

*Norbert Marks, Tomasz Jakubowski
Katedra Techniki Rolno-Spożywczej
Akademia Rolnicza w Krakowie*

WPLYW PROMIENIOWANIA MIKROFALOWEGO NA WYTRZYMAŁOŚĆ STATYCZNĄ BULW ZIEMNIAKA

Streszczenie

W pracy poszukiwano 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 dwie odmiany ziemniaka: Gracja i Ibis. Bulwy ziemniaka podzielono na trzy frakcje wagowe: poniżej 40 g, od 40 do 70 g i od 70 do 110 g. Każda frakcja reprezentowana była przez 5 bulw poddanych stymulacji mikrofalowej oraz 10 bulw stanowiących próbę kontrolną nie poddanych działaniu pola mikrofalowego. W pierwszej części doświadczenia pojedynczą bulwę umieszczano w polu elektromagnetycznym o częstotliwości 2,45 GHz na czas 5 s. Zmianie ulegała moc promieniowania w zakresie od 100 do 1000 W. W drugiej części doświadczenia przy tej samej częstotliwości zmianie ulegał czas oddziaływania promieniowania mikrofalowego w zakresie od 2 do 20 s a wartością stałą była moc promieniowania – 270 W. Następnie bulwy poddane stymulacji mikrofalowej oraz bulwy stanowiące próbę kontrolną obciążano przy użyciu penetrometru statyczno-sprężynowego. Wyniki doświadczenia miały dać odpowiedź na pytanie – czy promieniowanie mikrofalowe w przyjętych czasach ekspozycji i dawkach, mając stymulujący wpływ na procesy fizjologiczne bulwy oddziałuje na jej strukturę wewnętrzną zmieniając odporność na mechaniczne uszkodzenia? Analiza statystyczna nie wykazała istotnych różnic pomiędzy próbą kontrolną a próbami poddanymi działaniu promieniowania mikrofalowego w zakresie przyjętych do badań czasów ekspozycji i dawek promieniowania. Nie stwierdzono zatem wpływu promieniowania mikrofalowego na odporność bulw ziemniaka na obciążenia statyczne.

Słowa kluczowe: ziemniak, promieniowanie mikrofalowe, wytrzymałość statyczna

Wstęp

Badania Marksa i in. [2003], Wójcik i in. [2003], Pichko [2000] i Olchowik [1994, 1996] 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 stymulować 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 dwie odmiany ziemniaka: Gracja i Ibis. Bulwy ziemniaka podzielono na trzy frakcje wagowe: poniżej 40 g, od 40 do 70 g i od 70 do 110 g. Każda frakcja reprezentowana była przez 5 bulw poddanych stymulacji mikrofalowej oraz 10 bulw stanowiących próbę kontrolną nie poddanych działaniu pola mikrofalowego. W pierwszej części doświadczenia pojedynczą bulwę umieszczano w polu elektromagnetycznym o częstotliwości 2,45 GHz na czas 5 s. Zmianie ulegała moc promieniowania w zakresie od 100 do 1000 W. W drugiej części doświadczenia przy tej samej częstotliwości zmianie ulegał czas oddziaływania promieniowania mikrofalowego w zakresie od 2 do 20 s a wartością stałą była moc promieniowania – 270 W. Następnie bulwy poddane stymulacji mikrofalowej oraz bulwy stanowiące próbę kontrolną 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. Wartości liczbowe uzyskane w trakcie pomiarów penetrometrem sprężynowym przekształcono przy użyciu wzoru nr 1 [Marks i in. 1981; Sobol 2003]:

$$F = 9,9384(W) + 9,2482 \quad [\text{N}] \quad (1)$$

gdzie:

- F – wartość siły przebicia skórki [N],
- W – wskazanie czujnika (wielkość ugięcia) [mm],
- 9,9384 – stała charakteryzująca sprężynę [N/mm],
- 9,2482 – stała wynikająca ze wstępnego ugięcia sprężyny w celu skasowania luzów [N].

w wartości liczbowe odzwierciedlające wartość siły (F) przebicia skórki bulwy ziemniaka na granicy wytrzymałości biologicznej. Tak uzyskane dane posłużyły do określenia zależności oddziaływania mikrofal na siłę przebicia skórki bulwy ziemniaka.

Wykorzystując wielomian drugiego stopnia jako funkcję opisującą zależność pomiędzy oddziaływaniem mikrofal a wartością siły przebicia skórki bulwy ziemniaka obliczono współczynnik determinacji.

Wyniki badań i ich omówienie

Uzyskane wyniki przedstawiono w tabeli 1 i poddano analizie statystycznej. Miały one dać odpowiedź na pytanie – czy promieniowanie mikrofalowe w przyjętych czasach ekspozycji i dawkach, mając stymulujący wpływ na procesy fizjologiczne bulwy [Marks i in. 2003] oddziałuje na jej strukturę wewnętrzną zmieniając odporność na mechaniczne uszkodzenia? Analiza statystyczna nie wykazała istotnych różnic pomiędzy próbą kontrolną a próbami poddanymi działaniu promieniowania mikrofalowego w zakresie przyjętych do badań czasów ekspozycji wynoszących 2-20 s i dawek promieniowania wynoszących 500-5400 J. Nie stwierdzono zatem wpływu promieniowania mikrofalowego na odporność bulw ziemniaka na obciążenia statyczne. Dla części przypadków uzyskano korelację pomiędzy całkowitą dawką napromieniowania a siłą przebicia skórki (współczynnik korelacji liniowej w granicach -0,5 a 0,4) oraz jednostkową dawką napromieniowania a siłą przebicia skórki (współczynnik korelacji w granicach -0,5 a 0,4).

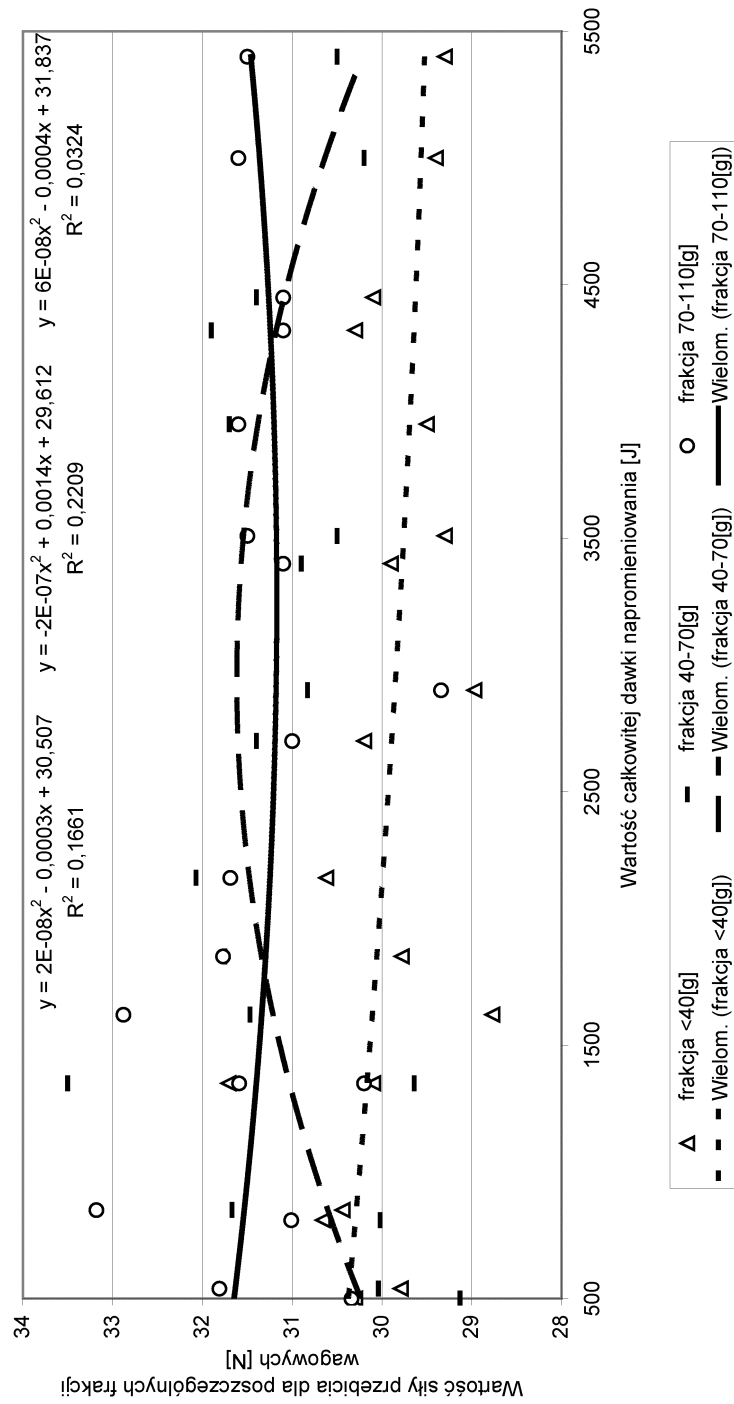
Zależności pomiędzy wielkością dawki promieniowania mikrofalowego a siłą przebicia skórki bulwy ziemniaka zostały opisane funkcjami wielomianowymi drugiego stopnia (rysunki 1–4). Dla każdej zależności, metodą najmniejszych kwadratów, wyznaczono linię trendu i współczynnik determinacji.

Tabela 1. Wpływ dawki napromieniowania na wartość siły przebiccia skórki bulwy ziemniaka odmiany Ibis
 Table 1. Influence of irradiation dose on the value of skin breaking force for potato bulb variation Ibis

Nr pomiaru	Moc [W]	Czas ekspozycji [s]	Dawka [J]	Masa bulwy [g]			Jednostkowa dawka napromieniowania [J/g]			Siła przebiccia [N]		
				frakcja <40 [g]	frakcja 40-70 [g]	frakcja 70-110 [g]	frakcja <40 [g]	frakcja 40-70 [g]	frakcja 70-110 [g]	frakcja <40 [g]	frakcja 40-70 [g]	frakcja 70-110 [g]
1	100	5	500	31	50	81	16,1	10,0	6,2	30,3	29,13	30,34
2	270	2	540	35	52	80	15,4	10,4	6,8	29,79	30,04	31,81
3	270	3	810	32	62	81	25,3	13,1	10,0	30,66	30,02	31,01
4	170	5	850	32	50	83	26,6	17,0	10,2	30,44	31,67	33,18
5	270	5	1350	28	64	84	48,2	21,1	16,1	30,1	29,64	31,59
6	270	5	1350	33	54	77	40,9	25,0	17,5	31,71	33,5	30,2
7	270	6	1620	39	56	86	41,5	28,9	18,8	28,77	31,47	32,88
8	370	5	1850	33	56	78	56,1	33,0	23,7	29,78	31,75	31,77
9	270	8	2160	35	49	80	61,7	44,1	27,0	30,62	32,07	31,69
10	270	10	2700	32,8	52,8	81,4	82,5	51,2	33,2	30,2	31,4	31
11	580	5	2900	35	54	88	82,9	53,7	33,0	28,97	30,83	29,34
12	680	5	3400	33,8	56,4	90,4	101,8	61	37,9	29,9	30,9	31,1
13	270	13	3510	32,6	56,4	87,2	109,3	63	40,6	29,3	30,5	31,5
14	790	5	3950	33,8	60	90,8	118,3	67	44,4	29,5	31,7	31,6
15	270	16	4320	31,4	46	86,2	139	94,9	50,6	30,3	31,9	31,1
16	890	5	4450	30,8	56,6	86,4	145,6	79,4	52,1	30,1	31,4	31,1
17	1000	5	5000	33	64	96	152,2	79	52,6	29,4	30,2	31,6
18	270	20	5400	32,4	52,8	85,6	167,3	102,5	63,9	29,3	30,5	31,5
próba kontrolna	0	0	0	33,55	55,8	86,8	0	0	0	30,04	31,57	31,72

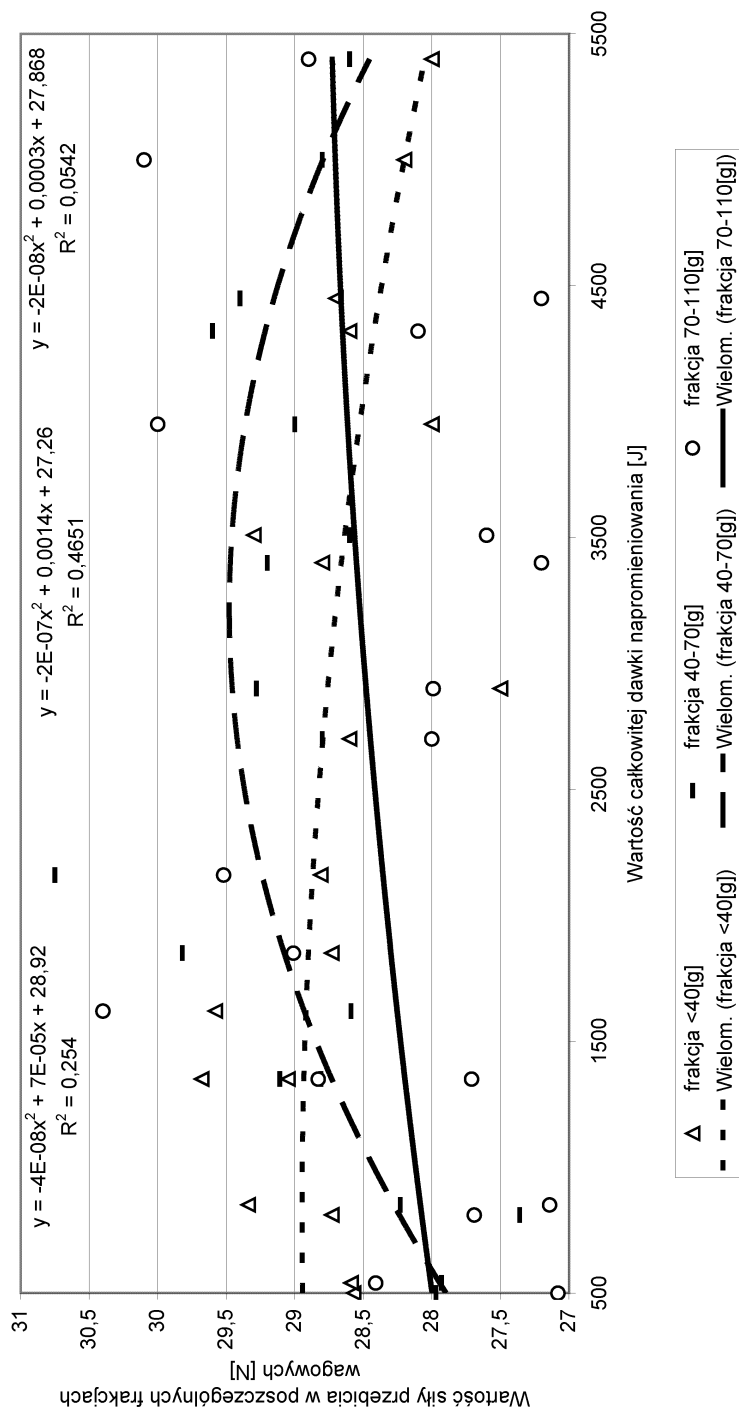
Tabela 2. Wpływ dawki napromieniowania na wartość siły przebicia skórki bulwy ziemniaka odmiany Gracja
 Table 2. Influence of irradiation dose on the value of skin breaking force for potato bulb variation Gracja

Nr pomiaru	Moc [W]	Czas ekspozycji [s]	Dawka [J]	Masa bulwy [g]			Jednostkowa dawka napromieniowania [J/g]			Siła przebicia [N]		
				frakcja <40 [g]	frakcja 40-70 [g]	frakcja 70-110 [g]	frakcja <40 [g]	frakcja 40-70 [g]	frakcja 70-110 [g]	frakcja <40 [g]	frakcja 40-70 [g]	frakcja 70-110 [g]
1	100	5	500	32	51	80	15,6	9,8	6,3	28,57	27,97	27,08
2	270	2	540	36	52	79	15,0	10,4	6,8	28,59	27,93	28,41
3	270	3	810	30	61	81	27,0	13,3	10,0	28,73	27,36	27,69
4	170	5	850	34	50	84	25,0	17,0	10,1	29,34	28,23	27,14
5	270	5	1350	29	66	88	46,6	20,5	15,3	29,68	29,11	27,71
6	270	5	1350	31	52	79	43,5	26,0	17,1	29,05	28,81	28,83
7	270	6	1620	34	54	80	47,6	30,0	20,3	29,58	28,59	30,4
8	370	5	1850	33	54	78	56,1	34,3	23,7	28,73	29,82	29,01
9	270	8	2160	32	49	80	67,5	44,1	27,0	28,81	30,75	29,52
10	270	10	2700	32,2	52,2	85,8	83,4	51,8	31,9	28,6	28,8	28
11	580	5	2900	32	54	86	90,6	53,7	33,7	27,5	29,28	27,99
12	680	5	3400	31	55,6	87	106,3	62	39,6	28,8	29,2	27,2
13	270	13	3510	31	60,4	88,2	114,8	58,8	40,3	29,3	28,6	27,6
14	790	5	3950	32,2	56,4	80,8	128,4	70,9	48,9	28	29	30
15	270	16	4320	32,2	52,6	89,4	134,2	82,2	48	28,6	29,6	28,1
16	890	5	4450	31	60,4	89,6	154,9	74,6	50,4	28,7	29,4	27,2
17	1000	5	5000	29,2	58,4	90,8	158,6	87,4	56,1	28,2	28,8	30,1
18	270	20	5400	31	60,4	81,4	176,5	90,5	66,4	28	28,6	28,9
próba kontrolna	0	0	0	32,3	55,05	85,1	0	0	0	28,2	29,11	28,17



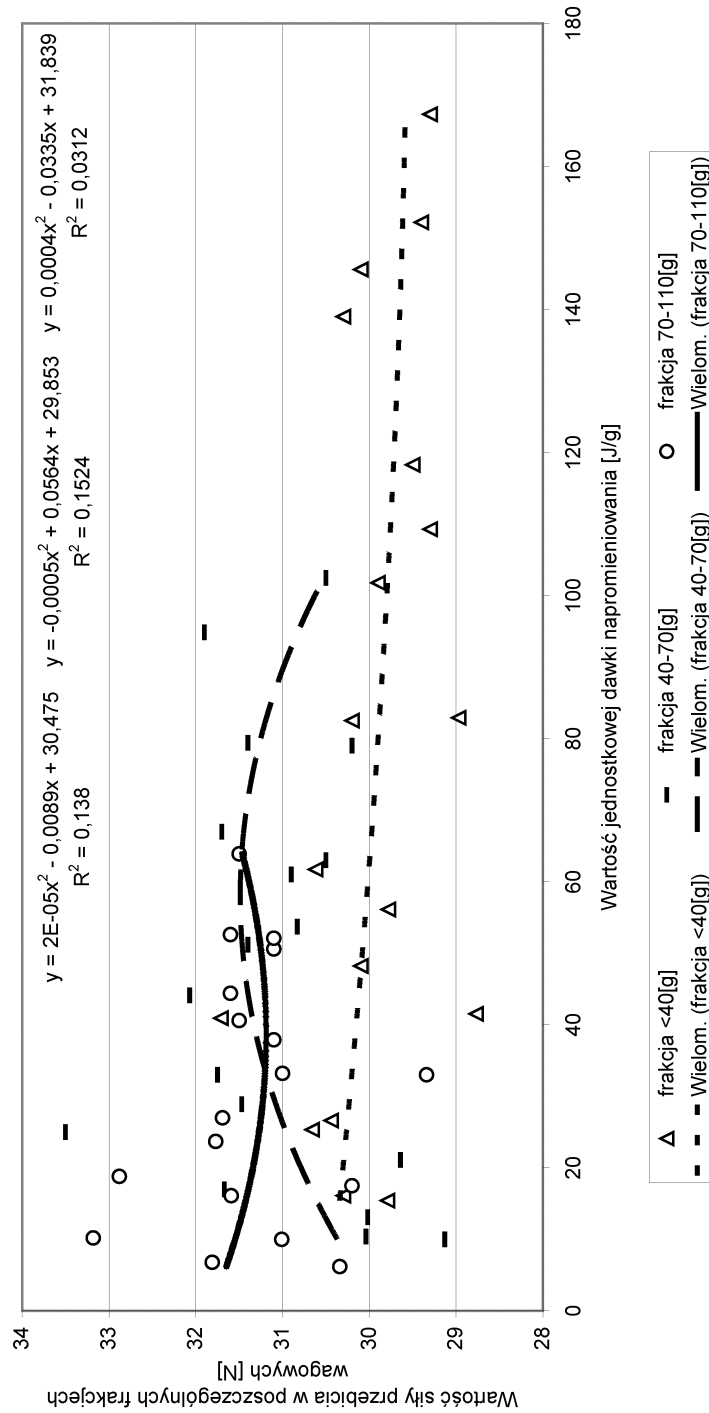
Rys. 1. Zależność pomiędzy całkowitą dawką napromieniowania a siłą przebiccia skórki bulwy ziemniaka odmiany Ibis w poszczególnych frakcjach wagowych

Fig. 1. Relation between the total irradiation dose and the skin breaking force for potato bulb variation Ibis in particular weight fractions



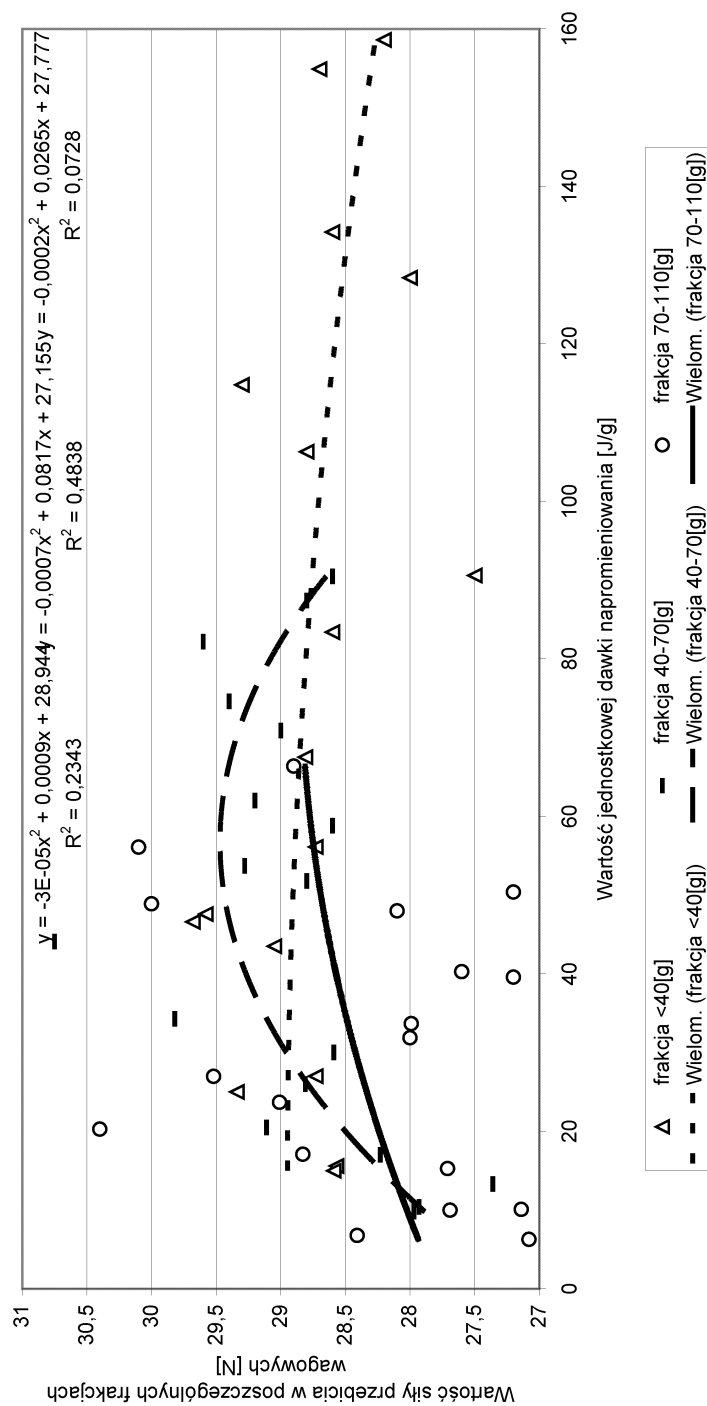
Rys. 2. Zależność pomiędzy całkowitą dawką napromieniowania a siłą przebiecia skórki bulwy ziemniaka odmiany Gracja w poszczególnych frakcjach wagowych

Fig. 2. Relation between the total irradiation dose and the skin breaking force for potato bulb variation Gracja in particular weight fractions



Rys. 3. Zależność pomiędzy jednostkową dawką napromieniowania a siłą przebiecia skórki bulwy ziemniaka odmiany Ibis w poszczególnych frakcjach wagowych

Fig. 3. Relation between the unit irradiation dose and the skin breaking force for potato bulb variation Ibis in particular weight fractions



Rys. 4. Zależność pomiędzy jednostkową dawką napromieniowania a siłą przebicia skórki bulwy ziemniaka odmiany Gracja w poszczególnych frakcjach wagowych

Fig. 4. Relation between the unit irradiation dose and the skin breaking force for potato bulb variation Gracja in particular weight fractions

Weryfikując postawione pytanie należy stwierdzić, że przy przyjętych czasach ekspozycji i dawkach napromieniowania mikrofalowego można uzyskać pozytywny efekt stymulacji procesów fizjologicznych zachodzących w bulwie objawiających się zwiększeniem plonowania bez ingerencji w strukturę bulwy a głównie w jej warstwy zewnętrzne.

Wnioski

1. Przy przyjętych czasach ekspozycji i dawkach promieniowania mikrofalowego nie stwierdzono istotnej zależności pomiędzy dawką promieniowania mikrofalowego a wytrzymałością bulwy ziemniaka na obciążenia statyczne mierzone siłą przebicia skórki bulwy ziemniaka na granicy wytrzymałości biologicznej.
2. Dla części przypadków uzyskano korelację (współczynnik korelacji w granicach $-0,5$ a $0,4$) pomiędzy całkowitą dawką napromieniowania a siłą przebicia skórki oraz jednostkową dawką napromieniowania a siłą przebicia skórki.
3. Dla wielomianowej zależności drugiego stopnia pomiędzy całkowitą dawką napromieniowania a siłą przebicia skórki oraz jednostkową dawką napromieniowania a siłą przebicia skórki uzyskano współczynnik determinacji w granicach $0,03$ a $0,5$.

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 t. C-75-1*, s. 109-124, Warszawa.

Olchowik G., Dziamba Sz. 1994. Wpływ promieniowania mikrofalowego na elementy struktury plonu gryki. *Mat. Konf. nt.: "Uszlachetnianie Materiałów Nasiennych"*. Olsztyn – Kortowo, czerwiec, 283-287.

Olchowik G., Dziamba Sz., Gawda H., Grigoriew A.D., Miejew W.A., Podroźnaja L.W., 1996. Sposób zwiększania zdolności kiełkowania nasion ogórków. *Urząd Patentowy RP*, 29.03., WUP 03/96.

Pichko 2000. Biostymulacja nasion [www.ceres.bip.ru].

Sobol Z. 2003. Wpływ wybranych czynników na niektóre właściwości mechaniczne bulw ziemniaka. *Acta Agrophysica* 83, s. 163-176. Lublin.

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, 8-10 września 2003 Lublin.

INFLUENCE OF MICROWAVE RADIATION ON STATIC RESISTANCE OF POTATO BULBS

Summary

The purpose of the studies was to find the relation between a microwave radiation dose and resistance of potato bulb to static load measured by a force of punching potato bulb skin at the biological resistance limit. The tests were performed using two potato variations: Gracja and Ibis. Potato bulbs were divided into three weight fractions: less than 40 g, from 40 to 70 g and from 70 to 110 g. Each fraction was represented by 5 bulbs put to microwave stimulation and 10 bulbs served as control sample not put to microwave field activity. In the first part of the experiment a single bulb was placed in the electromagnetic field with a frequency of 2,45 GHz for 5 sec. Radiation power was changed from 100 to 1000 W. In the second part of the experiment microwave radiation duration was changed from 2 to 20 sec with the same frequency and radiation power of 270 W was kept unchanged. Then bulbs were put to microwave stimulation and bulb control samples were loaded with a static-spring penetrometer. Results of the experiment were to answer the question – does the microwave radiation within the adopted exposure and dose limits, having a stimulating influence on the physiological processes of the bulb act on its internal structure by changing resistance to mechanical damages? The statistical analysis did not show any significant differences between the control sample and the samples exposed to microwave radiation within the exposure time and radiation dose limits adopted for tests. No influence of microwave radiation on potato bulb resistance to static load was shown.

Key words: Potato, microwave, rotation, static resistance