

<sup>1</sup> Zakład Ochrony i Kształtowania Środowiska,  
Wydział Nauk Rolniczych z siedzibą w Zamościu,  
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Szczepieńska 102, 22-400 Zamość,  
e-mail: barbara.skwarylo@up.lublin.pl  
<sup>2</sup> Katedra Chemii Rolnej i Środowiskowej, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie  
ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin

BARBARA SKWARYŁO-BEDNARZ<sup>1</sup>,  
MARZENA SYLWIA BRODOWSKA<sup>2</sup>, JOANNA ONUCH<sup>1</sup>,  
JOANNA SAPUŁA<sup>1</sup>

**Plonowanie krajowych odmian szarłatu  
(*Amaranthus cruentus* L.) w warunkach zróżnicowanego  
nawożenia makroelementami**

---

Yielding of Polish varieties of *Amaranthus cruentus* L. in conditions  
of diversified fertilization with macroelements

**Streszczenie.** Badania nad plonowaniem krajowych odmian szarłatu w warunkach zróżnicowanego nawożenia NPK prowadzono w latach 2005–2006 na glebie brunatnej wytworzonej z lessu. W doświadczeniu uwzględniono dwie odmiany szarłatu uprawianego na nasiona – Rawa i Aztek oraz dwa poziomy nawożenia makroelementami (0 – obiekt kontrolny, 1 – 90 kg N·ha<sup>-1</sup>, 26,2 kg P·ha<sup>-1</sup>, 49,8 kg K·ha<sup>-1</sup>; 2 – 130 kg N·ha<sup>-1</sup>, 30,5 kg P·ha<sup>-1</sup>, 58,1 kg K·ha<sup>-1</sup>). Z przeprowadzonych badań wynika, że odmiana Aztek cechowała się istotnie wyższą wysokością roślin, wyższym plonem biomasy nadziemnej i nasion niż odmiana Rawa. Obie odmiany szarłatu reagowały istotnym zwiększeniem badanych parametrów na wzrastające dawki nawożenia makroelementami. Szczególnie duży przyrost plonu biomasy nadziemnej uzyskano przy wyższym poziomie nawożenia NPK.

**Słowa kluczowe:** szarłat, wysokość roślin, plon biomasy, plon nasion, plonowanie

WSTĘP

Od kilkudziesięciu lat na świecie trwają poszukiwania nowych gatunków roślin, które m.in. wzbogaciłyby skład pożywienia człowieka [Nalborczyk 1999], mogłyby być wykorzystywane na cele energetyczne i nie wymagałyby wysokich nakładów energetycznych. Rośliny te nazwano „roślinami alternatywnymi” i pogrupowano je według kilku kategorii. Istotną cechą większości tych roślin jest oszczędne gospodarowanie wodą (fotosynteza typu C<sub>4</sub>), co korzystnie wpłynie na deficyt wody.

Do roślin alternatywnych pseudozbożowych należy amarantus, zwany w Polsce szarłatem. Szczególnie cenne pod względem składu chemicznego są nasiona szarłatu [Rutkowska 2006; Skwaryło-Bednarz i Brodowska 2009; Skwaryło-Bednarz i Krzepińko 2009]. Są bogate w aminokwasy egzogenne i nienasycone kwasy tłuszczowe. W doborze odmian COBORU w naszym kraju zarejestrowane są dwie odmiany szarłatu uprawianego na nasiona – Rawa i Aztek [Skwaryło-Bednarz i Nalborczyk 2006]. W warunkach glebowo-klimatycznych Polski plonują one w zakresie 1,5–3,5 t·ha<sup>-1</sup> ziarniaków [Songin 1999].

Okazuje się, że nie tylko nasiona można pozyskiwać z plantacji szarłatu. Pozostałe części tej rośliny mogą z powodzeniem służyć jako warzywo lub pasza [Skwaryło-Bednarz i in. 2011] albo do produkcji energii [Nalborczyk 2005], więc wykorzystanie biomasy nadziemnej szarłatu jest wielokierunkowe. Uprawa tej rośliny również korzystnie wpływa na jakość środowiska glebowego. Z badań Skwaryło-Bednarz [2008] wynika, że szarłat jest rośliną stymulującą rozwój i liczebność populacji drobnoustrojów glebowych oraz ich aktywność. Ponadto szarłat wykazuje działanie fitosanitarne na glebę oraz pozostawia po sobie dobre jakościowo stanowisko – odchwaszczone i zasobne w związki organiczne [Deryło i Chudzik 2012].

Celem niniejszej pracy była ocena plonowania polskich odmian szarłatu – Rawa i Aztek w warunkach zróżnicowanego nawożenia makroelementami.

#### MATERIAŁ I METODY

Badania polowe przeprowadzono w latach 2005–2006 w gospodarstwie rodzinnym we wsi Bodaczów (gmina Szczepieszyn, woj. lubelskie). Eksperyment zlokalizowano na glebie brunatnej wytworzonej z lessu.

Przed założeniem doświadczenia w glebie oznaczono następujące wybrane parametry właściwości chemicznych:

- pH w 1 mol KCl·dm<sup>-3</sup> metodą potencjometryczną,
- zasobność w P i K metodą Egnera-Riehma,
- zasobność w Mg metodą metodę Schachtschabela.

Schemat doświadczenia polowego, założonego metodą rozszczepionych jednostek eksperymentalnych (split-plot) w trzech powtórzeniach, o wielkości mikroplotek do siewu i zbioru 1 m<sup>2</sup>, uwzględniał następujące czynniki: dwie odmiany szarłatu (Rawa i Aztek) oraz dwa poziomy nawożenia NPK (kg·ha<sup>-1</sup>) (0 – obiekt kontrolny, 1 – 90 N, 26,2 P, 49,8 K; 2 – 130 N, 30,5 P, 58,1 K).

Przedplonem szarłatu uprawnego była pszenica ozima, po zbiorze której wysiano międzyplon ścierniskowy – facelię błękitną. Jesienią wykonano zabieg talerzowania zielonej masy międzyplonu. Wysiano nawozy fosforowe (w postaci polifoski) i potasowe (w postaci soli potasowej), a następnie przeorano międzyplon. Wiosną wykonano uprawki przedsiewne – bronowanie, kultywatorowanie i kolejne bronowanie, po który wysiewano nasiona w ilości ok. 1,2 kg·ha<sup>-1</sup> w rzędy co 48 cm. Nawożenie azotem (w formie saletry amonowej) stosowano w dwóch dawkach: ½ przed siewem oraz 4 tygodnie po wschodach szarłatu. W okresie wegetacji szarłatu przeprowadzono dwukrotną pielęgnację ręczną (opielianie międzyrzędzi i rzędów) do zwarcia rzędów. W opisywanym doświadczeniu nie stosowano środków ochrony roślin.

W okresie zbioru określono wysokość roślin, plon biomasy części nadziemnych oraz plon nasion.

Wyniki liczbowe opracowano statystycznie i obliczono najmniejsze istotne różnice testem Tukeya z 5% ryzykiem błędu z wykorzystaniem programu SAS 9.2 z Enterprise Guide 42. Zamieszczone w pracy wyniki są średnimi z dwóch lat.

Tabela 1. Warunki meteorologiczne w latach 2005–2006 wg stacji meteorologicznej w Zamościu  
Table 1. Weather conditions in 2005–2006 according to meteorological station in Zamość

Miesiąc Month	Średnia temperatura powietrza Mean temperature (°C)			Suma opadów atmosferycznych Total rainfall (mm)		
	2005	2006	średnio mean	2005	2006	średnio mean
V	15,4	14,8	14,1	98,2	54	65,5
VI	17,5	18,4	16,8	69,5	43,5	78,9
VII	21,8	23,3	18,4	33,6	28,3	98,4
VIII	18,7	19,0	17,8	52,7	144,8	54,3
IX	13,3	16,8	12,9	15,8	0,8	52,2
X	9,2	7,8	7,4	24,9	16,7	40,3

W okresie siewu, a następnie wegetacji szarłat uprawnego w 2005 r. notowano temperatury wyższe od średniej wieloletniej (tab. 1). Siew w pierwszym roku badań był utrudniony, ponieważ przypadła na przekropny maj. W kolejnych miesiącach wzrostu i rozwoju szarłat odnotowano niedobór opadów. Podobnie jak pierwszy rok badań, tak i drugi należał do ciepłych i na ogół suchych, z wyjątkiem sierpnia, kiedy opady były wyższe od średniej z wielolecia (tab. 1).

#### WYNIKI I DYSKUSJA

Gleba brunatna, na której zlokalizowano eksperyment, miała lekko kwaśny odczyn (pH w 1 mol KCl·dm<sup>-3</sup> – 5,9). Cechowała się wysoką zasobnością w P (4,5 mg·100g<sup>-1</sup>), K (17,6 mg·100g<sup>-1</sup>) i Mg (6,1 mg·100g<sup>-1</sup>).

W okresie zbioru wysokość nadziemnych części roślin szarłat była istotnie zależna od odmiany i poziomu nawożenia makroelementami (tab. 2).

Tabela 2. Wysokość roślin w okresie zbioru (cm)  
Table 2. Height of plants in time of gathering (cm)

Nawożenie Fertilization	Odmiana Rawa Rawa variety			Odmiana Aztek Aztec variety			Średnio Mean
	2005	2006	średnio mean	2005	2006	średnio mean	
0	177,0	179,0	178,0	194,0	196,0	195,0	186,5
1	183,0	185,0	184,0	197,0	197,0	197,0	190,5
2	184,0	188,0	186,0	204,0	206,0	205,0	195,5
Średnio/Mean	181,3	184,0	182,7	198,3	199,7	199,0	–

NIR<sub>0,05</sub>/LSD<sub>0,05</sub> nawożenie/fertilization 6,23; odmiana/variety 13,61

Rośliny szarłatu odmiany Aztek były znacznie wyższe (średnia wysokość roślin – 199,0 cm) niż odmiany Rawa (średnia wysokość roślin – 182,7 cm). Na wysokość roślin istotny wpływ miała dawka zastosowanego nawożenia makroelementami. Rośliny nawożone mniejszą dawką NPK (90 kg N·ha<sup>-1</sup>, 26,2 kg P·ha<sup>-1</sup>, 49,8 kg K·ha<sup>-1</sup>) były wyższe od rosnących na obiekcie kontrolnym odpowiednio: Rawa o 3,4%, a Aztek o 1,0%.

Zastosowanie większej dawki makroelementów (130 kg N·ha<sup>-1</sup>, 30,5 kg P·ha<sup>-1</sup>, 58,1 kg K·ha<sup>-1</sup>) istotnie wpływało na przyrost wysokości roślin: Rawy o 4,5%, Azteka o 5,1% w stosunku do obiektu bez nawożenia (tab. 2). Podobne rezultaty badań uzyskali Kozak i in. [2011]. Autorzy ci, oceniając m.in. wpływ różnych wariantów nawożenia azotem w kg·ha<sup>-1</sup> (I – 60 przed siewem, II – 60 przed siewem + 30 w fazie formowania pędów, III – 60 przed siewem + 30 w fazie formowania pędów + 30 w fazie formowania kwiatostanów) na wysokość dwu odmian szarłatu stwierdzili, że odmiana Aztek w porównaniu z Rawą cechowała się większą wysokością. Ponadto wykazali, że nawożenie wzrastającymi dawkami azotu przyczyniło się do zwiększenia wysokości roślin.

Odmiana szarłatu oraz dawka nawozów wpływały również na produkcję biomasy. Średni plon nadziemnych części szarłatu odmiany Aztek był o około 25,6% większy niż odmiany Rawa (tab. 3). Szczególnie duży plon biomasy uzyskano przy wyższym poziomie nawożenia NPK. Dla odmiany Rawa wynosił 15,0 kg·m<sup>-2</sup> (przyrost o 36,4% w stosunku do obiektu kontrolnego), natomiast dla odmiany Aztek – 18,0 kg·m<sup>-2</sup> (przyrost o 20% w stosunku do obiektu bez nawożenia) (tab. 3). Z badań Skwaryło-Bednarz i in. [2011] wynika, że szarłat reaguje istotną wyższą plonów biomasy na nawożenie NPK. Autorzy ci największe plony biomasy nadziemnej uzyskali przy nawożeniu w dawce 90 kg N ha<sup>-1</sup>. Zastosowanie najwyższego nawożenia (NPK4 – N – 130 kg·ha<sup>-1</sup>, P – 70 kg·ha<sup>-1</sup>, K – 70 kg ha<sup>-1</sup>) wiązało się ze spadkiem plonowania rośliny testowej, bez względu na odmianę czy rozstaw roślin. Podobne rezultaty badań stwierdzili inni autorzy [Saini i Shekhar 1998]. Według Bobrzeckiej i in. [1999] makroelementy, w tym szczególnie azot i fosfor, wpływają korzystnie na przyrost biomasy tej rośliny. Należy jednak podkreślić, że nawożenie zbyt dużymi dawkami azotu powoduje nadmierny wzrost i rozwój części wegetatywnych szarłatu [Skwaryło-Bednarz i Nalborczyk 2006], co może przyczyniać się do wylegania roślin i wydłużenia okresu dojrzewania nasion. Może również powodować gromadzenie się azotanów w częściach nadziemnych roślin, co może być szkodliwe w diecie ludzi i zwierząt [Skwaryło-Bednarz i Nalborczyk 2006, Skwaryło-Bednarz i Brodowska 2009].

Tabela 3. Plon biomasy części nadziemnych (kg·m<sup>-2</sup>)  
Table 3. Yield of biomass of above-ground parts (kg·m<sup>-2</sup>)

Nawożenie Fertilization	Odmiana Rawa Rawa variety			Odmiana Aztek Aztec variety			Średnio Mean
	2005	2006	średnio mean	2005	2006	średnio mean	
0	10,5	11,5	11,0	14,5	15,5	15,0	13,0
1	13,5	14,5	14,0	16,0	18,0	17,0	15,5
2	14,0	16,0	15,0	17,0	19,0	18,0	16,5
Średnio/Mean	12,7	14,0	13,3	15,8	17,5	16,7	–

NIR<sub>0,05</sub>/LSD<sub>0,05</sub> nawożenie/fertilization 2,25; odmiana/variety 1,83

Tabela 4. Plon nasion (kg·m<sup>-2</sup>)  
Table 4. Yield of seeds (kg·m<sup>-2</sup>)

Nawożenie Fertilization	Odmiana Rawa Rawa variety			Odmiana Aztek Aztec variety			Średnio Mean
	2005	2006	średnio mean	2005	2006	średnio mean	
0	0,300	0,260	0,280	0,450	0,460	0,455	0,368
1	0,350	0,360	0,355	0,460	0,470	0,465	0,410
2	0,370	0,360	0,365	0,460	0,480	0,470	0,418
Średnio/Mean	0,340	0,327	0,333	0,457	0,470	0,463	–

NIR<sub>0,05</sub>/LSD<sub>0,05</sub> nawożenie/fertilization 0,03; odmiana/variety 0,09

Badane odmiany charakteryzowały się również zróżnicowanym plonem nasion. Użytkany średni plon nasion szarłat odmiany Aztek był o 39,0% większy niż odmiany Rawa (tab. 4), co jest zbieżne z innymi wcześniejszymi badaniami Skwaryło-Bednarz i in. [2011]. Autorzy ci oceniając wpływ różnych dawek NPK na plonowanie oraz zawartość mikroskładników w szarłacie (*Amaranthus cruentus* L.) w zależności od jego odmiany i rozstawy roślin, wykazali, że większym plonem zarówno części wegetatywnych, jak i generatywnych cechowała się odmiana Aztek niż Rawa. Z badań Kozaka i in. [2011] wynika, że w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotem odmiana Aztek w porównaniu z Rawą wydaje średnio o 13% większe plony nasion z jednej rośliny. Przeprowadzona analiza statystyczna w prezentowanej pracy wykazała, że wielkość plonowania nasion szarłat była istotnie zależna od dawki dostarczonych do gleby makroelementów (tab. 4). Po zastosowaniu mniejszej dawki nawozów plon nasion odmiany Rawa wzrósł o 26,8%, a odmiany Aztek zaledwie o 2,2% w odniesieniu do obiektu kontrolnego (tab. 4). Przy nawożeniu większą dawką NPK plon nasion szarłat wzrósł o 30,4% w przypadku Rawy i zaledwie o 3,3% w przypadku odmiany Aztek w porównaniu z obiektem bez nawożenia (tab. 4). Wielu autorów podkreśla istotny wpływ nawożenia, szczególnie azotem na plonowanie roślin zbożowych. W swoich badaniach Krajewski i in. [2013] wykazali, że nawożenie azotem istotnie różnicowało plonowanie jęczmienia jarego, aczkolwiek wielkość plonu ziarna zależała od odmiany. U nagoziarnistej odmiany Rastik stwierdzono istotną reakcję w plonie ziarna po zwiększeniu dawki do 60 kg N·ha<sup>-1</sup>, natomiast u oplewionej odmiany Stratus tylko do 30 kg N·ha<sup>-1</sup>. Według Rakowskiego [2003] intensywne nawożenie mineralne, w tym azotem, istotnie wpływa na plonowanie pszenicy i pszenżyta. Autor wykazał, że pod wpływem intensywnego nawożenia mineralnego plon ziarna pszenicy wzrósł średnio o 88% (2,89 t·ha<sup>-1</sup>), a pszenżyta o niemalże 67% (2,77 t·ha<sup>-1</sup>). Natomiast z badań Piekarczyka [2010] wynika, że nawożenie azotem powyżej 80 kg N·ha<sup>-1</sup> pszenicy ozimej nie wpływało istotnie na wielkość plonowania tej rośliny, ale oddziaływało korzystnie na wartość technologiczną plonu ziarna. Haliniarz i in. [2010], oceniając reakcję pszenicy jarej na uproszczenia w uprawie roli i zróżnicowanego poziomu nawożenia mineralnego, zaobserwowali, że zwiększenie nawożenia makroelementami o 50% nie różnicowało istotnie plonu pszenicy jarej oraz jego składowych. Według wspomnianych autorów plonowanie pszenicy jarej było istotnie uzależnione od przebiegu pogody w okresie wegetacji. Ze wstępnych badań Sychaj i in. [2013] wynika, że zwiększenie intensywności uprawy poprzez zastosowanie herbicydu i zwiększenie dawki

azotu do  $90 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  spowodowało zmniejszenie wielkości plonu, masy tysiąca ziarniaków, celności ziarna oraz wskaźnika wielkości cząstki oraz wzrost szklistości. Ponadto autorzy ci zaobserwowali, że dalsza intensyfikacja upraw nie powodowała znaczących zmian tych parametrów.

#### WNIOSKI

1. Nawożenie NPK wpływało w istotny sposób na wysokość roślin, plon nasion i biomasa części nadziemnych szarłatu, zwłaszcza przy zastosowaniu większej dawki:  $130 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ ,  $30,5 \text{ kg P}\cdot\text{ha}^{-1}$ ,  $58,1 \text{ kg K}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

2. Odmiana Aztek cechowała się większą niż Rawa wysokością roślin, biomasa i plonem nasion, ale słabiej reagowała na nawożenie NPK.

#### 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 Rol. 468, 291–299.
- Deryło S., Chudzik Ł., 2012. Wpływ przedsięwziętej uprawy roli i pielęgnacji na zachwaszczenie łąki szarłatu uprawnego (*Amaranthus hypochondriacus* L. Thell.). Annales UMCS, sec. E, Agricultura 67(4), 1–14.
- Haliniarz M., Bujak K., Gawęda D., Kwiatkowski C., 2013. Reakcja pszenicy jarej na uproszczenia w uprawie roli i zróżnicowany poziom nawożenia mineralnego. Agricultura (Agronomia), 12(3), 13–24.
- Kozak M., Malarz W., Kotecki A., Serafin-Andrzejewska M., 2011. Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem na rozwój, plonowanie i skład chemiczny nasion amarantusa uprawnego. Zesz. Nauk. UP we Wrocławiu, Agronomy 98, 581, 79–94.
- Krajewski W.T., Szempliński W., Bielski S., 2013. Plonowanie nagoziarnistych i oplewionych odmian jęczmienia jarego nawożonego azotem. Annales UMCS, sec. E, Agricultura 68(1), 18–29.
- Nalborczyk E., 1999. Rośliny alternatywne rolnictwa XXI wieku i perspektywy ich wykorzystania. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 468, 13–17.
- Nalborczyk E., 2005. Rolnicza energetyka. Academia – Panorama, Energia Odnawialna 3(7), 16–19.
- Piekarczyk M., 2010. Effect of forecrops and nitrogen fertilisation on the yield and grain technological quality of winter wheat grown on light soil. Acta Sci. Pol., Agricultura 9(2), 25–33.
- Rakowski D., 2003. Wpływ deszczowania i nawożenia mineralnego na plonowanie wybranych odmian pszenicy jarej i pszenżyta jarego uprawianych na glebie lekkiej. Cz. I. Plony ziarna. Acta Sci. Pol., Agricultura (Agronomia), 2 (2), 19–31.
- Rutkowska J., 2006. Amaranthus – roślina przyjazna człowiekowi. Prz. Piek. Cukier. 1, 6–10.
- Saini J.P., Shekhar J., 1998. Effect of nitrogen fertilizer on growth and yield of grain amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) cultivars under dry-temperate. Ind. J. Agron. 43(4), 743–746.
- Skwaryło-Bednarz B., 2008. Ocena właściwości biologicznych gleby pod uprawą szarłatu (*Amaranthus cruentus* L.). Acta Agrophysica 12(2), 527–534.

- 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., Brodowska M.S., Brodowski R., 2011. Evaluating the influence of varied NPK fertilization on yielding and microelements contents at amaranth (*Amaranthus cruentus* L.) depending on its cultivar and plant spacing. Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus 10(4), 245–261.
- 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. Agroph. 23(1), 61–66.
- Skwaryło-Bednarz B., Nalborczyk E., 2006. Uprawa i wykorzystanie amarantusa. Wieś Jutra 4 (93), 52–55.
- Songin H. 1999. Szarłat. W: Szczegółowa uprawa roślin, t.1, red. Z. Jasińska, A. Kotecki, 235–262.
- Spychaj R., Gil Z., Bojarczyk J., 2013. Wpływ intensywności uprawy na plonowanie i jakość ziarna nowych linii ozimej pszenicy twardej – wyniki wstępne. Fragm. Agron. 30(3), 159–171.

**Summary.** Studies on the yielding of Polish varieties of amaranthus in conditions of diversified NPK fertilization were carried out in the years 2005–2006 on brown soil made from loess. The experiment included: two varieties of amaranthus grown for seeds – Rawa and Aztec, and two increasing levels of fertilization with macroelements (0 – object of control; 1 – 90 kg N·ha<sup>-1</sup>, 26,2 kg P·ha<sup>-1</sup>, 49,8 kg K·ha<sup>-1</sup>; 2 – 130 kg N·ha<sup>-1</sup>, 30,5 kg P·ha<sup>-1</sup>, 58,1 kg K·ha<sup>-1</sup>). The experiment reveals, that Aztec variety of amaranthus grew significantly higher, and had larger yield of aboveground biomass and seed biomass than Rawa variety. Both varieties of amaranthus reacted with a remarkable increase of the investigated parameters to the increasing dosages of fertilization with macroelements. An especially large yield of aboveground biomass was obtained at the high level of NPK fertilization.

**Key words:** amaranthus, plant height, biomass yield, seed yield, yielding