

## OKREŚLENIE ZALEŻNOŚCI POMIĘDZY ODPORNOŚCIĄ BULWY ZIEMNIAKA NA USZKODZENIA MECHANICZNE A WIELKOŚCIĄ DAWKI PROMIENIOWANIA MIKROFALOWEGO

Norbert Marks, Tomasz Jakubowski

*Katedra Techniki Rolno-Spożywczej, Akademia Rolnicza w Krakowie*

**Streszczenie.** W pracy poszukiwano zależności pomiędzy dawką promieniowania mikrofalowego a odpornością bulwy ziemniaka na uszkodzenia mechaniczne mierzone siłą przebicia perydermy na granicy wytrzymałości biologicznej. Do badań przyjęto odmianę ziemniaka Felka. Bulwy poddane stymulacji mikrofalowej oraz bulwy stanowiące próbę kontrolną obciążano przy użyciu penetrometru statyczno-sprężynowego. Wyniki doświadczenia miały określić wartość dawki promieniowania mikrofalowego powodującego obniżenie odporności bulwy ziemniaka na uszkodzenia mechaniczne. Analiza statystyczna wykazała istotne różnice pomiędzy próbą kontrolną a próbami poddanymi działaniu promieniowania mikrofalowego w zakresie przyjętych do badań czasów ekspozycji i dawek promieniowania. Badania potwierdziły wpływ promieniowania mikrofalowego na odporność bulw ziemniaka przy obciążeniu statycznym. Określono wartość progową jednostkowej dawki promieniowania mikrofalowego powodującego obniżenie odporności bulwy ziemniaka na uszkodzenia mechaniczne.

**Słowa kluczowe:** promieniowanie mikrofalowe, bulwa ziemniaka, mechaniczne uszkodzenia

### Wstęp

Badania Olchowika i in. [1994, 1996], Marksa i in. [2003] i Wójcika i in. [2003] wskazują, że poddanie nasion lub materiału sadzeniakowego stymulacji przy użyciu promieniowania mikrofalowego ma pozytywny wpływ na jakość i plonowanie badanych gatunków roślin uprawnych. Promieniowanie mikrofalowe powodujące rotację molekuł w zmiennym polu elektromagnetycznym bez naruszania trwałości wiązań chemicznych w nich istniejących może pobudzać fizjologiczne procesy bulwy ziemniaka i mieć stymulujące działanie dla układów adaptacyjnych organizmów. Stymulacja tego typu jest procesem termicznym i w odniesieniu do materiału biologicznego a w szczególności wysoko uwodnionego – jak bulwy *Solanum tuberosum*, może dawać również efekt negatywny. Jeżeli zatem istnieje udowodniony pozytywny wpływ tego promieniowania na procesy wzrostu i rozwoju roślin, to może ono również oddziaływać na przebieg procesów odpowiedzialnych za wytrzymałość i trwałość perydermy mierzonych wielkością uszkodzeń mechanicznych. Pozytywne wyniki doświadczenia mogą mieć zastosowanie w optymalizacji procesów przechowywania plonów roślin ziemniaka oraz pobudzania materiału sadzeniakowego.

## Cel pracy, materiał i metoda badawcza

Celem pracy było określenie zależności pomiędzy dawką promieniowania mikrofalowego a wytrzymałością bulwy ziemniaka na obciążenia statyczne mierzone siłą przebicia skórki bulwy ziemniaka na granicy wytrzymałości biologicznej. Do badań przyjęto odmianę ziemniaka Felka w liczbie 140 bulw o różnej masie - 125 bulw (25 prób o liczebności 5 bulw każda) poddano stymulacji promieniami mikrofalowymi o różnym czasie ekspozycji a pozostałe 15 bulw stanowiło próbę kontrolną nie poddaną działaniu promieniowania mikrofalowego. Pojedynczą bulwę umieszczano w polu elektromagnetycznym o częstotliwości 2,45 GHz i mocy promieniowania 1000 W na czas 10-125 s. Całkowite dawki promieniowania zawierały się w przedziale 10000-125000 J co odpowiadało 106,5-6857,1 J·g<sup>-1</sup> jednostkowych dawek promieniowania mikrofalowego. Jednostkową dawkę promieniowania określono jako iloraz całkowitej dawki promieniowania mikrofalowego i masy bulwy poddanej działaniu pola elektromagnetycznego.

Następnie próby obciążano przy użyciu penetrometru statyczno-sprężynowego. Badania wytrzymałości bulw ziemniaka na obciążenia mechaniczne prowadzone były w warunkach laboratoryjnych. Bulwę obciążano aż do momentu jej uszkodzenia przez walcowy sworzeń wciskany w miąższ. Nacisk na bulwę przenoszony był poprzez sprężynę, której ugięcie było proporcjonalne do wywieranego nacisku. Miernikiem odporności była siła przebicia skórki i wciśnięcia sworznia w głąb miąższu bulwy oraz wartość ugięcia bezwzględnego i względnego.

Wartości liczbowe uzyskane w trakcie pomiarów penetrometrem sprężynowym przekształcono przy użyciu wzorów opisanych w pracach Marksa i in. [1981] oraz Sobola [2003, 2006] w wartości liczbowe odzwierciedlające wartość siły przebicia skórki bulwy ziemniaka na granicy wytrzymałości biologicznej oraz wielkość ugięcia bezwzględnego i względnego. Ugięcie bezwzględne określono jako różnicę pomiędzy grubością bulwy przed przyłożeniem obciążenia a grubością w chwili przebicia perydermy przez sworzeń penetrometru, wartość wyrażono w milimetrach. Ugięcie względne określono jako iloraz ugięcia bezwzględnego i grubości bulwy przed przyłożeniem obciążenia wynikającego z działania penetrometru, a wartość wyrażono w procentach. Tak uzyskane dane posłużyły do określenia zależności oddziaływania mikrofal na siłę przebicia skórki bulwy ziemniaka.

Wykorzystując wielomian pierwszego stopnia jako funkcję opisującą zależność pomiędzy oddziaływaniem mikrofal a wartością siły przebicia skórki bulwy ziemniaka oraz ugięciem bezwzględnym i względnym bulwy obliczono współczynnik determinacji. Dla tych samych zależności obliczono współczynnik korelacji liniowej Pearsona.

## Wyniki badań i ich omówienie

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej i przedstawiono w postaci graficznej na rycinach nr 1-4 oraz w tabeli nr 1. Miały one wskazać progową jednostkową wartość dawki promieniowania, w przyjętych czasach ekspozycji, która powoduje obniżenie odporności bulwy ziemniaka na uszkodzenia mechaniczne reprezentowane przez uszkodzenie perydermy. Analiza statystyczna wykazała różnice pomiędzy próbą kontrolną a próbami poddanymi działaniu promieniowania mikrofalowego w zakresie przyjętych do badań cza-

## Określenie zależności pomiędzy...

sów ekspozycji wynoszących 10-125 s i dawek promieniowania wynoszących 1000-125000 J. Określono jednostkową wartość dawki promieniowania elektromagnetycznego, która powoduje obniżenie odporności bulwy ziemniaka na uszkodzenia mechaniczne.

Uzyskano wartości współczynników korelacji pomiędzy siłą przebicia skórki, ugięciem bezwzględnym oraz względnym a jednostkową dawką napromieniowania odpowiednio: -0,89, -0,15 i -0,23. Zależności pomiędzy wielkością dawki promieniowania mikrofalowego a siłą przebicia skórki oraz wartością ugięcia bezwzględnego i względnego bulwy ziemniaka zostały opisane funkcjami liniowymi. Dla każdej zależności, metodą najmniejszych kwadratów, wyznaczono linię trendu i współczynnik determinacji. W podobny sposób zostały opracowane wyniki dotyczące próby kontrolnej z tym wyjątkiem, że jako zmienną niezależną przyjęto masę bulwy ziemniaka.

Tabela. 1. Statystyczne zależności pomiędzy wybranymi parametrami fizycznymi bulw ziemniaka a jednostkową dawką promieniowania i masą próby kontrolnej  
Table 1. Statistic relations between selected physical parameters of potato tubers, and unit radiation dose and control sample weight

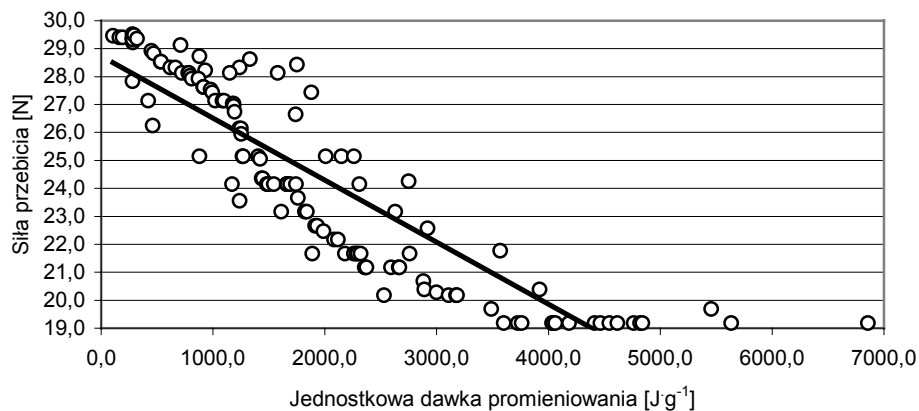
Rodzaj zależności	Współczynnik korelacji liniowej	Istotność na poziomie 0,05	Równanie regresji	Współczynnik determinacji
jednostkowa dawka promieniowania – siła przebicia	-0,89	istotne	$y = -0,0022x + 28,75$	0,79
jednostkowa dawka promieniowania – ugięcie bezwzględne	-0,15	nieistotne	$y = -0,0001x + 4,6743$	0,03
jednostkowa dawka promieniowania – ugięcie względne	-0,23	nieistotne	$y = -0,0007x + 13,16$	0,06
masa bulwy z próby kontrolnej - siła przebicia	0,62	istotne	$y = 0,0372x + 22,112$	0,39
masa bulwy z próby kontrolnej - ugięcie bezwzględne	-0,49	istotne	$y = -0,0079x + 5,5305$	0,24
masa bulwy z próby kontrolnej - ugięcie względne	-0,69	istotne	$y = -0,038x + 14,538$	0,48

*Opracowanie własne autorów*

Jak wskazują badania Marksa i in. [2006], nad wpływem promieniowania mikrofalowego na wytrzymałość statyczną bulw ziemniaka, jednostkowe dawki promieniowania w zakresie 6-180 J·g<sup>-1</sup> nie mają istotnego wpływu na wartość siły przebicia perydermy na granicy jej wytrzymałości biologicznej. W przeprowadzonym doświadczeniu bulwy ziemniaka poddane działaniu pola mikrofalowego do 319,3 J·g<sup>-1</sup> jednostkowych dawek promieniowania mikrofalowego nie spowodowały obniżenia odporności perydermy na mechaniczne uszkodzenia.

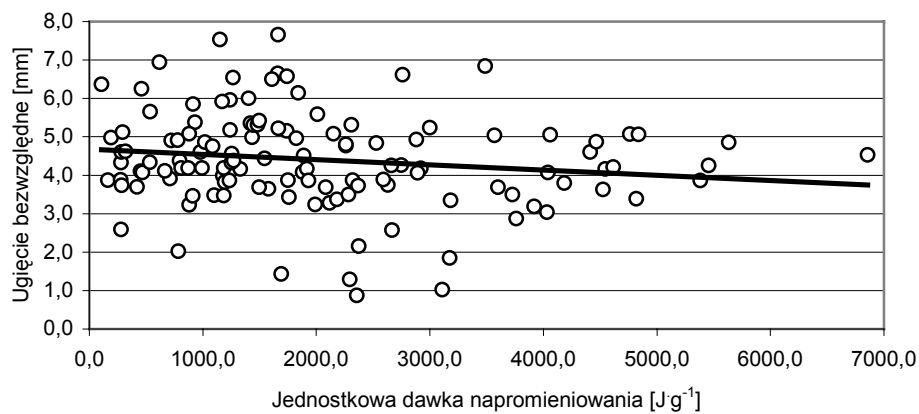
Na podstawie przedstawionych wyników (rysunki 1-4), stwierdzić można, że dopiero jednostkowa dawka promieniowania mikrofalowego przekraczająca 320 J·g<sup>-1</sup> powoduje zmniejszenie wartości siły przebicia skórki bulwy ziemniaka a tym samym powoduje zwiększenie podatności bulw na uszkodzenia mechaniczne. Podobną tendencję wykazują bulwy, które zostały napromieniowane do wartości 3600 J·g<sup>-1</sup>. Powyżej wartości 3600 J·g<sup>-1</sup> jednostkowej dawki promieniowania mikrofalowego, stymulowane bulwy ziemniaka, nie wykazywały

zmian w wartości siły przebicia skórki. Wartości ugięcia bezwzględnego i względnego nie wykazywały znacznych odchyżeń od wartości pomierzonych w próbie kontrolnej.



Rys. 1. Zależność pomiędzy jednostkową dawką napromieniowania a siłą przebicia skórki bulwy ziemniaka

Fig. 1. Relation between unit irradiation dose and potato tuber peel puncture force

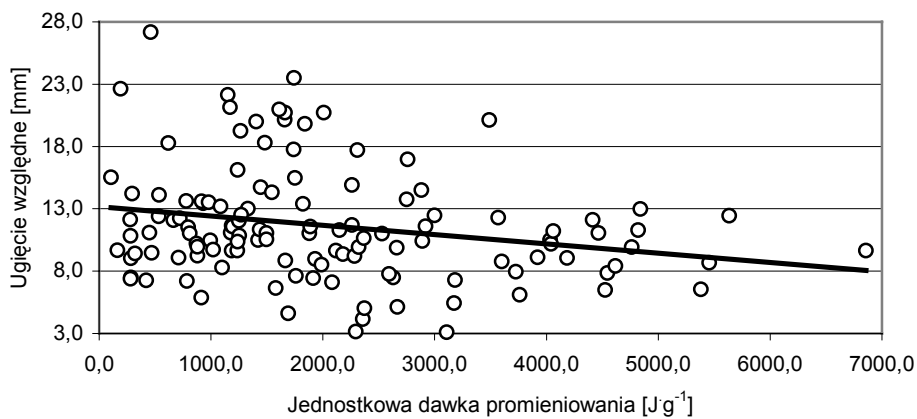


*Opracowanie własne autorów*

Rys. 2. Zależność pomiędzy jednostkową dawką napromieniowania a ugięciem bezwzględnym bulwy ziemniaka

Fig. 2. Relation between unit irradiation dose and potato tuber absolute sag

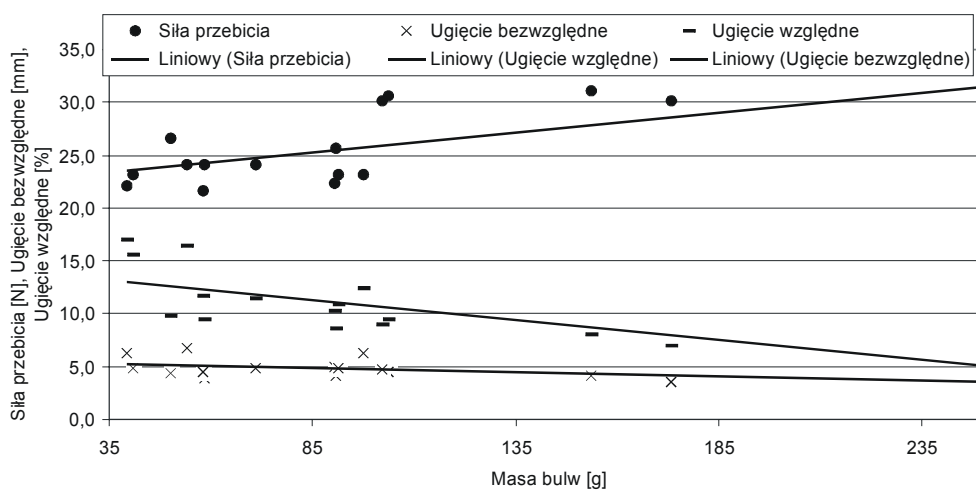
Określenie zależności pomiędzy...



Opracowanie własne autorów

Rys. 3. Zależność pomiędzy jednostkową dawką napromieniowania a ugięciem względnym bulwy ziemniaka

Fig. 3. Relation between unit irradiation dose and potato tuber relative sag



Rys. 4. Zależność pomiędzy masą bulw próby kontrolnej a siłą przebicia skórki bulwy ziemniaka oraz wartością ugięcia bezwzględnego i względnego

Fig. 4. Relation between weight of control sample tubers and potato tuber peel puncture force, and absolute and relative sag value

## Wnioski

1. Przy przyjętych czasach ekspozycji i dawkach promieniowania mikrofalowego stwierdzono istotną zależność pomiędzy jednostkową dawką promieniowania mikrofalowego a wytrzymałością bulwy ziemniaka na obciążenia statyczne mierzoną siłą przebicia skórki bulwy ziemniaka na granicy wytrzymałości biologicznej oraz pomiędzy dawką promieniowania mikrofalowego a ugięciem względnym bulwy ziemniaka.
2. Przy przyjętych czasach ekspozycji i dawkach promieniowania mikrofalowego nie stwierdzono istotnej zależności pomiędzy jednostkową dawką promieniowania mikrofalowego a ugięciem bezwzględnym.
3. Jednostkowa dawka promieniowania mikrofalowego przekraczająca  $320 \text{ J}\cdot\text{g}^{-1}$  powoduje obniżenie wytrzymałości skórki na uszkodzenia mechaniczne.
4. Powyżej wartości  $3600 \text{ J}\cdot\text{g}^{-1}$  jednostkowej dawki promieniowania mikrofalowego, napromieniowywane bulwy ziemniaka, nie wykazywały zmian w wartości siły przebicia skórki.
5. Najwyższy współczynnik korelacji (-0,89) uzyskano pomiędzy jednostkową dawką napromieniowania a wartością siły przebicia skórki bulwy ziemniaka.

## Bibliografia

- Marks N., Sobol Z., Baran D.** 2003. Ocena mikrofalowej stymulacji bulw ziemniaka. Inżynieria Rolnicza Nr 11(53). s. 131-137.
- Marks N., Biel M., Krzysztofik B.** 1981. Określenie wpływu wielkości i ciężaru bulw na kształtowanie się wytrzymałości mechanicznej bulw wybranych odmian ziemniaka. Roczniki Nauk Rolniczych 75/1. s. 109-124.
- Marks N., Jakubowski T.** 2006. Wpływ promieniowania mikrofalowego na wytrzymałość statyczną bulw ziemniaka. Inżynieria Rolnicza Nr 13(88). s. 365-375.
- Olchowik G., Dziamba Sz.** 1994. Wpływ promieniowania mikrofalowego na elementy struktury plonu gryki. Mat. Konf. nt.: „Uszlachetnianie Materiałów Nasiennych”. Olsztyn – Kortowo. s. 283-287.
- Olchowik G., Dziamba Sz., Gawda H., Grigoriew A.D., Mijew W.A., Podroźnaja L.W.** 1996. Sposób zwiększania zdolności kiełkowania nasion ogórków. Urząd Patentowy RP, 29.03., WUP 03/96
- Sobol Z.** 2003. Wpływ wybranych czynników na niektóre właściwości mechaniczne bulw ziemniaka. Acta Agrophysica 83. s. 163-176.
- Sobol Z.** 2006. Wpływ wybranych czynników na wartość odkształceń względnych i naprężeń niszczących bulwy ziemniaka. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, nr 511 cz. II. s. 397-405.
- Wójcik S., Dziamba M., Pietruszewski S.** 2003 Wpływ promieniowania mikrofalowego na plonowanie i jakość technologiczną korzeni burak cukrowego, Materiały Konferencyjne II Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Oddziaływanie pól elektromagnetycznych na środowisko rolnicze” Agrolaser 2003, Lublin, s. 51-52.

## **DETERMINATION OF RELATION BETWEEN POTATO TUBER RESISTANCE TO MECHANICAL DAMAGE AND SIZE OF MICROWAVE RADIATION DOSE**

**Abstract.** The purpose of the work was to find relation between microwave radiation dose and potato tuber resistance to mechanical damage measured by periderm puncture force at the boundary of biological resistance. The Felka variety potato was used in the tests. Tubers subject to microwave stimulation and tubers constituting control sample were loaded using a static-spring penetrometer. Experiment results were expected to determine the amount of microwave radiation dose reducing potato tuber resistance to mechanical damage. Statistic analysis proved significant differences between control sample and samples exposed to microwave radiation within range of exposure times and radiation doses accepted for the test. The tests confirmed microwave radiation impact on potato tuber resistance at static load. The research allowed to determine threshold value of unit dose of microwave radiation, which reduces potato tuber resistance to mechanical damage.

**Key words:** microwave radiation, potato tuber, mechanical damage

**Adres do korespondencji:**

Norbert Marks; e-mail: [tjakubowski@ar.krakow.pl](mailto:tjakubowski@ar.krakow.pl)  
Katedra Techniki Rolno-Spożywczej  
Akademia Rolnicza w Krakowie  
ul. Balicka 116B  
30-149 Kraków