

WPŁYW PROMIENIOWANIA MIKROFALOWEGO NA KINETYKĘ
KIEŁKOWANIA NASION ŁUBINU BIAŁEGO
I GROCHU KONSUMPCYJNEGO

Stanisław Pietruszewski, Konrad Kania

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

Streszczenie. W pracy przedstawiono wpływ promieniowania mikrofalowego na kinetykę kiełkowania łubinu białego i grochu konsumpcyjnego. Krzywe kiełkowania otrzymano za pomocą elektronicznego kiełkownika opracowanego i wykonanego w Katedrze Fizyki Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie. Następnie opisano je za pomocą funkcji logistycznej i wyznaczono jej parametry. Dane doświadczalne pozwoliły stwierdzić, że 5 sekundowa ekspozycja promieniowania mikrofalowego przyspiesza kiełkowanie w stosunku do kontroli, zaś 10 sekundowa powoduje opóźnione kiełkowanie. Postawiono hipotezę, że może to być spowodowane zbytnią absorpcją energii promieniowania, a tym samym szkodliwym ogrzaniem nasion.

Słowa kluczowe: promieniowanie mikrofalowe, kinetyka kiełkowania, krzywa logistyczna, łubin biały, groch konsumpcyjny

WSTĘP

Promieniowanie mikrofalowe jest tym czynnikiem fizycznym, który bardzo rzadko jest wykorzystywany w przedsięwziętej stymulacji nasion. Jest to przede wszystkim uwarunkowane przez absorpcję energii promieniowania mikrofal, która prowadzi do wzrostu temperatury materiału biologicznego. Niemniej w literaturze można spotkać publikacje dotyczące zastosowania promieniowania mikrofalowego w przedsięwziętej obróbce nasion.

Promieniowanie mikrofalowe zostało zastosowane do poprawy zdolności kiełkowania nasion lnu (Olchowik i Gawda 2002). Nasiona poddano działaniu mikrofal w zakresie częstotliwości 37,50-54,04 GHz. W oparciu o uzyskane dane stwierdzono, że promieniowanie mikrofalowe o częstotliwościach 42,15 i 53,57 GHz i czasie eks-

pozycji poniżej 1 minuty znacznie poprawia kiełkowanie. Mikrofałe o częstotliwościach 38,46, 42,13, 48,38 oraz 53,57 Hz zostały wykorzystane do przedsięwziętej stymulacji nasion buraka cukrowego dwóch odmian: Colobri i Maria (Wójcik i in. 2004). Wpływ promieniowania mikrofalowego określono w oparciu o badania polowe. Uzyskane dane doświadczalne pozwoliły stwierdzić dodatni wpływ mikrofal na plony i jakość technologiczną korzeni dla obu odmian. Wpływ promieniowania mikrofalowego na kiełkowanie ziarniaków pszenicy oraz właściwości biofizyczne siewek były badane przez Hamada (2007).

Badania Jakubowskiego (2010c) dotyczyły między innymi wpływu przedsięwziętej stymulacji sadzeniaków ziemniaka na wzrost i późniejsze plonowanie. Mikrofałe były również wykorzystywane do określenia cech przechowalniczych bulw ziemniaczanych (Marks i Jakubowski 2006, Jakubowski 2010a i 2010b). Te ostatnie prace są jednymi z najbardziej kompleksowych eksperymentów, jakie można spotkać w literaturze naukowej.

Analizując mechanizm oddziaływania promieniowania mikrofalowego na materiał biologiczny należy brać pod uwagę jego uwodnienie. Inaczej będą oddziaływać mikrofałe na nasiona roślin o małej wilgotności (nasiona lnu, buraka cukrowego, pszenicy), a inaczej na sadzeniaki ziemniaków.

Uwzględniając wszystkie te aspekty w Katedrze Fizyki Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie zostały przeprowadzone badania wpływu promieniowania mikrofalowego o określonej częstotliwości i mocy źródła promieniowania na kinetykę kiełkowania nasion grochu konsumpcyjnego i łubinu białego.

MATERIAŁ I METODA

Materiałem doświadczalnym były nasiona grochu konsumpcyjnego oraz łubinu białego. Nasiona pochodziły z Centrali Nasiennej. Losowo wybrano 1500 nasion bez uszkodzeń zewnętrznych i podzielono na 3 grupy. Jedną grupę stanowiły nasiona kontrolne, a dwie pozostałe poddano działaniu promieniowania mikrofalowego. Nasiona napromieniowano mikrofalami o częstotliwości 2,45 GHz i mocy źródła 1000W. Czas ekspozycji promieniowania mikrofalowego wynosił odpowiednio 5 i 10 sekund. Przed wysiewem nasiona poddano leżakowaniu a następnie w partiach po 100 sztuk (5 powtórzeń) przeprowadzono rejestrację kinetyki kiełkowania w elektronicznym kiełkowniku (Kania i inni 2007, Patent PL 378397). W trakcie kiełkowania utrzymywano stałą temperaturę 20°C.

Elektroniczny kiełkownik jest urządzeniem opracowanym i wykonanym w Katedrze Fizyki Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie. Nasiona są umieszczane 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. Liczba

wykiełkowanych nasion była rejestrowana co 3 godziny. Zebrane dane mogły być przedstawione w postaci odpowiednich tabel lub bezpośrednio przez wykresy krzywych kinetyki kiełkowania. W oparciu o dane z 5 powtórzeń zostały wykreślone równania kinetyki kiełkowania, a następnie dopasowane krzywe logistyczne w oparciu o równanie:

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

gdzie: $N(t)$ – liczba wykiełkowanych nasion w czasie t ,
 N_k – końcowa liczba wykiełkowanych nasion,
 α – współczynnik szybkości kiełkowania,
 t_0 – czas wykiełkowania pierwszego nasiona.

W oparciu o krzywą logistyczną określono również szybkość kiełkowania (Pietruszewski 2002):

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

gdzie: v_k – szybkość kiełkowania.

Zarówno krzywa logistyczna, jak i krzywa szybkości kiełkowania bardzo dobrze modelują proces kiełkowania nasion stymulowanych, a błędy dopasowania krzywych nie przekraczają 8%. Różniczkując równanie (2) i przyrównując je do zera otrzymamy możliwość określenia ekstremum (maksimum) szybkości kiełkowania i czasu, w którym to nastąpiło:

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

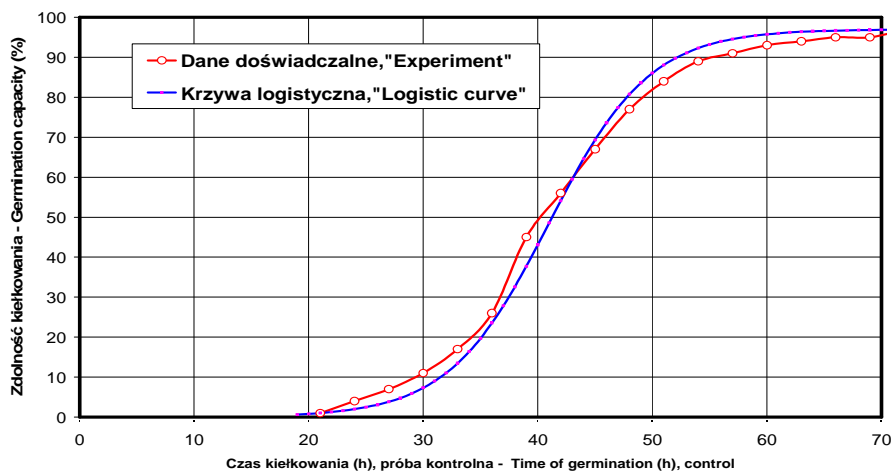
Oraz $t = t_{\max}$ dla $N_k = 2N(t)$ i wówczas mamy:

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

WYNIKI

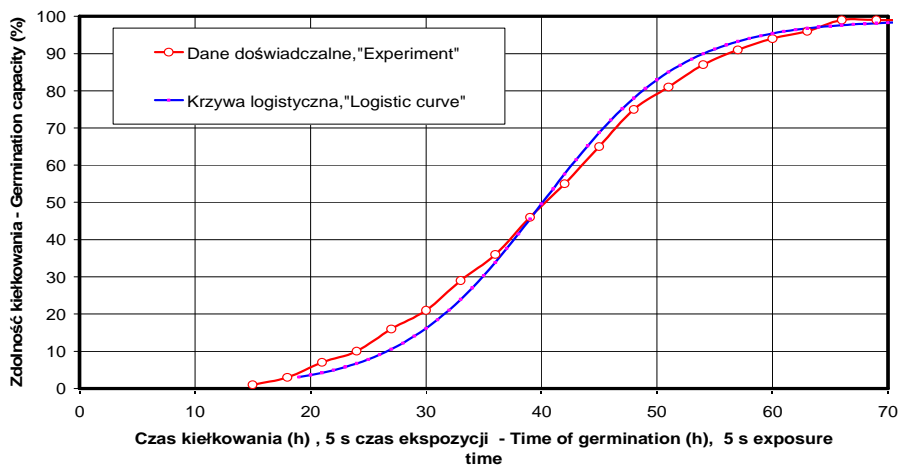
Wyniki badań doświadczalnych otrzymanych za pomocą elektronicznego kiełkownika zostały przedstawione w postaci krzywych kinetyki kiełkowania z dopasowaniem odpowiedniej funkcji logistycznej, rysunki 1-6. Następnie obliczono w oparciu o równania (2) i (4) czas, maksymalnego kiełkowania oraz od-

powiadające jemu maksymalne wartości szybkości kiełkowania (tab.1). Dla parametrów uzyskanych w oparciu o równanie krzywej logistycznej została przeprowadzona analiza niepewności w celu wyznaczenia odchyłeń standardowych.



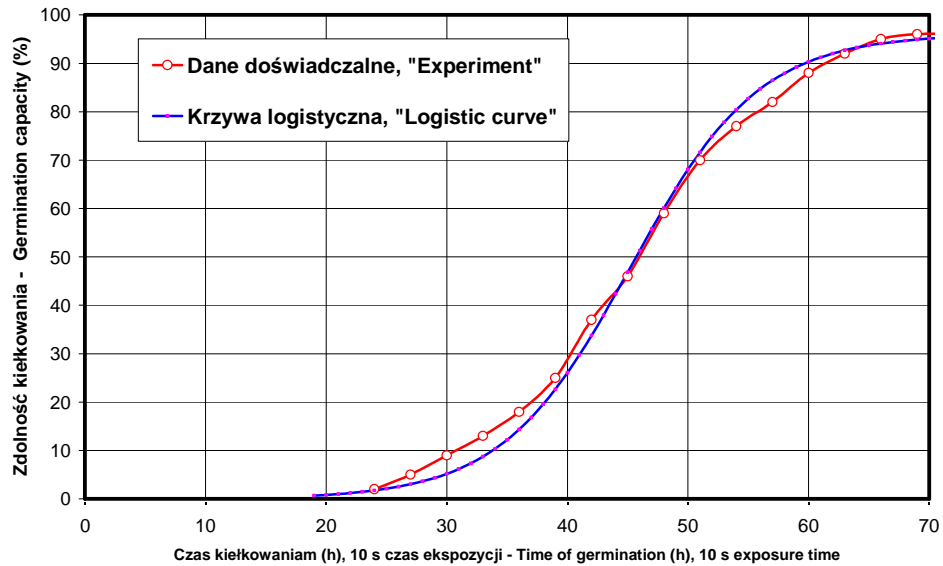
Rys. 1. Krzywa kinetyki kiełkowania dla grochu konsumpcyjnego (próba kontrolna)

Fig 1. Curve of kinetic germination for consumptive pea (control)

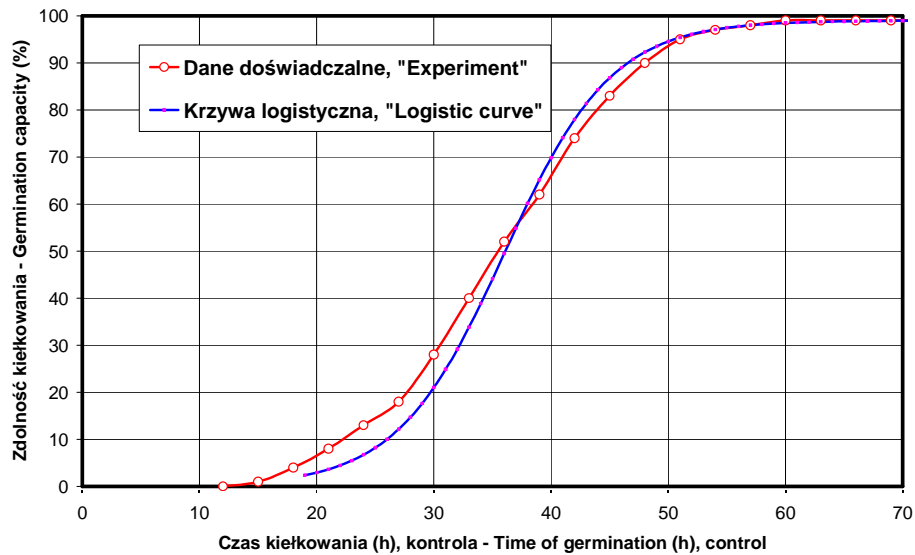


Rys. 2. Krzywa kinetyki kiełkowania dla grochu konsumpcyjnego (5 s czas ekspozycji)

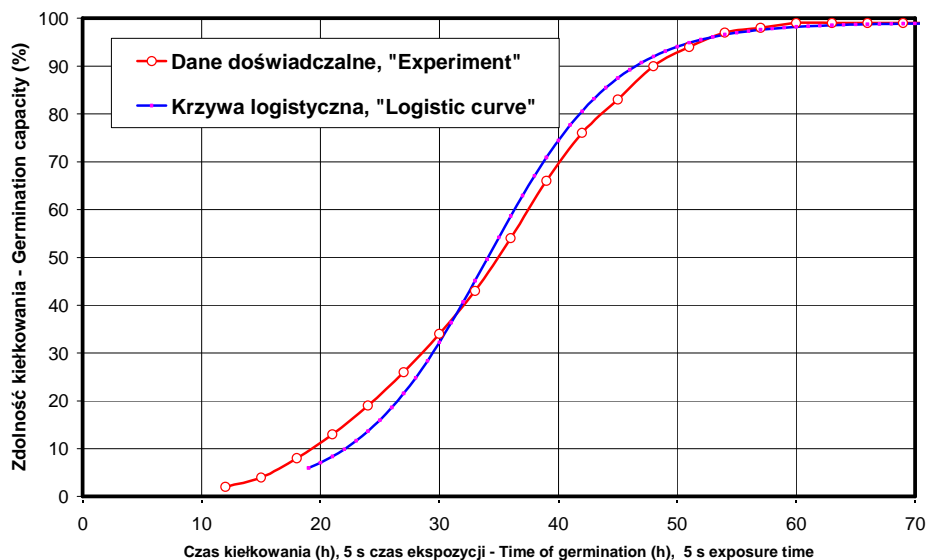
Fig 2. Curve of kinetic germination for consumptive pea (5 s exposure time)



Rys. 3. Krzywa kinetyki kiełkowania dla grochu konsumpcyjnego (10 s czas ekspozycji)
Fig 3. Curve of kinetic germination for consumptive pea (10 s exposure time)

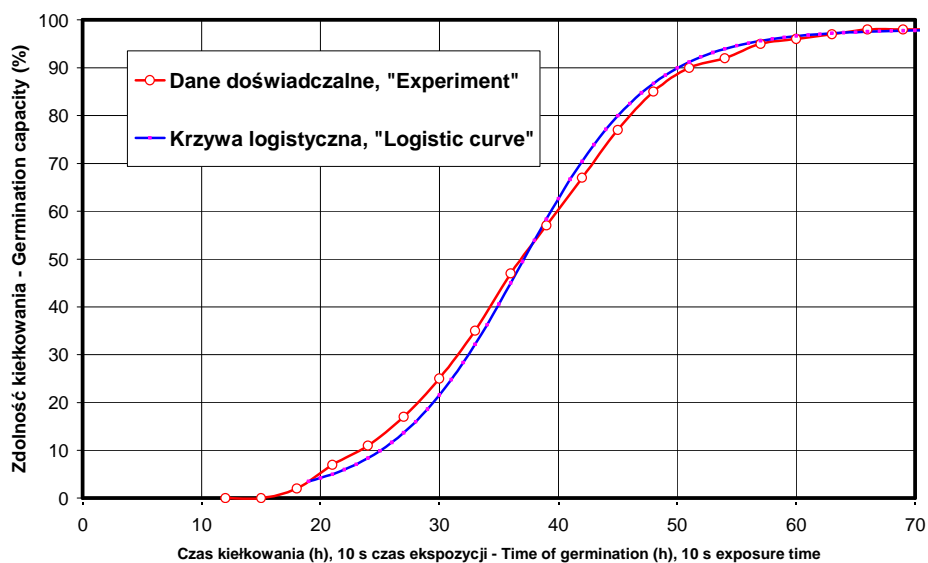


Rys. 4. Krzywa kinetyki kiełkowania dla łubinu białego (próbna kontrolna)
Fig 4. Curve of kinetic germination for white lupine (control)



Rys. 5. Krzywa kinetyki kiełkowania dla łubinu białego (5 s czas ekspozycji)

Fig. 5. Curve of kinetic germination for white lupine (5 s exposure time)



Rys. 6. Krzywa kinetyki kiełkowania dla łubinu białego (10 s czas ekspozycji)

Fig. 6. Curve of kinetic germination for white lupine (10 s exposure time)

Tabela 1. Parametry krzywej logistycznej**Table 1.** Parameters of logistic curve

Dawka	N_k^* (%)	t_0 (h)	$10^6 \cdot \alpha$ [$1/(\% \text{ h})^{-1}$]	t_{\max} (h)	$V_{k_{\max}}$ ($\% \cdot \text{h}^{-1}$)
Groch konsumpcyjny – Consumptive pea					
K	97	21	2355	41,0±1,3	5,5±0,8
5s	99	12	1655	40,0±1,3	4,1±0,8
10s	96	21	1955	45,2±1,3	4,5±0,8
Łubin biały – White lupine					
K	99	15	2205	36,0±1,3	5,4±0,8
5s	99	9	1855	34,0±1,3	4,5±0,8
10s	98	12	1875	36,9±1,3	4,5±0,8

*Objaśnienia podano w rozdziale Materiał i Metody – For explanations see Materials and Methods.

PODSUMOWANIE

Promieniowanie mikrofalowe o częstotliwości 2,45 GHz zastosowane do przedsewnej stymulacji nasion grochu konsumpcyjnego i łubinu białego ma wpływ na kinetykę kiełkowania. Czas ekspozycji mikrofal wynoszący 5 sekund wyraźnie przyspiesza początek kiełkowania dla obu roślin, przy czym jest to wyraźnie widoczne w przypadku grochu. Czas maksymalnego kiełkowania jest również wcześniejszy. Nasiona kontrolne zaczynają kiełkować później, ale ich maksymalna szybkość kiełkowania jest większa. Natomiast mikrofałe nie mają wpływu na końcową liczbę wykiełkowanych nasion. Różnice w parametrach krzywej logistycznej dla obu czasów ekspozycji można tłumaczyć różnicą w zaabsorbowaniu energii promieniowania mikrofalowego. Wydłużenie czasu oddziaływania promieniowania elektromagnetycznego powoduje, że nasiona absorbują większą energię mikrofal, która może nieznacznie podwyższyć temperaturę nasion „Stres temperaturowy” i która miałaby w tym przypadku wpływ negatywny na kiełkowanie. Jakubowski w swoich pracach (2009, 2010a i 2010b) wykazał, że mikrofałe wpływają wyraźnie na cechy przechowalnicze bulw ziemniaka. Należy jednak pamiętać, że budowa anatomiczna ziemniaków i użytych w badaniach nasion znacznie się różni.

Stosowane w badaniach źródło promieniowania mikrofalowego miało stosunkowo dużą moc, 1000W. W tym przypadku energia promieniowania była również duża. Tym należy tłumaczyć, że nawet przy tak krótkich czasach ekspozycji można było zaobserwować różnice w ich oddziaływaniu. Uzyskane wyniki są na tyle interesujące, że planowane jest ich kontynuowanie. Łatwość uzyskania danych

doświadczalnych dzięki wykorzystaniu elektronicznego kiełkownika jest w tym przypadku dodatkowym plusem.

WNIOSKI

W oparciu o uzyskane wyniki można sformułować następujące wnioski:

1. Zastosowanie promieniowania mikrofalowego o częstotliwości 2,45 GHz miało wpływ na kinetykę kiełkowania nasion grochu konsumpcyjnego i łubinu białego.
2. Dla obu rodzajów nasion czas ekspozycji 5 sekund powodował wcześniejsze kiełkowanie.
3. Kinetykę kiełkowania można dobrze opisać za pomocą krzywej logistycznej.
4. Przewidywana stymulacja promieniowaniem mikrofalowym nie miała wpływu na końcową liczbę wykiełkowanych nasion.

PIŚMIENNICTWO

- Hamada E., 2007. Effect of microwave treatment on growth, photosynthetic pigments and some metabolites of wheat. *Biologia Plantarum*, 51(2), 343-345.
- Jakubowski T., 2009. Efekt cieplny mikrofalowego ogrzewania bulw ziemniaka. *Acta Agrophysica*, 14, 2, 345-354.
- Jakubowski T., 2010a. Wpływ przechowywania na ubytek masy bulw ziemniaka napromieniowanych mikrofalami. *Acta Agrophysica*, 15, 2, 293-303.
- Jakubowski T., 2010b. Wpływ promieniowania mikrofalowego na stopień porażenia przechowywanych bulw ziemniaka przez *Rhizoctonia solani* Kühn. *Acta Agrophysica*, 16, 1, 49-58.
- Jakubowski T., 2010c. Wpływ terminu stymulacji mikrofalami sadzeniaków na wzrost i plonowanie roślin ziemniaka (*Solanum tuberosum* L.). *Acta Agrophysica*, 16, 2, 295-313.
- Kania K., Pietruszewski S., Kornarzyński K., 2007. Urządzenie do oznaczania zdolności kiełkowania nasion. Patent, PL 378397.
- Marks N., Jakubowski T., 2006. Wpływ promieniowania mikrofalowego na trwałość przechowywalności bulw ziemniaka, *Inż. Roln.* 6, 57-64.
- Olchowik G., Gawda H., 2002. Influence of microwave radiation on germination capacity of flex seeds. *Acta Agrophysica*, 62, 63-68.
- Pietruszewski St., 2002. Wpływ pól magnetycznych i elektrycznych na kiełkowanie wybranych roślin uprawnych. *Acta Scientiarum Polonorum – Technica Agraria*, 1(1), 75-81.
- Wójcik S., Dziamba M., Pietruszewski S., 2004. Wpływ promieniowania mikrofalowego na plonowanie i jakość technologiczną korzeni buraka cukrowego. *Acta Agrophysica*, 3(3), 623-630.

MICROWAVE EFFECT ON THE GERMINATION KINETICS
OF SEEDS OF WHITE LUPINE AND CONSUMPTIVE PEA

Stanisław Pietruszewski, Konrad Kania

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

A b s t r a c t. The paper shows the influence of microwave radiation on the kinetics of germination of white lupine and consumptive pea seeds. Germination curves were obtained using an electronic germination apparatus designed and constructed in the Department of Physics, University of Life Sciences in Lublin. Obtained curves were described with the logistic function which parameters were also determined. Experimental data revealed that 5 sec long exposure to microwave radiation accelerated germination, while 10 sec long exposure resulted in delaying the germination, when compared to the non-exposed control seeds. A hypothesis has been put forward that it may be caused by excessive absorption of radiation leading to harmful warming of seeds.

Key words: microwave, kinetic of germination, logistic curve, white lupine, consumptive pea