

WPŁYW POLA MIKROFALOWEGO NA DYNAMIKĘ ZMIAN MASY I TEMPERATURY BULWY ZIEMNIAKA

Tomasz Jakubowski

Katedra Techniki Rolno-Spożywczej, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Streszczenie. Celem pracy było określenie wpływu pola mikrofalowego na dynamikę zmian masy i temperatury bulwy ziemniaka w zależności od wielkości jednostkowej dawki promieniowania. W doświadczeniu wykorzystano trzy bardzo wczesne odmiany ziemniaka Felka Bona, Rosara i Velox. Bulwy poddano działaniu promieniowania mikrofalowego o częstotliwości 2,45 GHz, mocy 100 W i czasach ekspozycji 10-240 s co odpowiadało 12,8-705,9 J·g⁻¹ dawek jednostkowych. W przyjętych dawkach i czasach ekspozycji nie wykazano różnic odmianowych pomiędzy badanymi bulwami ziemniaków w zakresie zmian masy i temperatury, po ich ekspozycji w polu mikrofalowym. Większy spadek masy po stymulacji obserwowano w bulwach o niższej masie początkowej (przed stymulacją) oraz w bulwach, które po napromieniowaniu wykazywały większy przyrost temperatury wnętrza. Pomędzy wszystkimi badanymi czynnikami uzyskano współczynniki korelacji w granicach 0,81-0,94.

Słowa kluczowe: bulwa ziemniaka, promieniowanie mikrofalowe, temperatura, masa

Wstęp i uzasadnienie podjęcia tematu pracy

Wymogi unijne sprawiają, że obecne rolnictwo nastawione musi być nie tylko na produkcję ilościową, ale również i na wytwarzanie produktów o odpowiednich cechach jakościowych. Do tradycyjnych zabiegów agrotechnicznych w zakresie ochrony roślin zostają włączane fizyczne sposoby modyfikacji ich cech indywidualnych. Spośród fizycznych metod stymulujących materiał nasienny często stosowane są oddziaływania pól elektrycznego, magnetycznego i mikrofalowego [Andreoli i in. 1999; Bovelli i in. 2000]. Pietrzyk [2006] zaleca, aby w badaniach nad wpływem promieniowania mikrofalowego na materiał biologiczny uwzględniać, oprócz częstotliwości promieniowania mikrofalowego, również właściwości fizyczne materiału takie jak: względna przenikalność elektryczna, współczynnik stratności, temperatura i wilgotność.

Działanie pola elektromagnetycznego na sadzeniaki ziemniaka pobudza fizjologiczne procesy bulwy i ma stymulujące działanie dla układów adaptacyjnych organizmów [Marks i in. 2005b]. Ze względu na to, że promieniowanie mikrofalowe powoduje rotację molekuł w zmiennym polu elektromagnetycznym, efekt oddziaływania pola mikrofalowego (w przeciwieństwie do pozostałych wymienionych metod) zaliczany jest do tak zwanych metod termicznych. Ponieważ bulwa ziemniaka jest materiałem biologicznym wysoko uwodnionym, wskazanym jest aby stymulacja mikrofalowa (powodująca wzrost temperatury) materiału sadzeniakowego przebiegała bez naruszania trwałości wiązań chemicznych

w nim istniejących. Określenie dynamiki zmian masy i temperatury bulwy ziemniaka, w efekcie oddziaływania promieniowania mikrofalowego, pozwoli na określenie strat jej masy w wyniku parowania oraz na poznanie wartości i rozkładu temperatur występujących wewnątrz materiału roślinnego. Uzyskane wyniki mogą być przydatne w trakcie opracowywania technologii związanych z fizycznymi metodami uzdatniania materiału sadzeniakowego.

Cel i uzasadnienie tematu pracy

Celem pracy było określenie wpływ pola mikrofalowego na dynamikę zmian masy i temperatury bulwy ziemniaka w zależności od wielkości jednostkowej dawki promieniowania.

Badania Marksa i in. [2005a] oraz Jakubowskiego [2006] nad wpływem promieniowania mikrofalowego na bulwy ziemniaka wskazują na pewne przedziały wartości jednostkowego promieniowania mikrofalowego w zakresie których zauważa się stymulujące oddziaływanie pola elektromagnetycznego na rozwój, plonowanie i procesy przechowalnicze roślin z gatunku *Solanum tuberosum*. Według wyników badań Jakubowskiego [2006, 2007] poddanie materiału sadzeniakowego działaniu pola elektromagnetycznego o częstotliwości 2,45 GHz w zakresie 8,1-18,5 J·g⁻¹ jednostkowych dawek promieniowania powoduje przyspieszenie i zwiększenie równomierności wschodów oraz wyżkę plonu bulw ziemniaka odmiany Felka Bona. Doświadczenia dotyczące dynamiki kiełkowania tej samej odmiany ziemniaka, po uprzednim poddaniu sadzeniaków działaniu pola elektromagnetycznego w zakresie 72,8-200 J·g⁻¹, wskazują, że zabieg ten powoduje przyspieszenie kiełkowania i zwiększa masę kiełków. Marks i współautorzy [2005b] przeprowadzili badania związane z wpływem pola elektromagnetycznego na rozwój chorób przechowalniczych oraz powstawanie uszkodzeń mechanicznych bulw ziemniaka. Wyniki tych badań wskazują, że promieniowanie mikrofalowe w zakresie 10-20 J·g⁻¹ jednostkowych dawek powoduje obniżenie strat przechowalniczych wynikających z rozwoju chorób typu ryzoktonioza oraz parch zwykły. Nie stwierdzono natomiast istotnego wpływu pola elektromagnetycznego (w przyjętych dawkach i czasach ekspozycji) na powstawanie mechanicznych uszkodzeń bulw ziemniaka [Marks i in. 2007ab]. Reasumując, stwierdzić można, że oddziaływanie promieniowania mikrofalowego w zakresie 8,1-200 J·g⁻¹ jednostkowych dawek działa stymulująco na procesy wzrostu, rozwoju, plonowania i przechowywania roślin ziemniaka badanych odmian.

W roku 2006 przeprowadzono badania wstępne dotyczące określenia dynamiki zmian masy i temperatury bulwy ziemniaka po poddaniu jej działaniu pola mikrofalowego. W badaniach tych wykorzystano bardzo wczesną odmianę ziemniaka Felka Bona, w roku 2007 rozszerzono doświadczenie o kolejne odmiany.

Zakres pracy i metoda badawcza

W doświadczeniu przyjęto trzy bardzo wczesne odmiany ziemniaka Felka Bona, Rosara i Velox. Bulwy pobrano losowo a liczebność próby wynosiła 210 sztuk. Każdej kombinacji i próbom kontrolnym przyporządkowano po 10 sztuk bulw, które (po określeniu ich masy) poddano działaniu promieniowania mikrofalowego o częstotliwości 2,45 GHz, mocy

100 W i czasach ekspozycji 10, 20, 40, 60, 120 i 240 s co odpowiadało 12,8-705,9 J·g⁻¹ jednostkowych dawek. W próbach kontrolnych określono temperaturę początkową (przed stymulacją) badanego materiału. Następnie materiał doświadczalny poddano działaniu promieniowania mikrofalowego i bezpośrednio po zakończeniu ekspozycji i wyjęciu bulw z komory urządzenia generującego mikrofałe określono masę i temperaturę bulw. Pomiaru temperatury bulwy dokonano w trzech powtórzeniach (w okolicach części: wierzchołkowej, środkowej i przystolonowej bulwy) na trzech głębokościach: 5, 10 i 15 mm w głąb bulwy. Do określenia temperatury użyto elektronicznego termometru kontaktowego o dokładności pomiaru 0,1°C, a do określenia masy bulwy wagi laboratoryjnej o dokładności 0,1 g. Przyrost temperatury obliczono jako różnicę pomiędzy temperaturą początkową (przed ekspozycją) bulwy i temperaturą po jej ekspozycji. Ubytek masy obliczono jako różnicę pomiędzy masą początkową (przed ekspozycją) bulwy a jej masą po jej ekspozycji.

Przyjęto następujące założenie badawcze; działanie pola mikrofalowego na bulwę ziemniaka spowoduje zmianę jej masy i temperatury przy czym wielkość zmiany temperatury zależna będzie od początkowej masy bulwy (przed stymulacją), a wielkość zmiany masy bulwy zależna będzie od jej temperatury końcowej (po stymulacji).

Otrzymane wyniki poddano analizie statystycznej; obliczono współczynniki korelacji i determinacji oraz wykonano analizę wariancji.

Wyniki i ich omówienie

Analiza wariancji przeprowadzona na poziomie istotności $\alpha=0,05$ nie wykazała różnic pomiędzy badanymi odmianami w zakresie określanych czynników co zdecydowało o całościowej analizie uzyskanych wyników. Pomędzy wszystkimi badanymi czynnikami uzyskano współczynniki korelacji w granicach 0,81-0,94 istotne na poziomie $\alpha=0,05$. Wykorzystując wielomian pierwszego stopnia jako funkcję opisującą zależność pomiędzy badanymi czynnikami obliczono współczynniki determinacji które zawierały się w granicach 0,65-0,92 (tab. 1).

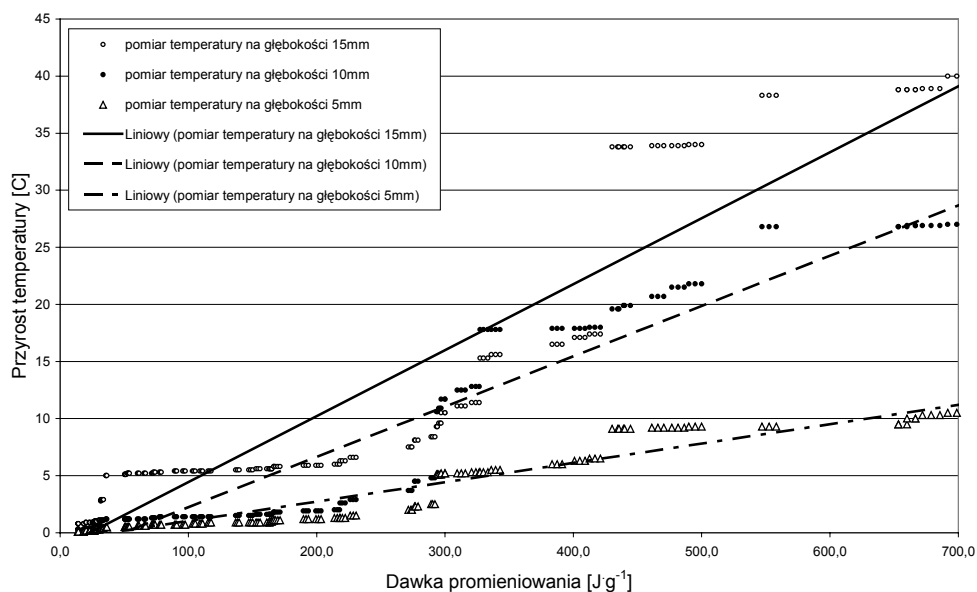
Spodziewanym efektem był niemal wprost proporcjonalny wzrost temperatury badanego materiału biologicznego towarzyszący wzrostowi wartości jednostkowej dawki promieniowania (rys. 1). Na podstawie uzyskanych wyników nie można jednak potwierdzić, że wewnątrz bulwy nagrzewa się równomiernie. Przypuszczalnie zjawisko to spowodowane jest nierównomiernym rozmieszczeniem wody wolnej i składników suchej substancji w badanym materiale biologicznym. Zaobserwowano również zjawisko ogrzewania się bulwy ziemniaka od jej środka w kierunku na zewnątrz. Wytlumaczeniem tego zjawiska może być fakt, że rdzeń wewnętrzny stanowi część bulwy silnie uwodnioną.

Wzrost wartości jednostkowej dawki promieniowania powodował zmniejszenie się masy bulwy ziemniaka o około 2-5% w stosunku do jej masy początkowej (przed stymulacją). Efekt ten można wytłumaczyć skutkiem działania wyższej temperatury w trakcie napromieniowywania materiału i parowaniem wody z bulwy ziemniaka. W trakcie działania na badany materiał polem mikrofalowym w zakresie 13,9-111,1 J·g⁻¹ jednostkowych dawek promieniowania nie odnotowano zmian masy bulwy. Widoczne zmiany masy obserwowano w zakresie 117,6-705,9 J·g⁻¹ jednostkowych dawek promieniowania. Większy spadek masy po stymulacji obserwowano w bulwach o niższej masie początkowej (przed stymulacją) oraz w bulwach, które po napromieniowaniu wykazywały większy przyrost temperatury wnętrza (rys. 2 i 3).

Tabela 1. Statystyczne zależności pomiędzy badanymi parametrami
Table 1. Statistical dependences between examined parameters

Rodzaj zależności	Głębokość pomiaru [mm]	Współczynnik korelacji (istotny na poziomie $\alpha=0,05$)	Równanie regresji i współczynnik determinacji
Dawka promieniowania – przyrost temperatury	5	0,94	$y = 0,0578x - 1,3361$ $R^2 = 0,88$
	10	0,90	$y = 0,0441x - 2,1814$ $R^2 = 0,90$
	15	0,94	$y = 0,0169x - 0,6597$ $R^2 = 0,92$
Przyrost temperatury – zmiana masy	5	0,86	$y = 6,233x + 1,0958$ $R^2 = 0,65$
	10	0,84	$y = 4,9685x - 0,6322$ $R^2 = 0,73$
	15	0,81	$y = 1,9378x - 0,1025$ $R^2 = 0,76$
Dawka promieniowania – zmiana masy	–	0,94	$y = 0,0074x - 0,0325$ $R^2 = 0,88$

Źródło: obliczenia własne autora

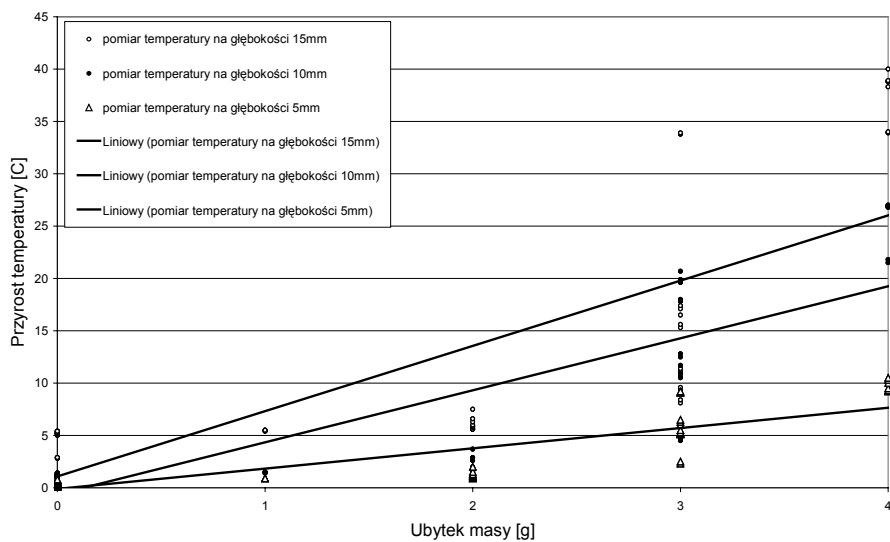


Źródło: obliczenia własne autora

Rys. 1. Przyrost temperatury [$^{\circ}C$] bulwy ziemniaka w zależności od zastosowanej jednostkowej dawki promieniowania mikrofalowego [$J \cdot g^{-1}$]

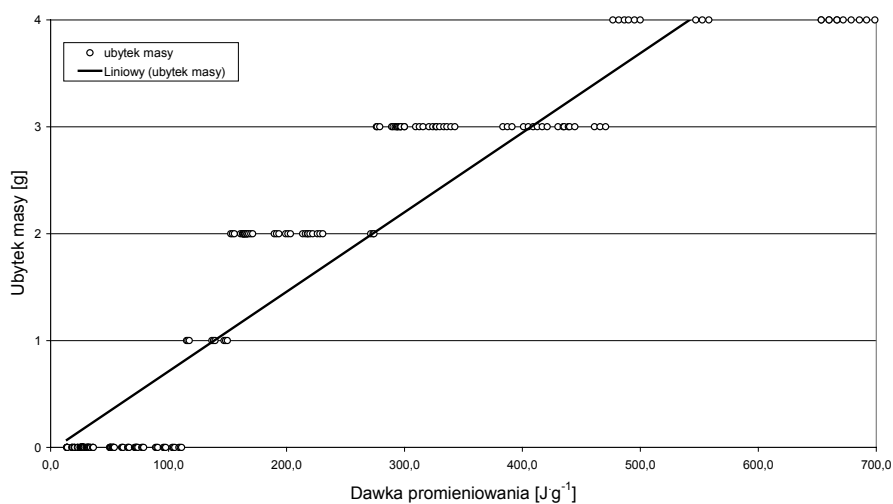
Fig. 1. Potato bulb temperature increase [$^{\circ}C$] depending on applied microwave radiation unit dose [$J \cdot g^{-1}$]

Wpływ pola mikrofalowego...



Źródło: obliczenia własne autora

Rys. 2. Zależność pomiędzy przyrostem temperatury [°C] bulwy ziemniaka a ubytkiem jej masy [g]
 Fig. 2. Dependence between potato tuber temperature increase [C°] and its mass loss [g]



Źródło: obliczenia własne autora

Rys. 3. Ubytek masy [g] bulwy ziemniaka w zależności od zastosowanej jednostkowej dawki promieniowania mikrofalowego [J·g⁻¹]
 Fig. 3. Potato tuber mass loss [g] depending on applied microwave radiation unit dose [J·g⁻¹]

Zależność pomiędzy przyrostem temperatury bulwy a ubytkiem jej masy w wyniku mikrofalowego ogrzewania można scharakteryzować jako proporcjonalną - współczynniki korelacji liniowej charakteryzujące powyższe zależności wahają się pomiędzy 0,81-0,86 a opisujące je funkcje wielomianowe drugiego stopnia osiągają współczynniki determinacji w zakresie 0,82-0,88.

Mając na uwadze powyższe, stwierdzić można, że przyjęte założenie badawcze jest słuszne jedynie dla zakresu 117,6-705,9 J·g⁻¹ jednostkowych dawek promieniowania mikrofalowego.

Wnioski

1. Stwierdzono istotne zależności pomiędzy działaniem promieniowania mikrofalowego a zmianami masy i temperatury bulw ziemniaka odmian Felka Bona, Rosara i Velox.
2. W przyjętych dawkach i czasach ekspozycji nie wykazano różnic odmianowych pomiędzy bulwami ziemniaków w zakresie zmian masy i temperatury, po poddaniu ich działaniu pola mikrofalowego.
3. Wzrost wartości jednostkowej dawki promieniowania w zakresie 117,6-705,9 J·g⁻¹ powodował zmniejszenie się masy bulwy ziemniaka o około 2-5% w stosunku do jej masy początkowej (przed stymulacją).
4. Większy spadek masy po stymulacji obserwowano w bulwach o niższej masie początkowej (przed stymulacją) oraz w bulwach, które po napromieniowaniu wykazywały większy przyrost temperatury wnętrza.
5. Pomiedzy wszystkimi badanymi czynnikami uzyskano współczynniki korelacji w granicach 0,81-0,94.

Bibliografia

- Andreoli C., Khan A.** 1999. Metriconditioning integrated with gibberellic acid to hasten seed germination and improve stand establishment and pepper and tomato. *Pesq. Agropec. Bras.* 34. s. 1953-1958.
- Bovelli R., Bennici A.** 2000. Stimulation of germination callus growth and shoot regeneration of *Nicotiana tabacum* L. By Pulsing Electromagnetic Fields (PEMF). *Hort.Sci.*, 14. s. 3-6.
- Jakubowski T.** 2006. Wpływ mikrofalowej stymulacji sadzoniaków ziemniaka na wzrost i rozwój roślin potomnych. Materiały konferencyjne "IV Warsztaty Akademickie w Naukach Rolniczych i Medycznych" Rejvíz (Czechy). s. 89.
- Jakubowski T.** 2007. Wpływ promieniowania mikrofalowego na dynamikę wzrostu kielków bulwy ziemniaka. Materiały konferencyjne IX Międzynarodowej Konferencji Naukowej pt. „Teoretyczne i aplikacyjne problemy inżynierii rolniczej” we Wrocławiu. s. 116-117.
- Marks N., Lipiec J., Jakubowski T.** 2005a. Ocena przydatności metod fizycznych do zwalczania przechowalniczych chorób bulw ziemniaka. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 7(67). Kraków. s. 169-175.
- Marks N., Jakubowski T.** 2005b. Wpływ promieniowania mikrofalowego na trwałość przechowalniczą bulw ziemniaka. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 6(81). Kraków. s. 57-64.
- Marks N., Jakubowski T.** 2007a. Wpływ promieniowania mikrofalowego wytrzymałość statyczną na bulw ziemniaka. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 13(88). Kraków. s. 365-274.

Marks N., Jakubowski T. 2007b. Określenie zależności pomiędzy odpornością bulwy ziemniaka na uszkodzenia mechaniczne a wielkością dawki promieniowania mikrofalowego. Materiały konferencyjne VI Międzynarodowej Konferencji Naukowej pt. "Problemy techniki rolniczej i leśnej". Warszawa. s. 81-82.

Pietrzyk W. 2006. Standaryzacja badań wpływu pól elektromagnetycznych na materiały pochodzenia biologicznego. Acta Agrophysica 8(4). Lublin. s. 915-921.

THE IMPACT OF MICROWAVE FIELD ON CHANGE DYNAMICS OF POTATO TUBER MASS AND TEMPERATURE

Abstract. The purpose of the work was to determine the impact of microwave field on change dynamics of potato tuber mass and temperature, depending on radiation dose unit value. Three very early potato varieties: Felka Bona, Rosara and Velox were used in the experiment. Potato tubers were exposed to microwave radiation at frequency 2.45 GHz, power 100 W, and exposition times 10-240 s, corresponding to 12.8-705.9 J·g⁻¹ of unit dose. There were no differences in mass and temperature changes between potato varieties after their exposure to microwave field under given doses and exposition times. Higher mass decrease after stimulation was observed in tubers with less initial mass (before stimulation) and in tubers which after irradiation showed higher inside temperature increase. Correlation coefficients between all examined factors reached 0.81-0.94.

Key words: potato tuber, microwave radiation, temperature, mass

Adres do korespondencji:

Tomasz Jakubowski; e-mail: tjakubowski@ar.krakow.pl
Katedra Techniki Rolno-Spożywczej
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
ul. Balicka 116B
30-149 Kraków