. 2. Relative speed of germination of durum wheat seeds originating from lines 1 and 9 treated with alternating magnetic field



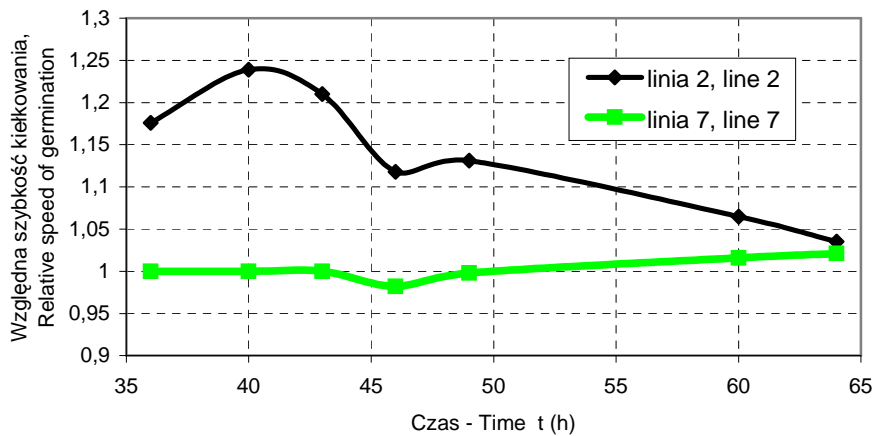
Rys. 3. Względna szybkość kiełkowania ziarniaków pszenicy twardej linii 8 i 10 poddanych działaniu zmiennego pola magnetycznego

Fig. 3. Relative speed of germination of durum wheat seeds originating from lines 8 and 10 treated with alternating magnetic field



Rys. 4. Względna szybkość kiełkowania ziarniaków pszenicy twardej linii 4 i 6 poddanych działaniu zmiennego pola magnetycznego

Fig. 4. Relative speed of germination of durum wheat seeds originating from lines 4 and 6 treated with alternating magnetic field



Rys. 5. Względna szybkość kiełkowania ziarniaków pszenicy twardej linii 2 i 7 poddanych działaniu zmiennego pola magnetycznego

Fig. 5. Relative speed of germination of durum wheat seeds originating from lines 2 and 7 treated with alternating magnetic field

W tabelach 2 i 3 zamieszczone zostały wyniki modelowania procesu kiełkowania ziarniaków pszenicy twardej przy zastosowaniu modelu symulacyjnego, podczas gdy tabela 4 zawiera dane dotyczące szybkości kiełkowania próbek poddanych i nie poddanych działaniu zmiennego pola magnetycznego.

Tabela 2. Parametry wynikające z modelowania próbek poszczególnych linii poddanych działaniu zmiennego pola magnetycznego

Table 2. Parameters resultant from modeling samples of all the lines of wheat seeds treated with alternating magnetic field

Linia – Line	t_0	p_{0-1}	p_{1-2}	p_{2-3}	N_k
1	41	0,26	0,37	0,38	402
2	31	0,21	0,31	0,46	413
3	46	0,19	0,2	0,21	445
4	45	0,15	0,29	0,86	452
5	46	0,16	0,18	0,19	452
6	43	0,16	0,8	0,82	409
7	29	0,19	0,4	0,32	445
8	35	0,16	0,26	0,61	449
9	40	0,21	0,31	0,46	427
10	34	0,13	0,89	0,91	378

t_0 – czas pojawienia się pierwszego kielka, N_k – liczba wykiełkowanych ziarniaków danej linii.

t_0 – time of first sprout appearance, N_k – number of germinated seeds of given line.

Tabela 3. Parametry wynikające z modelowania próbek kontrolnych poszczególnych linii

Table 3. Parameters resultant from modeling control samples of all the lines of wheat seeds

Linia – Line	t_0	p_{0-1}	p_{1-2}	p_{2-3}	N_k
1	42	0,44	0,19	0,45	398
2	30	0,22	0,24	0,26	399
3	45	0,18	0,2	0,21	442
4	45	0,14	0,42	0,8	443
5	46	0,16	0,18	0,18	421
6	43	0,14	0,9	0,91	431
7	27	0,23	0,37	0,22	436
8	35	0,16	0,31	0,76	450
9	41	0,16	0,81	0,86	437
10	34	0,16	0,31	0,81	385

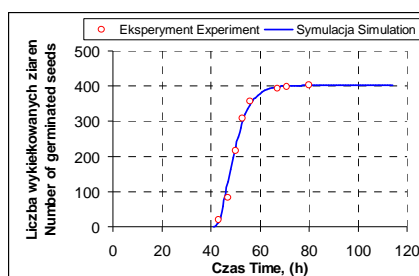
t_0 – czas pojawienia się pierwszego kielka, N_k – liczba wykiełkowanych ziarniaków danej linii.

t_0 – time of first sprout appearance, N_k – number of germinated seeds of given line.

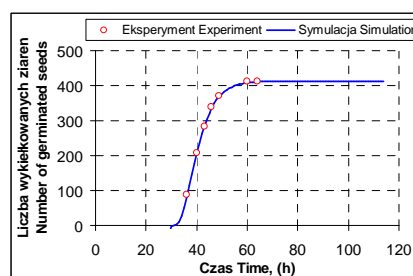
Tabela 4. Porównanie zdolności kiełkowania próbek kontrolnych i poddanych oddziaływaniu zmiennego pola magnetycznego**Table 4.** Comparison of the germination ability of control samples and samples treated with alternating magnetic field

Linia Line	Zdolność kiełkowania próbek poddanych działaniu pola magnetycznego Germination ability of samples treated with magnetic field (%)	Zdolność kiełkowania próbek kontrolnych Germination ability of control samples (%)	Różnica zdolności kiełkowania obu prób Difference of germination ability of the two samples (%)
1	80,4	79,6	0,8
2	82,6	79,8	2,8
3	89,0	88,4	0,6
4	90,4	88,6	1,8
5	90,4	84,2	6,2
6	81,8	86,2	-4,4
7	89,0	87,2	1,8
8	89,8	90,0	-0,2
9	85,4	87,4	-2,0
10	75,6	77,0	-1,4

Na rysunku 6 przedstawione zostały wyniki modelowania procesu kiełkowania ziarniaków dziesięciu linii pszenicy, gdzie na osi rzędnych znajduje się liczba wszystkich ziarniaków, które wykiełkowały w danym czasie t_k spośród 500 użytych dla danej próbki (pięć próbek po sto ziarniaków).

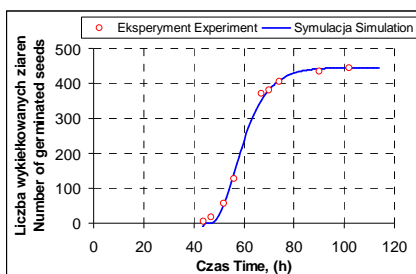


Linia 1 – Line 1

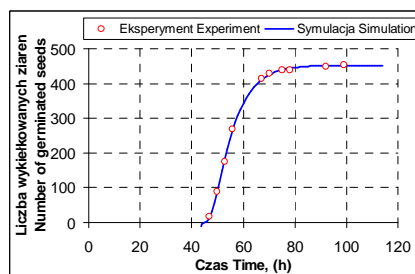


Linia 2 – Line 2

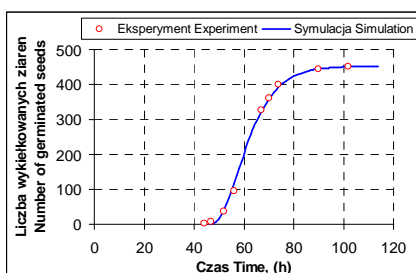
Rys. 6. Doświadczalne zależności liczby wykiełkowanych ziarniaków wszystkich linii, poddanych działaniu zmiennego pola magnetycznego (punkty) oraz zależności wynikające z modelu symulacyjnego (linia ciągła)**Fig. 6.** Experimental dependences of the number of germinated seeds of all the lines treated with alternating magnetic field (points) and theoretical ones obtained (solid line)



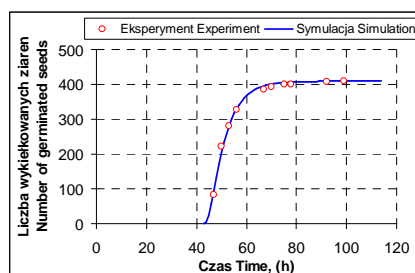
Linia 3 – Line 3



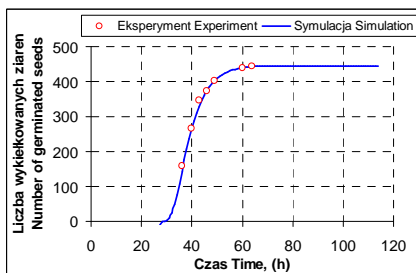
Linia 4 – Line 4



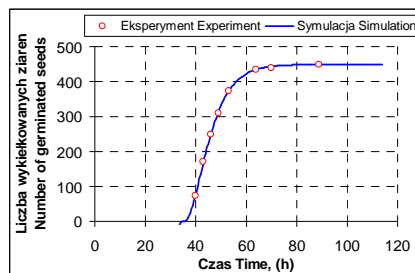
Linia 5 – Line 5



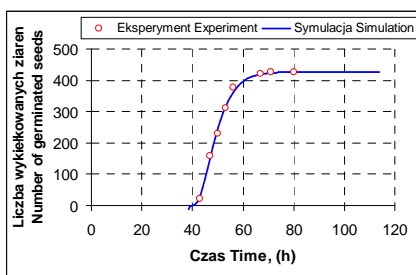
Linia 6 – Line 6



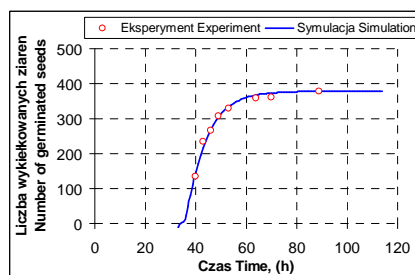
Linia 7 – Line 7



Linia 8 – Line 8



Linia 9 – Line 9



Linia 10 – Line 10

cd. Rys. 6. Doświadczalne zależności liczby wykiełkowanych ziemiaków wszystkich linii, poddanych działaniu zmiennego pola magnetycznego (punkty) oraz zależności wynikające z modelu symulacyjnego (linia ciągła)
Cont. Fig. 6. Experimental dependences of the number of germinated seeds of all the lines treated with alternating magnetic field (points) and theoretical ones obtained (solid line)

WNIOSKI

1. Użyte podczas badań zmienne pole magnetyczne wywiera wpływ na szybkość kiełkowania ziarniaków wszystkich badanych linii pszenicy twardej tylko w początkowej fazie tego procesu, natomiast nie wpływa na zdolność kiełkowania nasion.

2. Pozytywny wpływ stymulacji zmiennym polem magnetycznym wystąpił dla nasion linii 1, 2, 3, 6 i 10.

3. Poszczególne linie różnią się początkowym czasem kiełkowania t_0 . Proces formowania kiełków w liniach 3, 4 i 5 rozpoczął się najpóźniej. Dla tych linii zdolność kiełkowania była najwyższa.

4. Wyższe wartości prawdopodobieństw przechodzenia ziarniaka do kolejnych etapów rozwoju p_{0-1} , p_{1-2} , p_{2-3} , świadczą o szybkości kiełkowania, która jest największa dla próbek stymulowanych polem magnetycznym linii 6 i 10 oraz próbek kontrolnych linii 6 i 9.

5. Dla wszystkich próbek stymulowanych i kontrolnych prawdopodobieństwa, iż ziarniak znajdzie się w etapie fizycznym p_{0-1} mają wartości zbliżone do siebie. Natomiast prawdopodobieństwo przejścia ziarniaka do etapu biochemicznego p_{1-2} przyjmuje najwyższe wartości dla linii: 6, 9, 10 próbek stymulowanych polem magnetycznym i kontrolnych.

6. Największe prawdopodobieństwo zaistnienia faktu, iż ziarniak uformuje kiełek p_{2-3} wystąpiło dla próbek poddanych oddziaływaniu pola magnetycznego linii: 4, 6, 10 i kontrolnych linii: 4, 6, 9, 10.

PIŚMIENNICTWO

1. **Gładyszewska B.** Ocena wpływu przedsewnej laserowej biostymulacji nasion pomidorów na proces ich kiełkowania. Rozprawa doktorska, Wydział Techniki Rolniczej AR w Lublinie, 1998.
2. **Gładyszewska B, Koper R.** Monte Carlo simulation of the seed germination process. Ann. Rev. Agricult. Eng., 2(1), 91-98, 2000.
3. **Grzesiuk S., Kulka S.** Fizjologia i biochemia nasion. PWRiL, Warszawa, 1981.
4. **Kornarzyński K., Pietruszewski S.:** Effect of stationary magnetic field on germination of wheat grain. Int. Agrophysics, 13, 457-461, 1999.
5. **Pietruszewski S.:** Stanowisko do przedsewnej biostymulacji nasion zmiennym polem magnetycznym. Inżynieria Rolnicza, Nr 2, 31-36, 1998.
6. **Pietruszewski S., Kornarzyński K., Łacek R.:** Germination of wheat grain in an alternating magnetic field. Int. Agrophysics, 15, 269-272, 2001.
7. **Presman A.S.:** Pole elektromagnetyczne a żywa przyroda. PWN, Warszawa, 1971.
8. **Wadas R.S.:** Biomagnetism. PWN, Warszawa, 1991.

ESTIMATION OF ALTERNATING MAGNETIC FIELD STIMULATION
ON THE GERMINATION OF DURUM WHEAT SEEDS

*Krzysztof Kornarzyński¹, Bożena Gładyszewska¹, Stanisław Pietruszewski¹,
Zbigniew Segit², Ryszard Łacek¹*

¹Department of Physics, University of Agriculture, ul. Akademicka 13, 20-033 Lublin
e-mail: fizar19@ursus.ar.lublin.pl

²Institute of Plant Genetics, University of Agriculture, ul. Akademicka 15, 20-033 Lublin

Abstract. This paper presents the influence of alternating magnetic field on the germination speed of ten lines of durum wheat seeds, and application of a model simulating the process of seed germination. The model is based on theoretical premises arising from the physiology of seed germination, with the presumption that the process consists of three consecutive stages: physical, biochemical and physiological one. Based on of investigations one can ascertain that stimulation using alternating magnetic field exerts an influence on the speed of germination of sperms of all the investigated morphological lines of durum wheat, but only in the first phase of the process. On the other hand, it has no practical influence on the number of germinated seeds.

Key words: magnetic field, durum wheat, germination of seeds, simulation model