

WPLYW PROMIENIOWANIA MIKROFALOWEGO NA STOPIEŃ  
PORAŻENIA PRZECHOWYWANYCH BULW ZIEMNIAKA  
PRZEZ *RHIZOCTONIA SOLANI* KÜHN

*Tomasz Jakubowski*

Institut Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Procesów Produkcyjnych, Uniwersytet Rolniczy  
ul. Balicka 116 B, 30-149 Kraków  
e-mail: tjakubowski@ar.krakow.pl

**Streszczenie.** Celem pracy było określenie wpływu promieniowania mikrofalowego na stopień porażenia przechowywanych bulw ziemniaka przez *Rhizoctonia solani* Kühn. W doświadczeniu przechowalniczym prowadzonym w latach 2006-2008 wykorzystano bardzo wczesne odmiany ziemniaka: Felka Bona, Rosara i Velox. Przechowywanie bulw ziemniaka powodowało istotne zwiększenie stopnia ich porażenia rizoktoniozą. Napromieniowanie mikrofalami bulw ziemniaka przed ich przechowywaniem istotnie wpływało, w odniesieniu do próby kontrolnej, na zmniejszenie stopnia ich porażenia rizoktoniozą po przechowywaniu.

**Słowa kluczowe:** ziemniak, mikrofałe, przechowywanie, *Rhizoctonia solani* Kühn

WSTĘP

Przechowywanie bulw ziemniaka jest, obok zbioru, najważniejszym elementem technologii produkcji tej rośliny. Od sposobu zbioru i terminowości zbioru oraz od warunków przechowywania zależy jakość konsumpcyjna ziemniaków jadalnych, ilość i jakość surowca dla przemysłu oraz wartość biologiczna materiału sadzeniakowego. Zadaniem przechowalnictwa jest stworzenie takich warunków podczas składowania, które ograniczyłyby ubytki masy bulw i pozwalały na zachowanie odpowiednich cech jakościowych wymaganych przez poszczególne kierunki użytkowania (Sęk i Przybył 2004). Ważną przyczyną ubytków masy bulw ziemniaka w trakcie ich przechowywania są straty powodowane działaniem mikroorganizmów chorobotwórczych. Jedną z chorób przechowywanych bulw ziemniaka jest rizoktonioza powodowana przez grzyba z gatunku *Rhizoctonia solani* Kühn (stadium doskonałe *Thanatephorus cucumeris*). Choroba ta występuje powszechnie na roślinach ziemniaka we

wszystkich stadiach ich rozwoju. Patogen zimuje w postaci ciemnobrunatnych lub czarnych sklerot będących formami przetrwalnikowymi na bulwach lub w glebie albo w postaci grzybni na resztkach roślinnych. W sprzyjających warunkach skleroty kiełkują zasiedlając nowo rozwijające się rośliny. Grzyb ten powoduje między innymi gnicie kiełków sadzeniaka, próchnienie podstawy łodyg oraz ospowatość bulw. Ospowatość jest jedną z postaci choroby występującą na skórcie bulw ziemniaka. Porażone bulwy pokryte są ciemnymi sklerotami, które tworzą się w okresie dojrzewania ziemniaka, po zbiorze pozostają na perydermie bulwy przez okres jej przechowywania. W przypadku sadzeniaków ziemniaka skleroty takie mogą stanowić przyczynę gnicia kiełków oraz źródło infekcji rośliny potomnej (Van Emden 1965, Lehtonen i in. 2008ab). Podstawowymi metodami agrotechnicznymi walki z rizoktoniozą są chemiczne zaprawianie sadzeniaków oraz ochrona plantacji z wykorzystaniem preparatów fungicydowych. Takie sposoby zabezpieczania roślin przed tym patogenem nie są wskazane w przypadku prowadzenia upraw ekologicznych (Lenc 2006). Rozwiązaniem uwzględniającym wymogi rolnictwa ekologicznego może być zastosowanie, w odniesieniu do przechowywanych bulw ziemniaka, metod fizycznych. Z badań Martensa i in. (1992) oraz Castro i in. (1993) wynika, że krótkotrwałe (kilkadziesiąt mikrosekund) poddanie działaniu impulsowego pola elektrycznego o natężeniu  $100 \text{ kV}\cdot\text{m}^{-1}$  grzybów *Saccharomyces cerevisiae* powoduje redukcję ich populacji o cztery rzędy wielkości. Do podobnych wniosków doszedł Marks (2005ab) badając wpływ impulsowego pola elektrycznego o natężeniu 30 i  $40 \text{ kV}\cdot\text{m}^{-1}$  działającego przez 300 i 600  $\mu\text{s}$  oraz zmiennego pola magnetycznego o indukcji 1,8 T i czasie ekspozycji 100  $\mu\text{s}$  na rozwój grzyba *Alternaria solani* w przechowywanych bulwach ziemniaków odmian Drop, Irga i Salto. Zagadnienia wpływu pól elektrycznego i magnetycznego oraz promieniowania mikrofalowego na wielkość strat chorobowych przechowywanych bulw ziemniaka były poruszane w pracach Marksa i in. (2005c, 2006). Z badań tych wynika, że zarówno oddziaływanie pola elektrycznego jak i magnetycznego oraz promieniowania mikrofalowego wpływa na obniżenie strat przechowalniczych bulw ziemniaka odmian Drop, Irga i Salto powodowanych rizoktoniozą. W doświadczeniach tych nie stwierdzono istotnego wpływu promieniowania mikrofalowego na stopień porażenia przechowywanych bulw ziemniaka przez bakterię z gatunku *Streptomyces scabies*. Prezentowane wyniki badań są obiecujące i powinny być kontynuowane. Mając na uwadze powyższe celem pracy było określenie wpływu promieniowania mikrofalowego na stopień porażenia przechowywanych bulw ziemniaka przez *Rhizoctonia solani* Kühn.

#### ZAKRES PRACY I METODA BADAŃ

W doświadczeniu przechowalniczym prowadzonym w latach 2006-2008 wykorzystano frakcjonowane bulwy ziemniaka o masie jednostkowej w zakresie 35-

45 g bardzo wczesnych odmiany ziemniaka: Felka Bona, Rosara i Velox. Badania prowadzono w dwóch etapach (E1 i E2) wg schematu przedstawionego w tabeli 1. Bulwy do badań, w liczbie 120 sztuk dla każdej odmiany, pobrano losowo. Liczebność próby ustalono według zaleceń Stanisza (2005).

**Tabela 1.** Układ i opis doświadczenia  
**Table 1.** Layout and description of the experiment

Symbol etapu doświadczenia Symbol of stage of experiment	Charakterystyka etapu doświadczenia Characteristics of stage	Moc generatora mikrofal i czas ekspozycji Microwave power generator and time of exposure	Odmiany ziemniaka Potato varieties
E1	Określenie stopnia zainfekowania bulw ziemniaka przez <i>Rhizoctonia solani</i> Kühn przed przechowywaniem Determination of degree of infection of potato tubers with <i>Rhizoctonia solani</i> Kühn before storage	nie dotyczy not applicable	
E2	Napromieniowanie bulw ziemniaka mikrofalami, przechowywanie, po okresie przechowywania określenie stopnia zainfekowania bulw ziemniaka przez <i>Rhizoctonia solani</i> Kühn Microwave irradiation of potato tubers; after storage, Determination of degree of infection of potato tubers with <i>Rhizoctonia solani</i> Kühn	100 W i 10 s 100 W i 20 s 100 W i 60 s Kontrola Control	Felka Bona Rosara Velox

Bezpośrednio po zbiorze określono masę każdej bulwy i stopień porażenia rizoktoniozą. Po 30 bulw dla każdej kombinacji doświadczenia napromieniowano mikrofalami w czasach: 10, 20 i 60 s. Wykorzystano urządzenie o mocy źródła 100 W generujące mikrofałe o częstotliwości 2,45 GHz. Pojedynczą bulwę umieszczano w szczelnej komorze wyposażonej w obrotowe dno i precyzyjny wyłącznik czasowy. Faktyczne całkowite dawki promieniowania mikrofalowego, uwzględniające straty mocy, wynosiły od 150 do 9000 J (przy założonych parametrach pracy generatora mikrofal teoretyczne, nie uwzględniające żadnych strat, całkowite dawki promieniowania mikrofalowego wynosiłyby od 1000 do 60000 J), a rzeczywiste

dawki jednostkowe, uwzględniające masę bulw zawierały się w przedziale między 3,33 a 257,14 J·g<sup>-1</sup>. Efekt cieplnego działania mikrofal (w dawkach teoretycznych) na napromienianą bulwę ziemniaka można określić poprzez przyrost jej temperatury według zależności podanych przez autora (Jakubowski 2009ab). Zmienność masy bulw w żadnym roku nie przekroczyła 9% (tab. 2). Bezpośrednio po ekspozycji próby umieszczono i przechowywano w chłodni (z automatyczną regulacją temperatury) w temperaturze 5-6°C przy wilgotności 90-95% w drewnianych skrzynkach (w pojedynczych warstwach) przez okres 7 miesięcy. Taki sposób przechowywania zapewniał jednolite warunki wymiany ciepła i masy bulw z otoczeniem. Po okresie przechowywania w bulwach ponownie określono stopień porażenia rizoktoniozą. Stopień porażenia przez *Rhizoctonia solani* Kühn określano poprzez procent zainfekowania sklerocjami perydermy bulwy ziemniaka wg metodyki podanej przez James'a i in. (1972). Porażenie określano przez skalę 9 stopniową (1° – brak porażenia, 9° – porażenie powyżej 15% powierzchni skórki).

**Tabela 2.** Podstawowe statystyki dotyczące masy bulw ziemniaka użytych w doświadczeniu  
**Table 2.** Basic statistics of the mass of potato tubers used in the experiment

Odmiana i rok badań Variety and year	Masa bulw w próbie Mass of tubers in sample (g)			Odchylenie standardowe Standard deviation (g)	Współczynnik zmienności Variation coefficient (%)
	Średnia Mean	Minimalna Minimum	Maksymalna Maximum		
Felka 2006	38,9	35,0	44,2	2,9	7,7
Velox 2006	38,6	35,0	44,5	2,8	7,4
Rosara 2006	39,0	35,3	44,8	2,9	7,5
Felka 2007	38,9	35,0	44,2	3,0	7,9
Velox 2007	39,9	35,0	45,0	3,4	8,5
Rosara 2007	39,0	35,3	44,8	3,0	7,8
Felka 2008	40,1	35,0	45,0	3,5	8,8
Velox 2008	38,8	35,0	44,5	2,8	7,4
Rosara 2008	37,9	35,0	44,8	3,1	8,2

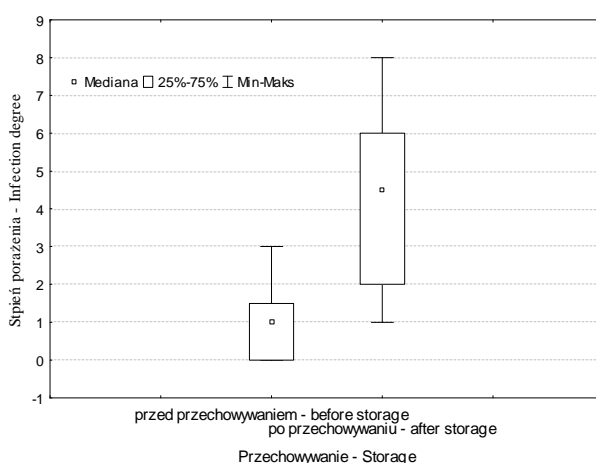
Uzyskane w trakcie badań wartości stopnia porażenia rizoktoniozą są zmiennymi typu skokowego co wymusza zastosowanie do analizy statystycznej grupy testów nieparametrycznych. Do statystycznej analizy danych (stopnia zainfekowania) uzyskanych w pierwszym i drugim etapie badań (przed i po przechowywaniu) zastosowano test mediany w którym obliczenia wykonywane są w oparciu

o tablicę kontyngencji  $\chi^2$ . Testem tym porównywano, pod kątem stopnia porażenia, lata w których prowadzono badania oraz przyjęte w doświadczeniu odmiany. Dane uzyskane w drugim etapie badań (po przechowywaniu) analizowano z wykorzystaniem testu kolejności par Wilcozona. Test ten przeznaczony jest do badania istotności między dwoma pomiarami (np. przed i po przechowywaniu). Różnice między próbami napromieniowanymi mikrofalami a próbą kontrolną badano poprzez jednoczynnikową analizę wariancji Kruskala-Wallisa. Za pomocą tego testu oceniono czy próby pochodzą z tej samej populacji bądź z populacji o takiej samej medianie. W obliczeniach statystycznych, prowadzonych zgodnie z metodyką podaną przez Stanisza (2005), przyjęto poziom istotności  $\alpha = 0,05$ .

#### WYNIKI BADAŃ I DISKUSJA

Wynik przeprowadzonego testu mediany, dla danych z pierwszego etapu badań (przed przechowywaniem), nie wykazał istotnych różnic między latami badań oraz użytymi w doświadczeniu odmianami ziemniaka (wartość testu odpowiednio  $\chi^2 = 3,054$  i  $\chi^2 = 4,227$ ). Brak różnic między tymi zmiennymi niezależnymi poddyktowany był zapewne podobieństwem warunków pogodowych panujących w okresie trwania doświadczenia (okresie wegetacji) oraz faktem, że badane bulwy ziemniaka pochodziły z tej samej plantacji, a więc poddane były tym samym zabiegom agrotechnicznym. Wartość statystyki Z testu kolejności par Wilcozona osiągnęła istotną wartość 22,446 co oznacza, że stopień zainfekowania bulw ziemniaka przez *Rhizoctonia solani* Kühn przed i po przechowywaniu różnił się - po przechowywaniu stopień porażenia był większy (rys. 1). Był to efekt spodziewany. Wynik jednoczynnikowej analizy wariancji Kruskala-Wallisa pozwolił na określenie różnic między próbami napromieniowanymi mikrofalami a próbą kontrolną. Wartość testu Kruskala-Wallisa  $H = 82,71$  była istotna co stanowiło przesłankę do przeprowadzenia testów *a posteriori*. Wykonano wielokrotne porównania średnich rang dla wszystkich badanych prób na podstawie których stwierdzono, że czasy 20 i 60 s, w stosunku do próby kontrolnej, istotnie modyfikują (zmniejszają) stopień porażenia bulw ziemniaka przez *Rhizoctonia solani* Kühn, a czas ekspozycji 10 s nie miał istotnego wpływu na porażenie tym patogenem (tab. 3). Podobne wyniki uzyskano w doświadczeniu w którym badano wpływ promieniowania mikrofalowego na stopień porażenia rizoktoniozą bulw ziemniaka odmiany Vineta. Przechowywane bulwy, które napromieniano mikrofalami przez czas 15 s, cechowały się (w odniesieniu do próby kontrolnej) mniejszym o 32% stopniem zainfekowania (Jakubowski 2008). Prezentowane wyniki badań wskazują, że napromienianie mikrofalami bulw ziemniaka przed ich przechowywaniem może wpływać na zmniejszenie strat przechowalniczych wywołanych przez rizoktoniozę. Jeśli pro-

mieniowanie mikrofalowe (i czas jego ekspozycji w stosunku do przechowywanej bulwy ziemniaka) jest czynnikiem determinującym rozwój patogenu to można przypuszczać, że wraz ze wzrostem czasu napromieniania zmniejszeniu ulegać będzie stopień porażenia rizoktoniozą. Zaznaczyć należy, że napromienianie mikrofalami sadzeniaków ziemniaka bardzo wczesnych odmian przez czas dłuższy



**Rys. 1.** Graficzna prezentacja wyniku testu Wilcoxon; stopień porażenia bulw ziemniaka rizoktoniozą przed i po przechowywaniu

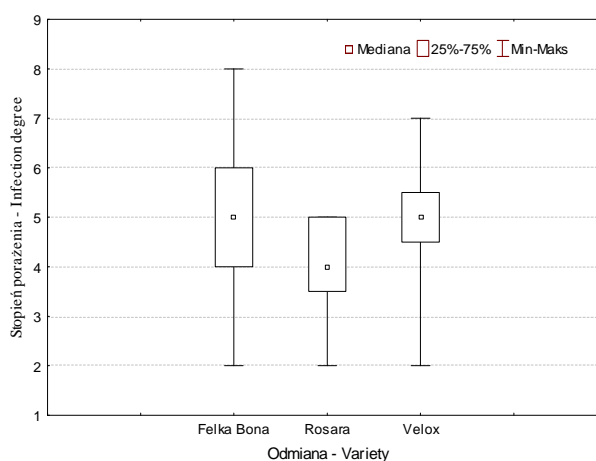
**Fig. 1.** Graphic presentation of the Wilcoxon test result; degree of potato tubers infection with *Rhizoctonia solani* before and after storage

**Tabela 3.** Porównania wielokrotne dla testu Kruskala-Wallisa; wpływ czasu ekspozycji na stopień porażenia bulw ziemniaka rizoktoniozą po okresie przechowywania ( $z$  – wartość testu post-hoc,  $p$  – wartość prawdopodobieństwa testowego)

**Table 3.** Multiple comparisons for Kruskal-Wallis test; exposure effects on the degree of *Rhizoctonia solani* infection of potato tubers after storage ( $z$  – value of post-hoc test,  $p$  – probability value of the test)

Zmienna grupująca Grouping variable	Średnie rangi (R) – Average rank							
	kontrola		10 s		20 s		60 s	
	$z$	$p$	$z$	$p$	$z$	$p$	$z$	$p$
Wartość $z$ i/and $p$								
Czas ekspozycji Exposure time	kontrola control		2,157	0,186	3,796	0,001	4,463	0,001
	10 s	2,157	0,186		1,639	0,607	6,620	0,000
	20 s	3,796	0,001	1,639	0,607		8,260	0,001
	60 s	4,463	0,001	6,620	0,000	8,260	0,001	

niż 15-20 s wpływa negatywnie na procesy rozwojowe i plonowanie rośliny potomnej (Krzysztofik i Jakubowski 2010) (w takim przypadku, czas ekspozycji 20 s, należałoby przyjąć za górną wartość graniczną). Wynik przeprowadzonego testu mediany dla danych z drugiego etapu badań (po przechowywaniu) nie wykazał istotnych różnic między latami badań natomiast istotne różnice stwierdzono między użytymi w doświadczeniu odmianami ziemniaka (wartość testu odpowiednio  $\chi^2=7,112$  i  $\chi^2=14,415$ ). Aby określić różnice między przechowywanymi odmianami pod kątem stopnia ich zainfekowania rizoktoniozą wykonano wielokrotne porównania średnich rang dla badanych prób (rys. 2). Stwierdzono, że odmiana Rosara w porównaniu z odmianami Felka Bona i Velox odznaczała się niższym stopniem porażenia (odpowiednio 4,1, 5,1 i 4,9). Na zróżnicowanie stopnia zainfekowania odmian ziemniaka rizoktoniozą wskazują również Lutomirska (2007) i Krzysztofik (2008) zaznaczając jednocześnie, że choroba ta częściej pojawia się wśród bulw zdeformowanych i uszkodzonych (Krzysztofik i in. 2006).



**Rys. 2.** Graficzna prezentacja wyniku testu mediany; stopień porażenia bulw ziemniaka badanych odmian rizoktoniozą po przechowywaniu

**Fig. 2.** Graphical presentation of the median test result; degree of infection with *Rizoctonia solani* of potato varieties tested after storage

Jak wspomniano we wstępie gatunek grzyba *Rhizoctonia solani* Kühn występuje na przechowywanych bulwach ziemniaka w formie sklerocji. Sklerocja pełni funkcje przetrwalników a zarazem przechowują substancje zapasowe niezbędne do funkcjonowania grzyba. Sklerocja u *Rhizoctonia solani* Kühn jest kulistym wytworem grzybni zbudowanym z plektenchymy. Na powierzchni sklerocji grzybni ma zwartą strukturę i tworzy osłonę. Plektenchyma jest tkanką rzekomą grzyba, która powstaje z plech poprzez ich splątanie i złączenie. Nitki plechy

łączą się z sobą poprzez ściśle splełatanie albo poprzez zlepianie śluzowatymi ścianami komórkowymi, tworząc twór podobny do tkanki roślin wyższych. Plektenchyma u grzybów odpowiedzialna jest za budowę owocnika, może ona transformować w pseudoparenchymę przypominającą budowę tkankę miękką roślin wyższych. Zaznaczyć należy, że komórki grzybów są eukariotyczne – zawierają one: jądro komórkowe, mitochondria, struktury Golgiego, centriole i inne typowe organella, nie zawierają natomiast plastydów i typowo roślinnych materiałów zapasowych, np. skrobi. W ścianach komórkowych u zdecydowanej większości odkłada się chityna (aminocukier), a materiałem zapasowym jest glikogen lub związki lipidowe. Wymienione tu związki są charakterystycznymi produktami organizmów zwierzęcych i nie są (poza grzybami) spotykane u roślin. Gromada podstawczaków, do której należy *Rhizoctonia solani* Kühn posiada strzępki wielokomórkowe, a jądra w strzępkach poprzedzielane są poprzecznymi ścianami. Efekt działania promieniowania mikrofalowego na mikroorganizmy chorobotwórcze tłumaczony był dotychczas procesem uszkodzenia (rozrywania) błon komórkowych co prowadziło do destrukcji komórki (Marks 2005c). W przypadku grzyba takie działanie mikrofal może nie mieć miejsca gdyż w organizmach tych w ścianie komórkowej odkłada się chityna  $(C_8H_{13}O_5N)_n$  będąca związkiem organicznym, polisacharydem glukozy ( $\beta$ -glukozy). Wymiana części atomów tlenu na atomy azotu w strukturze chityny powoduje, że występują w niej silne międzycząsteczkowe wiązania wodorowe. Obecność wiązań wodorowych tego typu może znacznie utrudniać destruktywne działanie promieniowania mikrofalowego. Taki opis zjawiska zgodny jest ze zdaniem Olchowik (2002), która uważa, że energia kwantu promieniowania elektromagnetycznego ( $10^{-4}$ - $10^{-3}$  eV) jest znacznie mniejsza od energii wiązania wodorowego ( $10^{-1}$ - $10^{-2}$  eV). Oznacza to, że działanie kwantu na struktury biologiczne nie może powodować rozerwania najstabszych nawet wiązań wodorowych, może natomiast prowadzić (szczególnie w przypadku oddziaływań nietermicznych mikrofal) do zmian konformacyjnych cząsteczek i przez to wpływać na procesy biochemiczne zachodzące w komórce. Przyczyn ograniczenia stopnia porażenia przechowywanych bulw ziemniaka przez *Rhizoctonia solani* Kühn na skutek działania mikrofal można raczej upatrywać w modyfikującym działaniu promieniowania na substancję zapasową (w przypadku gdy są to lipidy, a nie glikogen) występującą w sklerotach. Jak podaje Olchowik (2002) głębokość wnikania energii elektromagnetycznej w tkanki jest odwrotnie proporcjonalna do ilości zawartej w nich wody. W przypadku przechodzenia fali elektromagnetycznej przez ośrodki zawierające lipidy energia promieniowania będzie wnikać głębiej niż w tkanki wysoko uwodnione. Jeśli materiał zapasowy w postaci związków organicznych zgromadzonych w sklerotach odpowiedzialny jest za poszczególne etapy rozwoju grzyba to podanie go działaniu mikrofal może wpłynąć na okres inkubacji patogenu, szybkość



rozpowszechniania się grzyba, a także tempo jego zarodnikowania. Taki sposób wyjaśnienia mechanizmu działania promieniowania mikrofalowego w odniesieniu do formy przetrwalnikowej *Rhizoctonia solani* Kühn może tłumaczyć mniejszy stopień porażenia, w porównaniu z próbą kontrolną, wśród bulw napromienionych mikrofalami.

#### WNIOSKI

1. Przechowywanie bulw ziemniaka powodowało istotne zwiększenie stopnia ich porażenia rizoktoniozą.
2. Stwierdzono, że napromieniowanie mikrofalami bulw ziemniaka przed ich przechowywaniem istotnie wpływa, w odniesieniu do próby kontrolnej, na zmniejszenie stopnia ich porażenia rizoktoniozą po przechowywaniu.
3. Stosownie do wniosku 2, uściślić należy, że pozytywny efekt działania mikrofal na przechowywane bulwy ziemniaka w postaci zmniejszenia stopnia ich porażenia rizoktoniozą (w stosunku do próby kontrolnej) odnotowano w odniesieniu do prób które napromieniano przez czas 20 i 60 s.

#### PIŚMIENNICTWO

- Castro A., Barbosa-Canovas G., Swanson B., 1993. Microbial inactivations of food by pulsed electric fields. *Journal Food Preservation*, 17.
- Jakubowski T., 2008. Wpływ promieniowania mikrofalowego na wybrane wskaźniki oceny przechowalniczej bulw ziemniaka. *Acta Agrophysica*, 12(2), 357-366.
- Jakubowski T., 2009a. Efekt cieplny mikrofalowego ogrzewania bulwy ziemniaka. *Acta Agrophysica*, 14(2), 345-354.
- Jakubowski T., 2009b. Modelowanie przyrostu temperatury bulwy ziemniaka w trakcie jej mikrofalowego ogrzewania. *Inżynieria Rolnicza*, 9(118), 79-85.
- James W., McKenzie A., 1972. The effect of tuber-borne sclerotia of *Rhizoctonia solani* Kühn on the potato crop. *American Potato Journal*, 49, 296-301.
- Krzysztofik B., Jakubowski T., 2010. Plonowanie roślin ziemniaka w zależności od wielkości zastosowanej jednostkowej dawki promieniowania mikrofalowego. *Materiały VI Konferencji Naukowej nt. Ziemniak spożywczy i przemysłowy oraz jego przetwarzanie*.
- Krzysztofik B., 2008. Wpływ miejsca przechowywania na zmiany cech jakościowych bulw ziemniaka. *Acta Agrophysica*, 11(2), 449-456.
- Krzysztofik B., Marks N., Nawara P., 2006. Porównanie cech jakościowych bulw ziemniaka po zbiorze i po przechowywaniu. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 511, (cz. II), 369-377.
- Lehtonen M., Ahvenniemi P., Wilson P., German-Kinari M., Valkonen J., 2008a. Biological diversity of *Rhizoctonia solani* (AG-3) in a northern potato-cultivation environment in Finland. *Plant Pathology*, 57, 141-151.
- Lehtonen M., Somervuo P., Valkonen J., 2008b. Infection with *Rhizoctonia solani* induces defence genes and systemic resistance in potato sprouts grown without light: implications of dynamic plant-pathogen interplay underground. *Phytopathology*, 98, 1190-1198.

- Lenc L., 2006. *Rhizoctonia solani* and *Streptomyces scabies* on sprouts and tubers of potato grown in organic and integrated systems, and fungal communities in the soil habitat. *Phytopathol. Pol.*, 42, 13-28.
- Lutomirska B., 2007. Wpływ odmiany i czynników meteorologicznych okresu wegetacji na ospowatość bulw ziemniaka. *Postępy w Ochronie Roślin*, 47(2), 173-177.
- Marks N., Jakubowski T., 2006. Wpływ promieniowania mikrofalowego na trwałość przechowalniczą bulw ziemniaka. *Inżynieria Rolnicza*, 6 (81), 57-64.
- Marks N., 2005a. Wpływ impulsowego pola elektrycznego na straty przechowalnicze bulw ziemniaka. *Inżynieria Rolnicza*, 10, 303-309.
- Marks N., 2005b. Wpływ zmiennego pola magnetycznego na straty przechowalnicze bulw ziemniaka. *Inżynieria Rolnicza*, 10, 295-302.
- Marks N., Lipiec J., Jakubowski T., 2005c. Ocena przydatności metod fizycznych do zwalczania przechowalniczych chorób bulw ziemniaka. *Inżynieria Rolnicza*, 7(67), 169-175.
- Martens B., Knorr D., 1992. Development of nontemperatural processes for food preservation. *Food Technology*, 46 (5), 124.
- Olchowik G., 2002. Analiza wpływu promieniowania mikrofalowego na proces osteogenezy i osteoporozy posteroideowej. *Rozprawa habilitacyjna*, AM Lublin, 12-15.
- Sęk T., Przybył J., 2004. *Zbiór, obróbka i przechowalność roślin okopowych*. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Poznaniu.
- Stanisz A., 2005. *Biostatystyka*. Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego, 135-407.
- Van Emden J., 1965. *Rhizoctonia solani*; results of experiments. *Europe Potato Journal*, 8, 188-189.

## EFFECT OF MICROWAVE RADIATION ON DEGREE OF INFECTION WITH *RHIZOCTONIA SOLANI* KÜHN OF STORED POTATO TUBERS

*Tomasz Jakubowski*

Institute of Machinery Exploitation, Ergonomics and Production Processes  
Agricultural University of Krakow  
ul. Balicka 116B, 30-149 Kraków  
e-mail: tjakubowski@ar.krakow.pl

**Abstract.** The aim of this study was to determine the effect of microwave radiation on the degree of infection with *Rhizoctonia solani* Kühn of stored potato tubers. In the storage experiment conducted in 2006-2008 very early potato varieties were used: Felka Bona, Rosara and Velox. Storage of potato tubers resulted in a significant increase in the degree of *Rhizoctonia solani* infection. Microwave irradiation of potato tubers, prior to storage, significantly affected, in relation to the control sample, the degree of infection with *Rhizoctonia solani* after storage.

**Keywords:** potato, microwave, storage, *Rhizoctonia solani* Kühn