

ZAWARTOŚĆ TŁUSZCZU ORAZ TOKOFEROLI W NASIONACH
KRAJOWYCH ODMIAN SZARŁATU (*AMARANTHUS CRUENTUS* L.)
W WARUNKACH ZRÓŻNICOWANEGO NAWOŻENIA
MAKROELEMENTAMI

Barbara Skwaryło-Bednarz

Wydział Nauk Rolniczych w Zamościu, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
ul. Szczepińska 102, 22-400 Zamość
e-mail: barbara.skwarylo@up.lublin.pl

Streszczenie. W doświadczeniu polowym przeprowadzonym w latach 2005-2006 zbadano wpływ zróżnicowanego nawożenia makroelementami na zawartość tłuszczu oraz α -, β -, γ - i δ -tokoferolu w nasionach krajowych odmian szarłatu. Czynnikiem doświadczenia były: dwie odmiany szarłatu – Rawa i Aztek oraz trzy wzrastające poziomy nawożenia NPK (1 – bez nawożenia, 2 – 90 N kg·ha⁻¹, 60 P₂O₅ kg·ha⁻¹, 60 K₂O kg·ha⁻¹; 3 – 130 N kg·ha⁻¹, 70 P₂O₅ kg·ha⁻¹, 70 K₂O kg·ha⁻¹). Na podstawie wyników badań można wnioskować, że zawartość tłuszczu w nasionach szarłatu była istotnie uzależniona od odmiany oraz wariantu nawożenia makroelementami. Szczególnie dużą zawartość tłuszczu w nasionach uzyskano przy najwyższym poziomie nawożenia NPK. Wyższą zawartością tłuszczu w nasionach cechowała się odmiana Aztek niż Rawa. Stwierdzono, że odmiany szarłatu istotnie różnią się między sobą zawartością: α -, β -, γ -tokoferolu oraz całkowitą ich ilością. Wyższą zawartością α - i γ -tokoferolu oraz ogólną ich zawartością cechowały się nasiona odmiany Aztek niż Rawa. Nasiona odmiany Rawa posiadały istotnie więcej β -tokoferolu niż odmiany Aztek. Nawożenie wzrastającymi dawkami NPK miało istotny wpływ tylko na ilość β -tokoferolu w nasionach szarłatu.

Słowa kluczowe: zawartość tłuszczu, tokoferole, szarłat

WSTĘP

Amarantus, nazywany w Polsce szarłatem, zaliczany jest do grupy roślin pseudo-zbożowych. Jego nasiona cechują się wysoką wartością odżywczą (Prokopowicz 2001, Rutkowska 2006, Skwaryło-Bednarz i Brodowska 2009, Skwaryło-Bednarz i Krzepińko 2009, Skwaryło-Bednarz i Nalborczyk 2006). W grupie roślin zbożowych amarantus wyróżnia się najwyższą zawartością tłuszczu, od 5 do 9% (Songin 1999).

Zaletą lipidów szarłatu jest nie tylko skład kwasów tłuszczowych, lecz obecność składników rozpuszczonych w jego oleju (Rutkowska 2006). Bardzo wartościowym składnikiem frakcji kwasów tłuszczowych jest skwalen (5-8%) oraz tokoferole i toko-trienole (Nalborczyk i in. 1994; Skwaryło-Bednarz i Krzepińko 2008). Związki te są szczególnie cenne, ponieważ wykazują właściwości antyoksydacyjne.

Celem niniejszej pracy była ocena zawartości tłuszczu i tokoferoli w nasionach polskich odmian szarłatu – Rawa i Aztek w warunkach zróżnicowanego nawożenia makroelementami.

MATERIAŁ I METODY

Podstawę pracy stanowi doświadczenie polowe z dwoma krajowymi odmianami szarłatu (*Amaranthus cruentus* L.) realizowane w latach 2005-2006, na polu rolnika indywidualnego w miejscowości Bodaczów k/Zamościa. Założono go metodą split-plot w trzech powtórzeniach. Powierzchnia mikroplotka wynosiła 1 m². Doświadczenie założono na glebie brunatnej wytworzonej z lessu, o wysokiej zasobności w P, K i Mg oraz lekko kwaśnym odczynie (pH w 1 mol KCl·dm⁻³ – 5,9).

W doświadczeniu przyjęto następujące czynniki: dwie odmiany szarłatu (Rawa i Aztek) oraz 3 warianty nawożenia makroelementami NPK (kg·ha⁻¹) (1 – obiekt bez nawożenia, 2 – 90 N, 60 P₂O₅, 60 K₂O; 3 – 130 N, 70 P₂O₅, 70 K₂O). Nawożenie fosforem w postaci polifoski oraz potasem w postaci soli potasowej zastosowano jesienią. Azot w formie saletry amonowej wprowadzono do gleby wiosną w dwóch równych-podzielonych dawkach. Jedną zastosowano przed siewem, drugą natomiast 4 tygodnie po wschodach roślin. Nasiona dwóch odmian szarłatu (Rawa i Aztek) wysiewano w III dekadzie maja, w rzędy co 48cm. Wszystkie zabiegi uprawowe i pielęgnacyjne przeprowadzono zgodnie z ogólnie przyjętymi zasadami prawidłowej agrotechniki. Zbioru nasion dokonano w drugiej połowie października.

W nasionach oznaczono zawartość tłuszczu metodą Soxhleta w Centralnym Laboratorium Analitycznym UP w Lublinie. Ponadto oznaczono: α-, β-, γ- i δ-tokoferol metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej (HPLC) według zmodyfikowanej metody Panfili i in. (2003) w Centralnym Laboratorium Instytutu Zootechniki, Państwowego Instytutu Badawczego w Aleksandrowicach.

Uzyskane w niniejszej pracy wyniki liczbowe opracowano statystycznie oraz obliczono najmniejsze istotne różnice testem Tukeya z 5% ryzykiem błędu. Zamieszczone w pracy wyniki są średnimi z dwóch lat.

WYNIKI I DYSKUSJA

Ilość tłuszczu w nasionach szarłatu była istotnie uzależniona od odmiany oraz wariantu dostarczonych do gleby makroelementów (tab. 1). Średnia zawartość

tłuszczu w nasionach odmiany Aztek była o około 6,3% wyższa niż dla odmiany Rawa (tab. 1). Szczególnie dużą zawartość tłuszczu w nasionach uzyskano przy trzecim poziomie nawożenia NPK. Dla odmiany Rawa wynosił 6,43%, natomiast dla odmiany Aztek 6,76% (tab. 2). Średnia zawartość tłuszczu w nasionach szarłatu uzyskana w niniejszych badaniach jest wyższa niż otrzymana przez Tömösközia i in. (2009) – 5,95% i niższa niż przez Dodok i in. (2006) – 7,32% oraz Ratusz i Wirkowską (2006) – 7,10%.

Tabela 1. Zawartość tłuszczu w nasionach (%)
Table 1. Content of fat in seeds (%)

Nawożenie Fertilization	Odmiana Rawa Rawa variety	Odmiana Aztek Aztec variety	Średnio Mean
1	5,88	6,56	6,22
2	6,40	6,65	6,53
3	6,43	6,76	6,60
Średnio – Mean	6,24	6,66	–

NIR_{0,05} – LSD_{0,05} nawożenie – fertilization 0,30; odmiana – variety 0,24.

Wielu autorów podkreśla, że nasiona różnych odmian szarłatu mogą różnić się między sobą zawartością tłuszczu (Bressani 1994, Tömösközia i in. 2009). Wpływ na ilość tłuszczu w nasionach mają warianty nawożenia makroelementami oraz gatunek szarłatu (Bressani i in. 1987). Z badań Bressani i in. (1987) wynika, że nawożenie wzrastającymi dawkami makroelementów u gatunku *Amaranthus caudatus* sprzyja gromadzeniu tłuszczu w nasionach, natomiast u gatunku *Amaranthus cruentus* powoduje zmniejszenie jego ilości.

Istotnymi składnikami wchodzącymi w skład frakcji lipidowej nasion szarłatu są tokoferole (Januszewska-Józwiak i Synowiecki 2008). Cechują się dużą aktywnością przeciwrodnikową. Ich funkcja polega na ochronie lipidów błonowych oraz zapasowych (Szymańska i in. 2009). Najprawdopodobniej tokoferole wpływają na ograniczenie ich peroksydacji (Li i in. 2008). U roślin całkowita ilość tokoferoli wzrasta w okresie dojrzewania owoców, w tym szczególnie zawartość α - i β -tokoferolu (Szymańska i in. 2009). Badania naukowe dowodzą, że α -tokoferol jest zaliczany do najsilniejszych przeciwutleniaczy rozpuszczalnych w tłuszczach (Wijtmans i in. 2003; Nogala-Kałucka i in. 2009).

W badanych nasionach zidentyfikowano cztery homologi tokoferolu: α -, β -, γ -, i δ -tokoferol, przy czym dominującą formą był β -tokoferol (tab. 2).

Z niniejszych badań wynika, że wzrastające dawki nawozów miały istotny wpływ tylko na zawartość β -tokoferolu w nasionach szarłatu. Należy podkreślić,

iż nawożenie bardziej sprzyjało wzrostowi tego homologu tokoferolu w nasionach odmiany Rawa niż Aztek.

Tabela 2. Zawartość tokoferoli w nasionach szarłatu (mg·kg⁻¹s.m.)

Table 2. Content of tocopherols in seeds of amaranthus (mg kg⁻¹ d.m.)

Nawożenie Fertilization	Tokoferole – Tocopherols				całkowita ilość tokoferoli Total content of tocopherols
	α	β	γ	δ	
Odmiana Rawa – Rawa variety					
1	13,25	24,27	1,38	1,26	40,16
2	11,63	24,81	1,28	1,26	38,98
3	11,49	30,29	0,57	0,89	43,24
Średnio Mean	12,12	26,46	1,08	1,14	40,80
Odmiana Aztek – Aztec variety					
1	14,41	19,51	3,58	11,46	48,96
2	13,99	19,86	3,58	11,20	48,63
3	15,46	23,66	3,46	10,83	53,41
Średnio Mean	14,62	21,01	3,54	11,16	50,33
NIR _{0,05} LSD _{0,05} nawożenie fertilization	ns	3,85	ns	ns	ns
NIR _{0,05} LSD _{0,05} odmiana variety	0,71	2,31	0,21	ns	2,33

Stwierdzono natomiast istotne różnice w zawartości α -, β - i γ -tokoferolu oraz całkowitej jego ilości pomiędzy odmianami szarłatu. Średnia ilość α - i γ -tokoferolu w nasionach odmiany Aztek była wyższa niż w nasionach odmiany Rawa odpowiednio o 17,1% oraz 69,5%. Nasiona odmiany Aztek były zdecydowanie uboższe (o około 25,9%) pod względem zawartości β -tokoferolu niż odmiana Rawa. Generalnie uzyskana ilość β -tokoferolu w nasionach szarłatu jest porównywalna z ilością otrzymaną przez Gunstone i in. (2007) i zdecydowanie wyższa niż uzyskana przez Lehmann i in. (1994).

Według Leon-Camacho i in. (2001) nasiona *Amaranthus cruentus* zawierają we frakcji lipidowej podobną ilość α -tokoferolu jak olej palmowy czy rzepakowy. Otrzymane w niniejszej pracy ilości α -tokoferolu w nasionach *Amaranthus cruentus* są zbliżone do uzyskanych przez Lehmann i in. (1994). Ponadto trzeba zaznaczyć, że uzyskane w niniejszej pracy ilości γ - i δ -tokoferolu są wyższe niż uzyskane u tego gatunku przez Lehmann i in. (1994).

Średnia całkowita ilość homologów tokoferoli w nasionach szarłatu odmiany Aztek była wyższa o 18,9% niż w nasionach odmiany Rawa. odmiany Rawa wynosiła $40,80 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}\text{s.m.}$, a odmiany Aztek $50,33 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}\text{s.m.}$ Gunstone i in. (2007) podają, że średnia zawartość tokoferoli w nasionach *Amaranthus cruentus* wynosi $4,94 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}\text{s.m.nasion}$ ($49,40 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}\text{s.m.}$). Wahać się może w przedziale od $2,80$ do $7,80 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}\text{s.m}$ ($28,00$ do $78,00 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}\text{s.m.}$). Uzyskane wyniki całkowitej zawartości tokoferoli mieszczą się w niniejszym przedziale liczbowym.

Na podstawie uzyskanych rezultatów można zasugerować, że spożywanie nasion szarłatu oraz produktów przygotowanych na ich bazie wzbogaci dietę człowieka w tokoferole. Jest to tym bardziej ważne, że są one syntetyzowane tylko przez rośliny i nieliczne sinice (Munne-Bosch 2005). Ich obecność w pożywieniu jest bardzo istotna ze względu na pełnione funkcje przez witaminę E oraz jako naturalnego przeciwutleniacza (Nogała-Kałużka i in. 2009). Ponadto tokoferole mogą wpływać na łagodzenie stanów zapalnych, a nawet ich ograniczenie (Januszewska-Jóźwiak i Synowiecki 2008).

WNIOSKI

1. Zawartość tłuszczu w nasionach szarłatu była istotnie uzależniona od odmiany oraz wariantu nawożenia makroelementami. Szczególnie dużą zawartość tłuszczu w nasionach uzyskano przy najwyższym poziomie nawożenia NPK. Wyższą zawartością tłuszczu w nasionach cechowała się odmiana Aztek niż Rawa.

2. Odmiany szarłatu istotnie różniły się między sobą zawartością: α -, β -, γ -tokoferolu i całkowitą ich ilością. Wyższą zawartością α -, δ -tokoferoli oraz całkowitą ich zawartością cechowały się nasiona odmiany Aztek niż Rawa. Nasiona odmiany Rawa posiadały istotnie więcej β -tokoferolu niż odmiany Aztek.

3. Nawożenie wzrastającymi dawkami NPK miało istotny, dodatni wpływ tylko na ilość β -tokoferoli w nasionach szarłatu. Istotnie więcej β -tokoferolu zawierały nasiona odmiany Rawa niż Aztek.

PIŚMIENNICTWO

- Bobrzecka D., Faruga A., Domska D., Mikulski D., Wojciechowska B., 1999. Wpływ nawożenia NPK, B, Cu i Zn na plon zielonki szarłatu (*Amaranthus cruentus* L.) oraz jej wartość jako paszy dla kur. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 468, 291-299.
- Bressani R., Gonzales J.M., Elias L.G., Melgar M., 1987. Effect of fertilizer application on the yield, protein and fat content, and protein quality of raw and cooked grain of three amaranth species. *Plant Foods for Human Nutrition*, 37, 59-57.
- Bressani, R., 1994. Composition and nutritional properties of amaranth. In: *Amaranth-biology, chemistry and technology*. Ed O. Paredes-Lopez, CRC Press, London, 185-206.
- Dodok L., Modhir A.A., Halássová G., Poláček I., Hozová B., 2006. Importance and utilization of amaranth in food industry Part I. Characteristic of grain and average chemical constitution of whole amaranth flour. *Molecular Nutrition & Food Research*, 38, 4, 378-381.
- Gunstone F.D., Harwood J.L., Dijkstra A.J., 2007. *The lipid handbook*. CRC Press, Taylor & Francis Group, 73.
- Januszewska-Józwiak K., Synowiecki J., 2008. Charakterystyka i przydatność składników szarłatu w biotechnologii żywności. *Biotechnologia*, 3(82), 89-102.
- Lehmann J.W., Putnam D.H., Qureshi A.A., 1994. Vitamin E isomers in grain amaranth (*Amaranthus* spp.). *Lipids*, 29 (3), 177-181.
- Leon-Camacho M., Garcia-Gonzalez D.L., Aparicio R., 2001. A detailed study of amaranth (*Amaranthus cruentus* L.) oil fatty profile. *Eur Food Res. Technol.*, 213, 349-355.
- Li Y., Wang Z., Sun X., Tang K., 2008. Current opinions on the functions of tocopherol based on the genetic manipulation of tocopherol biosynthesis in plant. *J. Int. Plant Biol.*, 50, 1057-1069.
- Munne-Bosch S., 2005. The role of α -tocopherol in plant stress tolerance. *J. Plant Physiol.*, 162, 743-748.
- Nalborczyk E., Wróblewska E., Marcinkowska E., Roszewski R., 1994. *Amaranthus – perspektywy uprawy i wykorzystania*. Wyd. SGGW, Warszawa.
- Nogala-Kałucka M., Lampart-Szczapa E., Krzyżostaniak I., Siger A., 2009. Natywne antyoksydacyjną biokomponenty preparatów łubinowych. *Żywność – Nauka, Technologia, Jakość*, 4(65), 70-78.
- Panfil G., Fratianni A., Irano M., 2003. Normal phase high-performance liquid chromatography method for the determination of tocopherols and tocotrienols in cereals. *Journal Agriculture Food Chemistry*, 51, 3940-3944.
- Prokopowicz D. 2001. Właściwości zdrowotne szarłatu (*Amaranthus cruentus* L.). *Medycyna Wet.*, 57(8), 559-562.
- Ratusz K., Wirkowska M., 2006. Charakterystyka nasion i lipidów amarantusa. *Rośliny Oleiste*, XXVII, 243-250.
- Rutkowska J., 2006. *Amaranthus* - roślina przyjazna człowiekowi. *Przegląd Piekarski i Cukierniczy* 1, 6-10.
- Skwaryło-Bednarz B., Brodowska M.S. 2009. Amaranth (*Amaranthus cruentus* L.) as a plant with pro-health properties. W: *Pierwiastki, środowisko i życie człowieka*. Praca zbiorowa pod red. K. Pasternaka, 280-287.
- Skwaryło-Bednarz B., Krzepińko A. 2008. Zróżnicowane nawożenie NPK w szerokokorządowej uprawie szarłatu (*Amaranthus cruentus* L.) a całkowita zdolność antyoksydacyjna liści oraz gleby pod tą rośliną. *Acta Agrophysica*, 2(1), 161, 173-182.

- Skwaryło-Bednarz B., Krzepińko A., 2009. The effect of various NPK fertilizer doses on total antioxidant capacity of soil and amaranth leaves (*Amaranthus cruentus* L.). *Int. Agrophysic*, 23(1), 61-66.
- Skwaryło-Bednarz B., Nalborczyk E., 2006. Uprawa i wykorzystanie amaranthusa. *Więś Jutra*, 4 (93), 52-55.
- Songin H. 1999. Szarłat. W: *Szczegółowa uprawa roślin*, t.1. Praca zbiorowa pod red. Jasińska Z., Kotecki A., 235-262.
- Szymańska R., Nowicka B., Kruk J., 2009. Witamina E – metabolizm i funkcje. *Kosmos*, 58(1-2), 199-210.
- Tömösközia S., Baracskaia I., Schönlechner R., Berghofer E., Lásztitya R., 2009. Comparative study of composition and technological quality of amaranth. *Gross chemical composition, amino acid and mineral content. Acta Alimentaria*, 38 (3), 341-347.
- Wijtmans M., Pratt D.A., Valgimigli L., Dilabio G.A., 2003. 6-Amino-3-pyridinols: towards diffusion-controlled chain-breaking antioxidants. *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.*, 42, 4370-4373.

CONTENT OF FAT AND TOCOPHEROLS IN SEEDS OF POLISH VARIETIES OF *AMARANTHUS CRUENTUS* L. IN CONDITIONS OF DIVERSIFIED FERTILIZATION WITH MACROELEMENTS

Barbara Skwaryło-Bednarz

Faculty of Agricultural Sciences in Zamość, University of Life Sciences in Lublin
ul. Szczepiezska 102, 22-400 Zamość
e-mail: barbara.skwarylo@up.lublin.pl

Abstract. The influence of diversified fertilization with macroelements on content of fat and α -, β -, γ - and δ -tocopherol in the seeds of polish varieties of amaranthus was investigated in the field experiment carried out in the years 2005-2006. The experiment involved: two varieties of amaranthus – Rawa and Aztec, and three increasing levels of NPK fertilization (1 – no fertilization; 2 – 90 N kg ha⁻¹, 60 P₂O₅ kg ha⁻¹, 60 K₂O kg ha⁻¹; 3 – 130 N kg ha⁻¹, 70 P₂O₅ kg ha⁻¹, 70 K₂O kg ha⁻¹). The results reveal, that the content of fat in the seeds of amaranthus largely depended on the variety of the plant and the variant of fertilization with macroelements. Exceptionally high content of fat in the seeds was observed at the highest level of NPK fertilization. Higher content of fat was found in the seeds of Aztec variety. It was observed, that both varieties of amaranthus differ in the content of α , β , γ -tocopherol and their total amount. Higher content of α , and γ -tocopherol as well as their total amount was found in the seeds of Aztec variety. The seeds of Rawa variety contained significantly more β -tocopherols than the seeds of Aztec variety. Fertilization with increasing dosages of NPK had a significant influence only on the amount of β -tocopherol in the seeds of amaranthus.

Keywords: content of fat, tocopherols, amaranthus