

WPLYW PÓL MAGNETYCZNYCH I ELEKTRYCZNYCH NA KIEŁKOWANIE NASION WYBRANYCH ROŚLIN UPRAWNYCH

Stanisław Pietruszewski

Streszczenie. W pracy przedstawiono wpływ pola magnetycznego i elektrycznego na kiełkowanie nasion uprawnych. Nasiona pszenicy kiełkowały w zmiennym polu magnetycznym o indukcji magnetycznej 35 i 50 mT oraz stałym o indukcji magnetycznej 100 i 185 mT. Nasiona kapusty białej kiełkowały w stałym polu magnetycznym o indukcji 70, 120 i 210 mT, a nasiona cebuli w stałym polu magnetycznym 40 i 80 mT. Nasiona pomidora o słabej zdolności kiełkowania poddano przedsięwzięciu oddziaływaniu zmiennego pola elektrycznego o natężeniu 5 i 10 kV·cm⁻¹, a następnie obserwowano kiełkowanie na płytach Petriego. Wszystkie procesy kiełkowania zostały opisane za pomocą krzywej logistycznej. Stwierdzono, że ten matematyczny model procesu może być stosowany zarówno dla nasion kiełkujących w polu magnetycznym, jak i dla nasion biostymulowanych przedsięwzięciem pole elektrycznym.

Słowa kluczowe: nasiona roślin, pole magnetyczne, pole elektryczne, biostymulacja nasion, krzywa logistyczna

WSTĘP

Pola magnetyczne i elektryczne są tymi czynnikami fizycznymi, które poprawiają jakość materiału siewnego roślin. Wpływ tych pól jest obserwowany w tym, że nasiona lepiej kiełkują, szybciej osiągają okres wegetacji i dają wyższe i jakościowo lepsze plony. Dowiodły tego badania prowadzone w Japonii [Namba i in. 1995, Sasao i in. 1998] oraz w Hiszpanii [Carbonell i in. 2000]. Zmienne pole magnetyczne niskiej częstotliwości 16 Hz znacznie zwiększało wigor nasion roślin zbożowych, jak również poprawiało kiełkowanie nasion kukurydzy w warunkach stresowych (niska temperatura) [Rochalska 1997 i 2001]. Proces kiełkowania pszenicy w stałym lub zmiennym polu magnetycznym został opisany za pomocą równania krzywej logistycznej [Pietruszewski 2001].

Celem prezentowanych badań było przedstawienie wpływu stałych i zmiennych pól magnetycznych oraz zmiennego pola elektrycznego na kiełkowanie wybranych nasion roślin uprawnych. Przebieg kiełkowania w każdym przypadku został opisany za pomocą równania krzywej logistycznej.

MATERIAŁ I METODY

Materiałem doświadczalnym były nasiona cebuli, kapusty, pszenicy oraz pomidora. Nasiona cebuli odmiany 'Sochaczewska' kiełkowały w stałym polu magnetycznym o indukcji magnetycznej 40 i 80 mT. Nasiona kapusty odmiany 'Kamienna Głowa' kiełkowały w stałym polu magnetycznym 70, 120 i 210 mT. Nasiona pszenicy odmiany 'Henika' kiełkowały w zmiennym polu magnetycznym 35 i 50 mT oraz w stałym polu magnetycznym 100 i 185 mT. Wartości indukcji magnetycznych zostały dobrane na podstawie wcześniejszych badań. Dla pól o takim natężeniu wcześniej stwierdzono najsilniejsze dodatnie oddziaływanie. Nasiona pomidora odmiany 'Halicz' o słabej jakości poddano przedsięwziętej biostymulacji zmiennym polem elektrycznym 5 i 10 kV·cm⁻¹ oraz odstawiono do kiełkowania razem z próbą kontrolną na płytkach Petriego. Pomiary kiełkowania rozpoczynano po około 200 h, zliczając pierwsze wykiełkowane nasiona. Następne zliczenia dokonywano co 3 lub 4 h aż do momentu wykiełkowania wszystkich nasion. Wszystkie badania przeprowadzono zgodnie z polską normą PN-R-65950/94. Proces kiełkowania w polach magnetycznych i biostymulowanych zmiennym polem elektrycznym został opisany równaniem krzywej logistycznej w postaci

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

gdzie: N_k – końcowa liczba wykiełkowanych nasion, %

$N(t)$ – liczba nasion wykiełkowanych po czasie t , %

α – współczynnik szybkości kiełkowania, h⁻¹

t_0 – czas pierwszego wykiełkowanego nasiona, h

Wykorzystując krzywą logistyczną można określić również szybkość kiełkowania:

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

Zarówno krzywa logistyczna, jak i krzywa szybkości kiełkowania bardzo dobrze modelują proces kiełkowania nasion biostymulowanych, a błędy dopasowania krzywych nie przekraczają 8%. Różniczkując równanie (1) i przyrównując je do zera, otrzymamy możliwość określenia ekstremum (maksimum) szybkości kiełkowania i czasu, w którym to nastąpiło:

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

oraz $t = t_{\max}$ dla $N_k = 2N(t)$ otrzymamy:

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

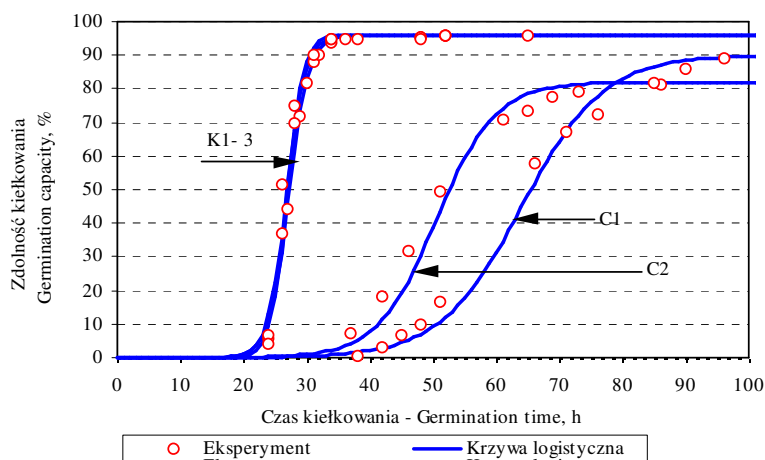
WYNIKI

Na podstawie danych doświadczalnych oraz programu komputerowego zostały obliczone parametry krzywej logistycznej opisanej równaniem (1) i zamieszczone w tabeli poniżej.

Tabela 1. Parametry krzywej logistycznej
Table 1. Logistic curve parameters

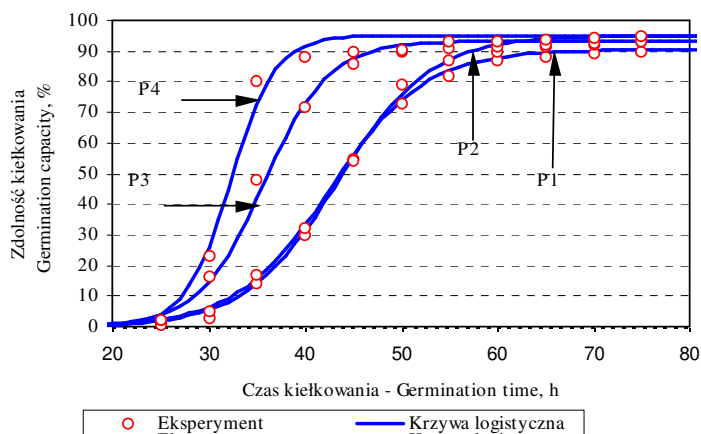
Gatunek Species	Pole Field	Parametry – Parameters		
		N_k	t_0	$\alpha \cdot 10^{-5}$
Cebula Onion	40 mT	90	35	172
	80 mT	82	35	261
Kapusta Cabbage	70 mT	96	21	806
	120 mT	96	20	699
	210 mT	96	20	665
Pszenvica Wheat	35 mT	90	21	225
	50 mT	95	22	218
	100 mT	93	20	317
	185 mT	95	22	448
Pomidor Tomato	5 kV·cm ⁻¹	79	30	74
	10 kV·cm ⁻¹	79	25	66
	kontrola – control	48	70	83

Wyznaczone parametry krzywej logistycznej pozwoliły na graficzne przedstawienie wyników w postaci wykresów. Na rysunku 1 został pokazany wpływ pola magnetycznego na kiełkowanie nasion kapusty i cebuli w stałym polu magnetycznym. Wpływ zmiennego i stałego pola magnetycznego na kiełkowanie nasion pszenicy przedstawiono na rysunku 2. Przedsięwzięta biostymulacja stałym polem elektrycznym nasion pomidorów w porównaniu z próbą kontrolną przedstawiają krzywe na rysunku 3.

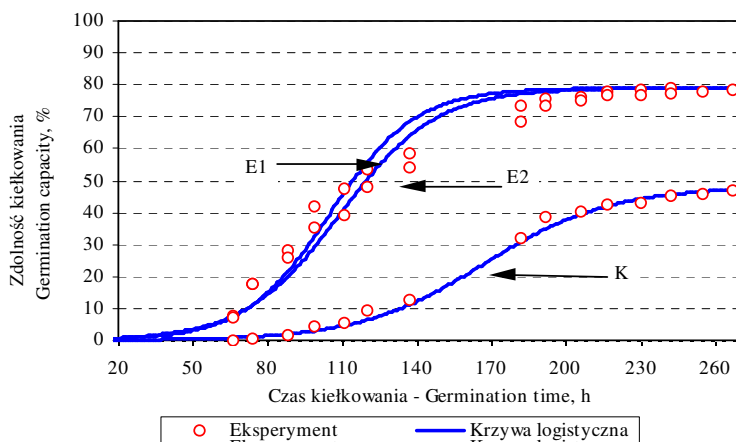


Rys. 1. Krzywe logistyczne dla kapusty: K1-3 (70, 120 i 210 mT) oraz dla cebuli C1 (40 mT) i C2 (80 mT)

Fig. 1. Logistic curves for cabbage: K1-3 (70, 120 and 210 mT) and onion C1 (40 mT) i C2 (80 mT)



Rys. 2. Krzywe logistyczne dla pszenicy: P1 (35 mT), P2 (50 mT), P3 (100 mT), P4 (185 mT)
 Fig. 2. Logistic curves for wheat: P1 (35 mT), P2 (50 mT), P3 (100 mT), P4 (185 mT)



Rys. 3. Krzywe logistyczne dla pomidora: E1 (5 kV·cm⁻¹), E2 (10 kV·cm⁻¹), K (kontrola)
 Fig. 3. Logistic curves for tomato: E1 (5 kV·cm⁻¹), E2 (10 kV·cm⁻¹), K (control)

Z przedstawionych wykresów widać wyraźnie różny wpływ pól na kiełkowanie nasion. Nasiona kapusty białej kiełkowały bardzo szybko niezależnie od pola magnetycznego. Nasiona cebuli kiełkowały znacznie później, przy czym modelowanie krzywą logistyczną było w tym przypadku obdarzone większym błędem. Kiełkowanie pszenicy w stałym i zmiennym polu magnetycznym można wyraźnie rozróżnić na wykresach przedstawionych na rysunku 2. Pszenica kiełkuje szybciej w stałym polu magnetycz-

nym, przy czym lepiej, jeżeli jest to silniejsze pole. Dla zmiennego pola magnetycznego nie widzimy na wykresach różnicy. Interesujące są wykresy przedstawione na rysunku 3. Jest na nich przedstawiony proces kiełkowania nasion pomidora o słabej zdolności kiełkowania. Według polskiej normy PN-R-65950/94 pierwsze liczenie kiełkujących nasion przeprowadzamy po 90 godzinach, a końcowe po 210 godzinach. Przedstawione wykresy pokazują silny wpływ pola elektrycznego na kiełkowanie, zwłaszcza w jego początkowym okresie. Jednocześnie widać, że proces kiełkowania bardzo dobrze jest opisany za pomocą równania krzywej logistycznej.

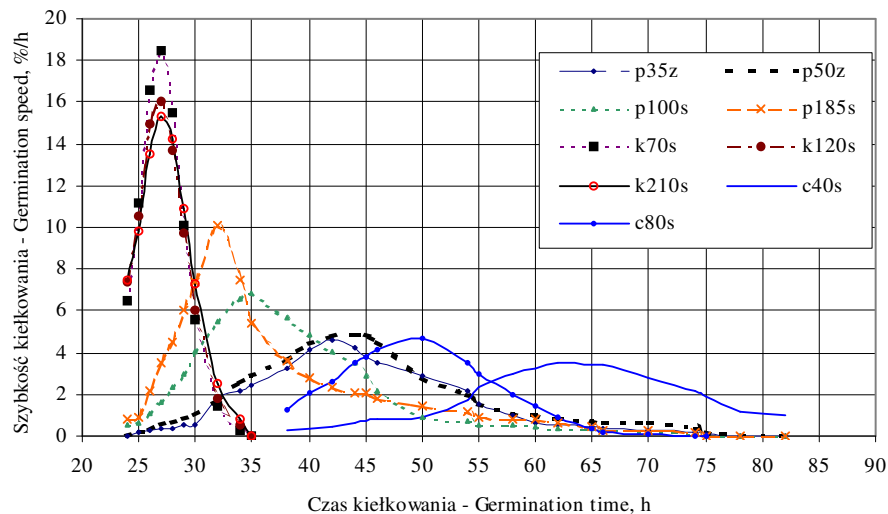
Mając parametry krzywej logistycznej i dane doświadczalne, zostały określone parametry szybkości kiełkowania oraz wartości maksymalnej szybkości kiełkowania. Otrzymane wyniki są przedstawione w tabeli 2.

Tabela 2. Parametry szybkości kiełkowania nasion
Table 2. Parameters of germination speed of seeds

Gatunek Species	Pole Field	Parametry – Parameters	
		t_{\max} h	dN/dt_{\max} %-h ⁻¹
Cebula	40 mT	64,1	3,49
Onion	80 mT	50,5	4,68
Kapusta Cabbage	70 mT	26,9	18,6
	120 mT	26,8	16,1
	210 mT	27,1	15,3
Pszenica Wheat	35 mT	42,5	4,6
	50 mT	43,4	4,9
	100 mT	35,7	6,9
	185 mT	32,3	10,1
Pomidor Tomato	5 kV·cm ⁻¹	103,6	1,15
	10 kV·cm ⁻¹	108,6	1,03
	kontrola – control	166,6	0,48

Wykresy szybkości kiełkowania zostały przedstawione na rysunku 4. Krzywe dla pszenicy zostały oznaczone jako p35z, p50z (zmiennie pole magnetyczne) oraz p100s i p185s (stałe pole magnetyczne). Wykresy dla kapusty mają oznaczenia k70s, k120s i k210s, zaś dla cebuli c40s i c80s. Krzywe szybkości kiełkowania dla nasion pomidorów nie zostały przedstawione na rysunku 4. Wartości maksymalnej szybkości kiełkowania, jak i czas uzyskania tej wartości tak znacznie odbiegają od pozostałych wartości, że odstąpiono od ich wykresów.

Z przedstawionych w tabeli 2 oraz wykresów na rysunku 4 widać wyraźnie, że najszybciej kiełkowały w polu magnetycznym nasiona kapusty, osiągając po około 27 h największą maksymalną szybkość kiełkowania. Nieco wolniej kiełkowała pszenica w stałym polu magnetycznym i słabiej w zmiennym polu magnetycznym. Najwolniej kiełkowały nasiona cebuli. Dla pszenicy i cebuli silniejszy był wpływ stałego pola magnetycznego o większym natężeniu, zaś dla nasion kapusty obserwowaliśmy efekt odwrotny. Najsilniej oddziaływało najsłabsze pole magnetyczne. Dla nasion pomidora silniejsze oddziaływanie występowało dla słabszego pola elektrycznego. Przy czym należy pamiętać, że nasiona pomidora nie rosły w polu, lecz były biostymulowane przedsięwzięciem i były to nasiona o słabej zdolności kiełkowania.



Rys. 4. Krzywe szybkości kiełkowania nasion w polach magnetycznych i elektrycznych
 Fig. 4. Curves of germination speed of seeds in magnetic and electric fields

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Przedstawione wyniki pokazują wyraźny wpływ pól magnetycznych i elektrycznych na proces kiełkowania nasion roślin uprawnych. Wpływ ten zależy od rodzaju nasion i od wielkości oddziałującego pola. Dla nasion warzywnych, takich jak nasiona kapusty i cebuli, kiełkowanie w stałym polu magnetycznym jest zdecydowanie najszybsze dla kapusty. Pszenica lepiej kiełkuje w stałym polu magnetycznym niż w zmiennym. Natomiast pole elektryczne zastosowane przedświecnie znacznie poprawia kiełkowanie nasion pomidorów o słabej zdolności kiełkowania. Istotnym wydaje się fakt, że zarówno proces kiełkowania nasion w stałym i zmiennym polu magnetycznym, jak i kiełkowanie nasion biostymulowanych przedświecnie polem elektrycznym, można opisać za pomocą krzywej logistycznej. Wyniki upoważniają do przedstawienia następujących wniosków:

1. Wpływ pola magnetycznego na kiełkowanie nasion zależy od rodzaju nasion oraz od wartości indukcji magnetycznej stosowanego pola,
2. Kiełkowanie nasion wybranych roślin uprawnych w stałym i zmiennym polu magnetycznym można opisać za pomocą krzywej logistycznej.
3. Na nasiona pszenicy silnie oddziałuje stałe pole magnetyczne, ale o większej wartości indukcji magnetycznej.
4. Kiełkowanie nasion pomidora o słabej zdolności kiełkowania biostymulowanych przedświecnie zmiennym polem elektrycznym również modeluje krzywa logistyczna.
5. Pole elektryczne stosowane w przedświecnej biostymulacji znacznie poprawia kiełkowanie nasion pomidora o obniżonych parametrach jakościowych.

PIŚMIENNICTWO

- Carbonell M.V., Martinez E., Amaya J. M., 2000. Stimulation of germination in rice (*Oryza Sativa L.*) by a static magnetic field. *Electro- and Magnetobiol.* 19 (1), 121–128.
- Namba K., Sasao A. Shibusawa S., 1995. Effect of magnetic field on germination and plant growth. *Acta Hort.* 399, 143–147.
- Pietruszewski S., 2001. Modelowanie krzywa logistyczną kiełkowania nasion pszenicy odmiany Henika w polu magnetycznym. *Acta Agrophys.* 58, 143–152.
- Rochalska M., 1997. Wpływ zmiennego pola magnetycznego na kiełkowanie nasion w niskiej temperaturze. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 439, 31–35.
- Rochalska M., 2001. Poprawa jakości materiału siewnego za pomocą zmiennego pola magnetycznego. Część I. Badania laboratoryjne. *Biul. IHAR* 217, 61–75.
- Sasao A., Shibusawa S., Sakai K., Miyamoto D., 1998. Root response to magnetic field. *IFAC Artificial Intelligence in Agriculture*, 25–30.

INFLUENCE OF MAGNETIC AND ELECTRIC FIELDS ON SEEDS. GERMINATION OF SELECTED CULTIVATED PLANTS

Abstract. The influence of magnetic and electric field on seeds germination are presented. Seeds of winter wheat germinated in alternating (35 and 50 mT) and stationary (100 and 185 mT) magnetic field. The seeds of cabbage germinated in stationary magnetic field 70, 120 and 210 mT. However, the onion seeds germinated in magnetic field 40 and 80 mT. Weak qualitative of tomato seeds were biostimulated by electric field 5 and 10 kV·cm⁻¹ and later germinated in Petri dishes. All processes of germination was described by the help equation of logistic curve.

Key words: plant seeds, magnetic field, electric field, seeds biostimulation, logistic curve

Stanisław Pietruszewski, Katedra Fizyki, Akademia Rolnicza w Lublinie, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin, e-mail: stape@ursus.ar.lublin.pl