

KAZIMIERA ZGÓRSKA, ZBIGNIEW CZERKO, MAGDALENA GRUDZIŃSKA

**WPLYW EKSPOZYCJI ŚWIETLNEJ NA ZIELENIE
AKUMULACJĘ CHLOROFILU I GLIKOALKALOIDÓW
W BULWACH ZIEMNIAKA**

Streszczenie

W latach 2003 i 2004 przeprowadzono badania dotyczące wpływu ekspozycji świetlnej na głębokość zazielenienia, akumulację chlorofilu i glikoalkaloidów w bulwach 14 odmian ziemniaka jadalnego.

Stwierdzono, że wielkość akumulacji glikoalkaloidów w części podskórnej, jak i w części wewnętrznej bulw była determinowana genetycznie. Obieranie bulw powodowało zmniejszenie zawartości glikoalkaloidów od 50,5 do 69%, w zależności od odmiany. Jednak zawartość tych związków w bulwach obranych była wyższa w porównaniu z bulwami nieobranymi przechowywanymi w ciemności (próba kontrolna). Wykazano istotną zależność między zawartością glikoalkaloidów w części zazieleniałej bulwy i w obranych bulwach, a zawartością chlorofilu i głębokością zazielenienia.

Słowa kluczowe: głębokość zazielenienia, chlorofil, glikoalkaloidy, ziemniak

Wstęp

Zielenienie bulw jest wynikiem akumulacji chlorofilu pod wpływem światła, początkowo w skórce, a następnie w miąższu bulw. Zjawisko to jest spowodowane przekształceniem amyloplastów w chloroplasty i wytworzeniem aparatu fotosyntezy [1].

Zazieleniałe bulwy kojarzą się konsumentom z podwyższoną zawartością toksycznych dla zdrowia człowieka i zwierząt glikoalkaloidów, których akumulacja, podobnie jak chlorofilu, indukowana jest przez światło [4].

Istnieją różne opinie na temat związków między zawartością chlorofilu (zielenienia bulw) a zawartością glikoalkaloidów w bulwach ziemniaka. Opublikowano prace, w których stwierdzono zależność między zielenieniem bulw a akumulacją glikoalkaloidów w bulwach ziemniaka [3, 7]. Inni autorzy [10, 13] nie

Prof. dr hab. K. Zgórska, dr Z. Czerko, Zakład Przechowalnictwa i Przetwórstwa, Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Jadwisin, 05-140 Serock, mgr M. Grudzińska, Katedra Biochemii i Biotechnologii, Politechnika Koszalińska, ul. Raclawicka 15-17, 75-620 Koszalin

wykazali związków między syntezą chlorofilu i glikokaloidów. Prawdopodobnym powodem tak rozbieżnych wyników są różnice genetyczne odmian [5, 7].

Frydecka-Mazurczyk i Zgórska [9], w badaniach nad wpływem naświetlania bulw światłem fluorescencyjnym, wykazały intensywną akumulację glikokaloidów w bulwach wielu odmian ziemniaka, których zawartość przekraczała poziom 200 mg/kg świeżej masy, uznany przez Friedmana, Mac Donalda oraz Kerlana, Ellisseche jako toksyczny [8, 13].

Celem niniejszej pracy było określenie zależności między zielenieniem bulw ziemniaka a akumulacją chlorofilu i glikokaloidów.

Materiał i metody badań

Materiał badawczy stanowiły bulwy 14 odmian ziemniaków jadalnych o różnym terminie dojrzałości konsumpcyjnej:

- bardzo wczesne i wczesne: Aster, Bard, Denar, Innovator, Lord, Rosalind,
- średnio wczesne: Ditta, Satina, Tokaj, Wigry, Zebra, Żagiel,
- średnio późne: Salto, Wawrzyn.

Ziemniaki pochodziły z doświadczeń prowadzonych w 2003 i 2004 roku w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Jadwisinie koło Warszawy. Po zbiorach pobierano średnią próbę bulw (ok. 10 kg z każdej odmiany) z frakcji ziemniaków jadalnych, tzn. > 35 mm średnicy poprzecznej.

Bulwy badanych odmian przechowywano przez 3 miesiące w temp. 4°C przy wilgotności względnej powietrza ok. 90% (zalecane warunki przechowywania ziemniaków jadalnych). Po przechowywaniu pobierano 20 bulw z każdej odmiany ziemniaków, reprezentujących średnią próbę, i poddawano tygodniowej ekspozycji pod lampą fluorescencyjną, symulującą oświetlenie w supermarketach, o natężeniu 15 W (gęstość strumienia fotonów $13 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), a 20 bulw pozostawiano w ciemności (próba kontrolna). Po tym okresie bulwy dzielono wzdłuż osi wierzchołek – stolon. Oceniano głębokość zazielenienia, ścinając warstwy zielone nożykiem szczelinowym (szczelina 1,7 mm).

Głębokość zazielenienia określano w skali 0–5, gdzie:

- 0 – brak zazielenienia,
- 1 – zazielenienie pod skórą,
- 2 – zazielenienie do 1,7 mm,
- 3 – zazielenienie do 3,4 mm,
- 4 – zazielenienie do 5,1 mm,
- 5 – zazielenienie powyżej 5,1 mm.

Obierki (do głębokości zazielenienia), część bulwy niezazieleniałej oraz bulwy niepoddane działaniu światła utrwalano za pomocą liofilizatora firmy Labconco.

W liofilizatach oznaczano chlorofil całkowity (a+b) metodą podaną przez Lichtenthalera i Wellburna [14] oraz sumę glikoalkaloidów (TGA) metodą spektrofotometryczną Bergersa [2].

Istotność różnic odmianowych określano testem F Snedecora przy założeniu modelu stałego. Czynnikiem pierwszym były odmiany, a powtórzeniami lata badań. Zależność między badanymi parametrami określano na podstawie analizy regresji i korelacji oraz analizy wariancji.

Wyniki i dyskusja

Przedstawione w pracy wyniki są wartościami średnimi z dwóch lat badań, ponieważ nie udowodniono istotnego wpływu lat uprawy na badane cechy.

Tabela 1

Zazielenienie wewnętrzne, zawartość chlorofilu i glikoalkaloidów w bulwach ziemniaka poddanych ekspozycji świetlnej (wartości średnie z 2 lat badań).

Internal greening, chlorophyll and glycoalkaloid contents in potato tubers exposed to light (mean values of results obtained during the 2 year experiment).

Odmiana Cultivar	Zazielenienie wewnętrzne Internal greening	Zawartość [mg/100 g ś.m.] Content [mg/100 g f.w.]			
		Chlorofil Chlorophyll	Glikoalkaloidy / Glycoalkaloids		
			część zazieleniała greening part	obrane bulwy peeled tubers	próba kontrolna* control sample*
Aster	3	31,42	28,5	12,5	10,5
Bard	4	47,47	34,5	13,5	4,4
Denar	5	72,52	37,1	14,2	7,5
Innowator	2	19,45	20,4	10,1	8,6
Lord	4	50,43	36,1	13,5	4,8
Rosalind	3	39,91	30,4	13,0	5,8
Ditta	2	28,95	27,1	12,5	7,2
Satina	2	29,94	27,8	10,8	4,8
Tokaj	2	22,27	26,5	9,5	5,4
Wigry	2	28,02	27,4	9,6	3,8
Zebra	3	38,96	30,6	10,1	5,5
Żagiel	2	27,50	28,6	9,8	4,6
Salto	2	29,73	29,5	9,2	5,8
Wawrzyn	3	36,47	30,5	10,1	6,6
NIR przy P _{0,05}	1,0	2,8	2,1	1,9	1,2

* - bulwy całe przechowywane w ciemności / whole tubers stored in darkness

Wśród przebadanych odmian stwierdzono duże zróżnicowanie pod względem głębokości zazielenienia, akumulacji chlorofilu i glikoalkaloidów (tab. 1). Odmiany Denar, Bard i Lord cechowały się intensywnym zienieniem wewnętrznym (stopnie 4.

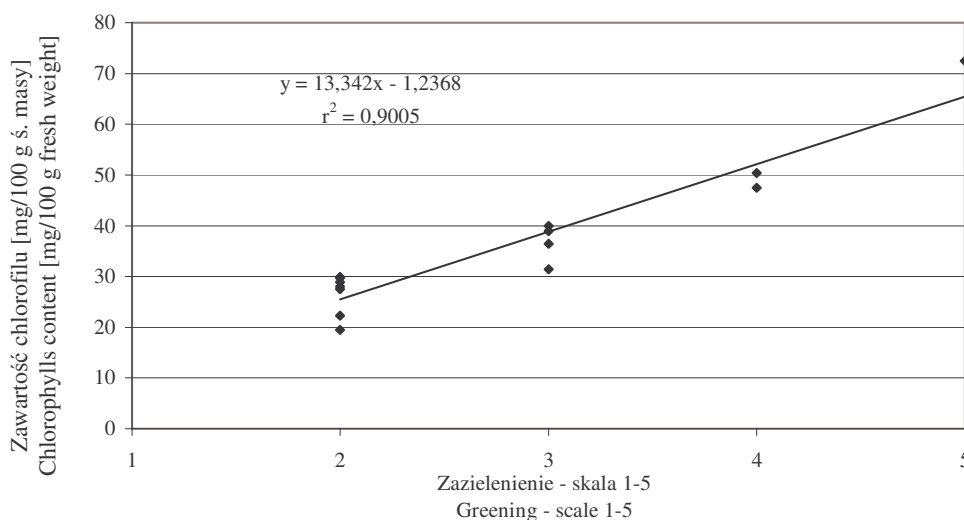
i 5. skali); Aster, Rosalind, Zebra i Wawrzyn uzyskały stopień 3. Bulwy pozostałych odmian zieleniały do głębokości 1,7 mm (stopień 2). Podobne zróżnicowanie odmian wykazała Jakuczun [12]. Bulwy odmian o silnym zielenieniu wewnętrznym cechowały się również intensywniejszą syntezą chlorofilu.

Zawartość glikoalkaloidów w warstwie zazieleniałej bulwy przekraczała dopuszczalny poziom tych związków w odmianach jadalnych (powyżej 20 mg/100 g ś.m.), przy czym wystąpiły różnice odmianowe od 20,4 mg/100 g ś.m. (odmiana Innovator) do 37,1 mg/kg ś.m. (odmiana Denar), co potwierdziło wpływ genotypu na poziom tych związków [5, 10].

Podobnie zróżnicowana była zawartość glikoalkaloidów w bulwach pozbawionych części zazieleniałej (obrane). W bulwach ziemniaków odmian: Salto, Satina, Wawrzyn, Zebra, Wigry i Tokaj proces obierania powodował zmniejszenie zawartości glikoalkaloidów o 61 do 69%, a w pozostałych odmianach od 50,5 do 56,2%. Otrzymane wartości były zbliżone do podawanych przez Cieślík [3].

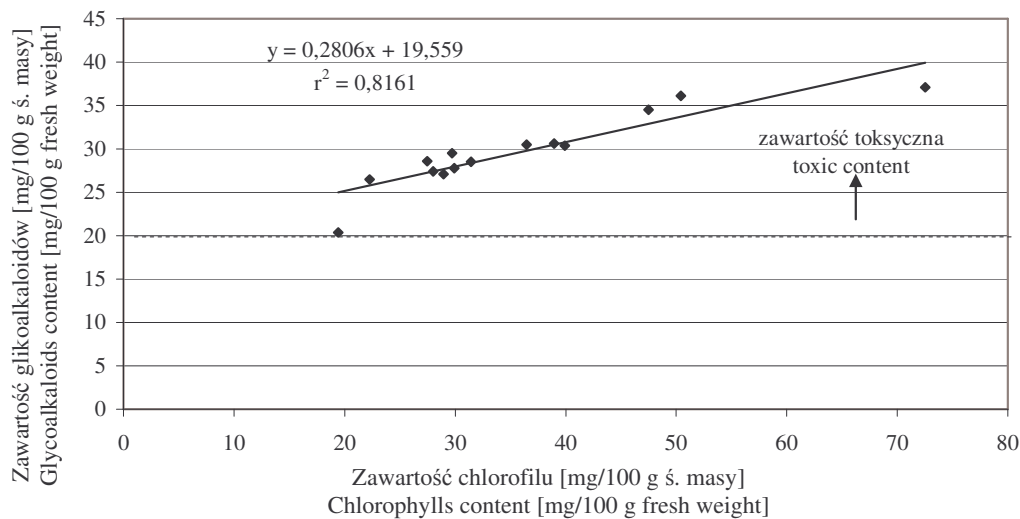
Zawartość glikoalkaloidów w bulwach poddanych działaniu światła, a następnie pozbawionych części zazieleniałej była wyższa w porównaniu z próbą kontrolną tzn. z ich zawartością w bulwach całych, przechowywanych bez dostępu światła.

Przeprowadzona analiza korelacji wykazała istotne zależności między: głębokością zielenienia a poziomem chlorofilu ($r = 0,95$) – rys. 1., zawartością chlorofilu a zawartością glikoalkaloidów w części zazieleniałej ($r = 0,90$) – rys. 2; zawartością chlorofilu a zawartością glikoalkaloidów w bulwach obranych ($r = 0,784$) – rys. 3.



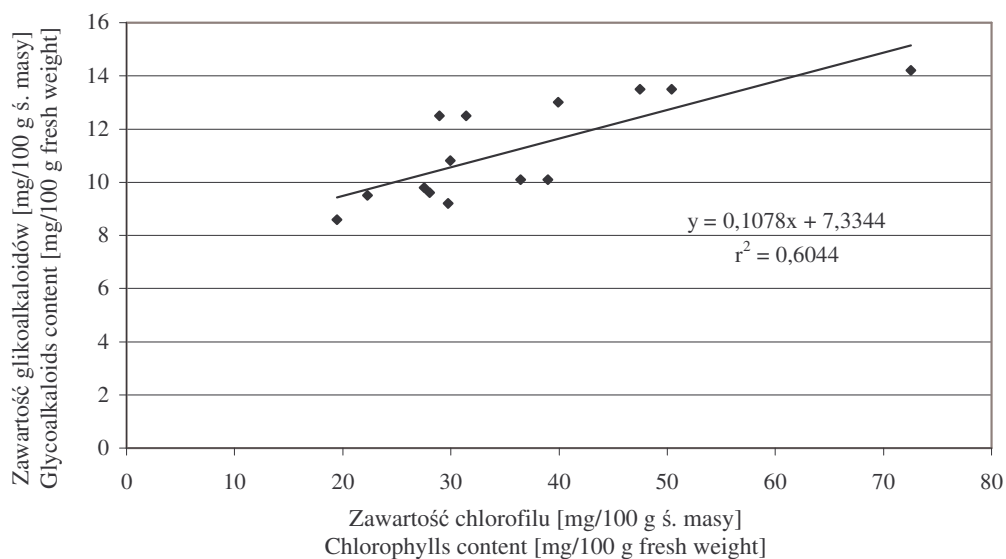
Rys. 1. Zależność między zawartością chlorofilu a głębokością zazielenienia bulw.

Fig. 1. The correlation between the chlorophyll content and the greening depth of tubers.



Rys. 2. Zależność między zawartością chlorofilu a zawartością glikoalkaloidów w części zazieleniałej bulw ziemniaka.

Fig. 2. The correlation between the contents of chlorophyll and glycoalkaloid in the greening parts of potato tubers.



Rys. 3. Zależność między zawartością chlorofilu a zawartością glikoalkaloidów w bulwach pozbawionych części zazieleniałej.

Fig. 3. The correlation between the contents of chlorophyll and glycoalkaloids in the peeled tubers.

Nie stwierdzono istotnych zależności między zawartością glikoalkaloidów w bulwach przechowywanych w ciemności (próba kontrolna) a akumulacją chlorofilu i glikoalkaloidów w bulwach poddanych działaniu światła.

Analiza regresji badanych cech wskazała na genetyczny związek między zawartością glikoalkaloidów i chlorofilu. Podobne zależności uzyskali inni autorzy [7, 11], badając wzrost zawartości glikoalkaloidów i chlorofilu pod wpływem światła.

Na podstawie wyników badań dowiedziono, że usuwanie zazieleniałej części bulw (przez dogłębne obieranie) spowodowało zmniejszenie zawartości glikoalkaloidów do poziomu bezpiecznego (poniżej 20 mg/kg ś.m.), jednak wśród przebadanych 14 odmian tylko w bulwach 4 odmian (Tokaj, Wigry, Salto i Żagiel) uzyskano ustalony optymalny poziom glikoalkaloidów w ziemniak jadalnych - poniżej 10 mg/100 g ś.m., gdyż wyższy poziom może wpływać na pogorszenie smaku.

Ograniczenie akumulacji glikoalkaloidów w bulwach ziemniaka można uzyskać przez ochronę bulw przed oddziaływaniem światła w czasie ich wegetacji, przechowywania i dystrybucji.

Wnioski

1. Akumulacja glikoalkaloidów w bulwach ziemniaka zależy od głębokości zazielenienia i zawartości chlorofilu.
2. Zawartość glikoalkaloidów zwiększa się w bulwach poddanych działaniu światła:
 - w warstwie zazieleniałej powyżej wartości uznanej za niebezpieczną dla zdrowia,
 - w obranych bulwach 10 odmian powyżej wartości 10 mg/100 g świeżej masy, co może powodować pogorszenie smaku ziemniaka jadalnego.

Literatura

- [1] Anstis P.J.P., Northcote D. H.: Development of chloroplast from amyloplast in potato tuber discs. *New Phytol.*, 1973, **72**, 449-463.
- [2] Bergers W.: A rapid quantitative assay for solanine glycoalkaloids in potatoes and industrial potato protein 1980. *Potato Res.* **23**, 105-110.
- [3] Cieślak E.: Wpływ procesów kulinarnych na zawartość glikoalkaloidów w bulwach ziemniaka. *Zesz. Nauk. AR Kraków* 1998, **10**, 15-22.
- [4] Dale M.F.B., Griffiths D.W., Bain H.: Glycoalkaloids in potatoes – shedding light on an important problem. *Aspect Appl Biol.* 1992, **33**, 221-227.
- [5] Dale M.F.B., Griffiths D.W., Bain H.: Todd. Glycoalkaloid increase in *Solanum tuberosum* exposure to light. *Annals of Appl. Biol.* 1993, **123**, 411-418.
- [6] De Maine M.J., Bain H., Joyce J.L.: Changes in the total tuber glycoalkaloid content of potato cultivars on exposure to light. *J. Scie. Food Agric.*, 1988, **111**, 57-58.
- [7] Edwards E.J., Cobb A.H.: The effect of prior storage on the potential of potato tubers (*Solanum tuberosum* L.) to accumulate glycoalkaloids and chlorophylls during light exposure, including artificial (neural network modelling). *J. Scie. Food Agric.*, 1999, **79**, 1289-1297.
- [8] Friedman M., Mc Donald G.M.: Potato Glycoalkaloids: Chemistry, analysis, safety, and plant physiology. *Crit. Rev. Plant Sci.* 1997, **16** (1), 55-132.

- [9] Frydecka-Mazurczyk A., Zgórska K.: Wpływ genotypu na akumulację glikoalkaloidów w bulwach ziemniaka wywołaną działaniem uszkodzeń mechanicznych i światła. Roczn. PZH 2001, **52**, **2**, 139-144.
- [10] Griffiths D.W., Dale M.F.B., Bain H.: The effect of cultivar, maturity and storage on photo – induced changes in the total glycoalkaloid and chlorophyll contents of potatoes (*Solanum tuberosum*). Plant Sci., 1994, **98**, 103-109.
- [11] Hendry G.A.F., Price A.H.: Stress indicators: chlorophylls and carotenoids. In: Methods of comparative Study, ed. Hendry G.A.F., Grimm J. P. Chapman and Hall London U.K. 1993, pp.148-152.
- [12] Jakuczun H.: Genetyczne uwarunkowania zawartości glukozy w bulwach i zielenienia bulw w ekspozycji świetlnej w diploidalnej międzygatunkowych mieszańców ziemniaka. Praca doktorska, Radzików 2002.
- [13] Kerlan M.C., Ellisseche D.: Tuber quality. Objectives in Breeding and Breeding Research. Plant Breeding and Seed Sci., 2000, **2**, 21-36.
- [14] Lichtenthaler H.K., Wellburn A.R.: Determination of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. Biochem. Soc. Trans., 1983, **11**, 591-593.

THE EFFECT OF LIGHT EXPOSURE ON GREENING AND ACCUMULATION OF CHLOROPHYLL & GLYCOALKALOIDS IN POTATO TUBERS

S u m m a r y

In 2003 and 2004, an experiment was carried out for the purpose of investigating the effect of light exposure on the depth of greening and accumulation of chlorophyll & glycolalkaloids in tubers of 14 edible potato varieties.

It was noted that the rate of glycoalkaloids accumulation in both the subepidermal and internal parts of potato tubers was genetically predetermined. When potato tubers were peeled, the content of glycoalkaloids decreased from 50.5 do 69% depending on the potato cultivar. However, their content in peeled tubers was higher than in non-peeled tubers stored in darkness (control sample of potatoes). It was evidenced that there was a significant correlation between the content of glycoalkaloids in the greening part of a potato tuber and in the peeled tubers, and the content of chlorophyll and the depth of greening.

Key words: greening depth, chlorophyll, glycoalkaloids, potato ☒