

Zakład Żywienia Roślin, Instytut Produkcji Ogrodniczej, Wydział Ogrodnictwa i Architektury  
Krajobrazu, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Głęboka 28, 20-612 Lublin  
e-mail: karolina.pitura@up.lublin.pl

KAROLINA PITURA , ZBIGNIEW JAROSZ 

## **Skład chemiczny i wartość biologiczna jarmużu średniowysokiego w zależności od zróżnicowanego nawożenia mineralnego**

---

Chemical composition and biological value of kale depending on  
the varied mineral fertilization

**Streszczenie.** Wzrost świadomości człowieka odnośnie do zdrowego żywienia przekłada się na intensyfikację zapotrzebowania na gatunki warzyw o wysokiej wartości odżywczej. Jarmuż (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) to cenna roślina ze względu na bogaty skład chemiczny i małe wymagania agrotechniczne. W doświadczeniu szklarniowym analizowano wpływ dawki  $K_2SO_4$  (0,4, 0,8, 1,2, 1,6 g  $K \cdot dm^{-3}$  podłoża) na tle dwóch dawek węgla wapnia (5 i 15 g  $CaCO_3 \cdot dm^{-3}$  podłoża) na plonowanie, skład chemiczny oraz wartość biologiczną jarmużu. Najwyższy plon świeżej masy wykazano po zastosowaniu 1,2 g  $K \cdot dm^{-3}$  podłoża, zarówno większa, jak i mniejsza dawka potasu powodowały obniżenie plonu. Zawartość witaminy C w liściach jarmużu wynosiła od 130 do 216 mg  $\cdot 100 g^{-1}$  św.m. i zależała od dawki potasu. Zwiększanie dawki potasu powodowało zwiększenie koncentracji białka w roślinach. Stwierdzono istotny wzrost zawartości azotu i potasu w jarmużu wraz ze wzrostem dawki siarczanu potasu.

**Słowa kluczowe:** *Brassica oleracea* L. var. *acephala*, potas, świeża masa, sucha masa, białko, witamina C

### WSTĘP

Jarmuż, zwany kapustą liściastą, to roślina znana i uprawiana od dawna. Jest to najstarsza z form użytkowych roślin kapustnych, morfologicznie zbliżona do kapusty dzikiej, występującej naturalnie w ośrodku śródziemnomorskim. Jarmuż uprawiany był już w starożytności jako roślina jadalna i ozdobna. W Polsce początki uprawy tego warzywa sięgają końca XIV w., o czym informują rachunki z dworu Władysława Jagiełły. Jarmuż

traktowany jest jako warzywo dekoracyjne i mimo dużej wartości odżywczej jego uprawa nie jest do tej pory zbyt rozpowszechniona. Wraz z rozwojem świadomości na temat zdrowego odżywiania, a w szczególności poznaniem korzyści wynikających ze spożycia warzyw, wzrasta też zainteresowanie jarmużem. Częścią jadalną tej rośliny są liście spożywane na surowo, w postaci sałatek, zielonych koktajli, lub jako dodatek do zup. Według Skąpskiego i Dąbrowskiej [1994] o walorach dietetycznych jarmużu decyduje zawartość takich witamin jak: C (100–300 mg%), B<sub>1</sub> (0,06–0,28 mg%), B<sub>2</sub> (0,12–0,42 mg%), B<sub>6</sub> (0,01–0,46 mg%), PP (1,5–4,6 mg%), B<sub>5</sub> (0,1–1,4 mg%), kwasu foliowego (0,05 mg%) oraz K i H. Ze względu na brak kwasu szczawiowego warzywo polecane jest do spożywania przez dzieci. Również wysoka zawartość białka oraz błonnika czyni jarmuż warzywem godnym polecenia. Jak podają Kunachowicz i in. [2005], jarmuż zawiera 6,1 g węglowodanów w 100 g części jadalnych, z czego 1,0 g to sacharoza. Ayaz i in. [2006] twierdzą, że dominującym cukrem w jarmużu jest fruktoza. O dużej wartości odżywczej i prozdrowotnej tego warzywa decyduje także wysoka zawartość karotenoidów, szczególnie β-karotenu i luteiny. Badania Korus i Kmiecik [2007] wykazały, że średnia zawartość karotenoidów w 100 g świeżej masy jarmużu wynosiła 23,1–26,0 mg, z czego 3,80–4,53 mg to β-karoten. Jarmuż zawiera znacznie więcej β-karotenu niż szpinak i sałata [Horobowicz i Saniewski 2000, Cardoso i in. 2009]. Jest bogaty w związki o działaniu antykanцерогенным, m.in. glukozynolany, a zwłaszcza sinigrinę i indolyl oraz sulforafan [Olsen i in. 2012, Hwang i in. 2019]. Liście jarmużu zawierają ponadto dużo Fe, Mn oraz Zn [Krochmal-Marczak i in. 2017]. Jarmuż zajmuje 15. miejsce w rankingu Centers for Disease Control najzdrowszych owoców i warzyw (porcja dostarczająca ≥10% 17 niezbędnych składników odżywczych) [Di Noia 2014, Migliozzi i in. 2015].

Wymagania klimatyczno-glebowe jarmużu są najniższe ze wszystkich roślin kapustnych. Jest to warzywo wytrzymałe na niskie temperatury i najlepiej rośnie na glebach piaszczysto-gliniastych, o pH 6,5–7,0.

O wartości odżywczej roślin decyduje m.in. nawożenie mineralne, w tym nawożenie potasem. Potas jest niezbędnym składnikiem dla wzrostu i rozwoju roślin. Zawartość tego pierwiastka wpływa znacząco na jakość warzyw i owoców [Isidora i in. 2008, Lester i in. 2010, Wang i in. 2013]. Makroelement ten bierze udział w aktywacji enzymów, procesach fotosyntezy, zwiększa zawartość białka i witaminy C [Marques i in. 2018].

Celem pracy była ocena wpływu dawki potasu podawanego jako K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> na plonowanie roślin jarmużu, ich skład chemiczny i wartość biologiczną. Biorąc pod uwagę, iż zastosowane wysokie dawki potasu mogą powodować wzrost stężenia soli w podłożu, w badaniach różnicowano także dawkę węgla wapnia, który według badań Dzidy [2010] przyczynia się do obniżenia wartości EC podłoża. Wyraźny spadek zasolenia oraz zmniejszenie zawartości jonów azotanowych, potasu oraz fosforu zaobserwowano w podłożu buraka liściowego pod wpływem wzrostu dawki CaCO<sub>3</sub> z 5 na 10 g·dm<sup>-3</sup> [Dzida i Jarosz 2010].

#### MATERIAŁ I METODY

Doświadczenia wegetacyjne przeprowadzono na stołach, w szklarni w cyklu wiosennym. Rośliną doświadczalną był jarmuż średniowysoki odmiany 'Lerchenzungen'.

Doświadczenia założono w układzie kompletnej randomizacji, obejmowały one 8 kombinacji, każdą kombinację wykonano w 8 powtórzeniach. Jednostką eksperymentalną stanowiła jedna roślina rosnąca w jednej doniczce o pojemności 2 dm<sup>3</sup>, napełnionej torfem przejściowym o pH wyjściowym 5,6, a EC – 0,2 mS·cm<sup>-1</sup>.

Zawartość składników mineralnych w torfie przed wysadzeniem roślin na miejsce stałe wynosiła (mg·dm<sup>-3</sup>): N-NH<sub>4</sub> – ilości śladowe, N-NO<sub>3</sub> – 25, P-PO<sub>4</sub> – 25, K – 10, Ca – 40, Mg – 8, natomiast w wodzie do podlewania N-NH<sub>4</sub> + N-NO<sub>3</sub> – 18, P-PO<sub>4</sub> – 11, K – 4, Ca – 110, Mg – 9, pH – 7,2 oraz EC – 0,6 mS·cm<sup>-1</sup>. Nawożenie potasem zróżnicowano, stosując ten składnik w czterech dawkach: 0,4, 0,8, 1,2, 1,6 g K·dm<sup>-3</sup> podłoża, w postaci siarczanu potasu. Podczas przygotowania podłoża do wysadzania roślin zastosowano 1/4 z założonej dawki, pozostałą ilość potasu zastosowano w trzech równych dawkach podczas wegetacji roślin. Wapń do podłoża stosowano jako CaCO<sub>3</sub> przed wysadzeniem roślin – w dwóch dawkach: 5 i 15 g·dm<sup>-3</sup>. Odczyn podłoża oznaczono po zakończeniu badań i był on w przedziale pH od 6,52 do 7,40. Pozostałe składniki wnoszone w ilości mg·dm<sup>-3</sup>: N – 800, P – 400, Mg – 450 (makroelementy) oraz Fe – 16, Mn – 10,2, Cu – 26,6, Zn – 1,48, B – 3,2, Mo – 7,4 (mikroelementy). Azot stosowano w formie saletry amonowej (34% N), magnez jako MgSO<sub>4</sub> × H<sub>2</sub>O (17,4% Mg), fosfor w postaci superfosfatu wzbogaconego (20% P). Mikroelementy podano w postaci: EDTA – Fe, MnSO<sub>4</sub> · H<sub>2</sub>O, CuSO<sub>4</sub> · 5 H<sub>2</sub>O, ZnSO<sub>4</sub> · 7 H<sub>2</sub>O, H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub> · 4 H<sub>2</sub>O.

Okres wegetacji jarmużu wynosił 63 dni. Zbioru dokonano, ścinając rośliny tuż nad powierzchnią podłoża. Po zbiorze roślin określono masę części nadziemnych, suchą masę metodą suszarkową oraz zawartość witaminy C w świeżym materiale metodą Tillmansa (PN-A-04019 1998). Po wysuszeniu materiału roślinnego (blaszka liściowa z ogonkami) oznaczono N ogółem (N<sub>og</sub>) metodą Kjeldahla z zastosowaniem aparatu Kjelttec System 2002 Distilling Unit.

Zawartość białka oznaczono w suchej masie i obliczono na podstawie zawartości azotu ogółem × współczynnik 6,25.

Po spaleniu na sucho w temperaturze 450°C popiół zadano rozcieńczonym kwasem solnym w stosunku 1 : 2. W tak przygotowanym wyciągu oznaczono całkowitą zawartość: P, K, Ca, Mg. Ponadto w materiale roślinnym w wyciągu 2% kwasu octowego oznaczono zawartość N-NH<sub>4</sub>, N-NO<sub>3</sub> – metodą mikrodestylacji Bremnera w modyfikacji Starcka, natomiast P, S, Cl kolorymetrycznie (spektrokolorometr Nicolet Evolution 300).

Zawartość K, Ca, Mg, oznaczono metodą spektrofotometrii absorpcji atomowej ASA (Analyst 300 Perkin Elmer).

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie za pomocą dwuczynnikowej analizy wariancji. W badaniach oznaczono najmniejszą istotną różnicę (NIR) na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ .

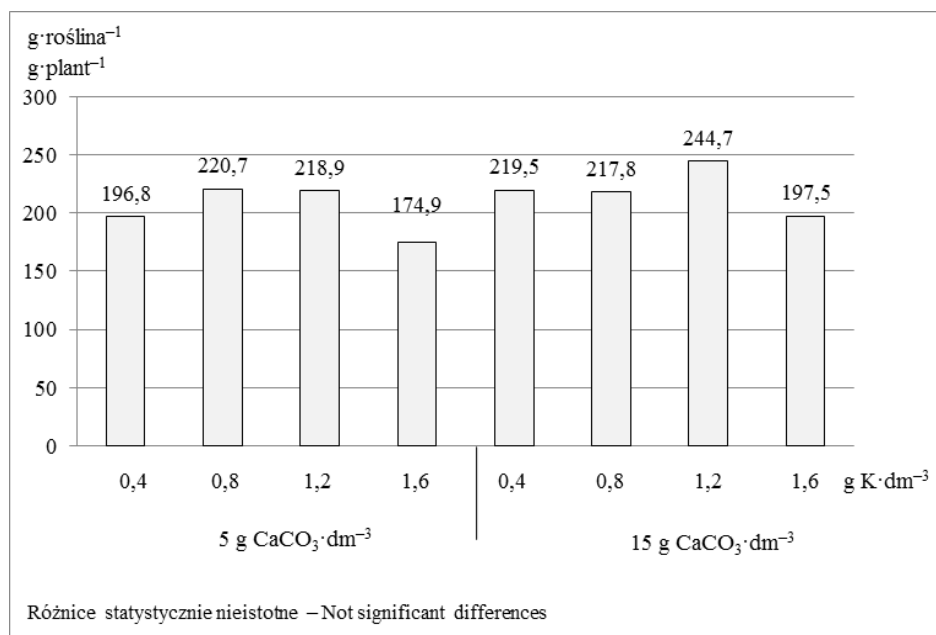
## WYNIKI

Wpływ dawek potasu i dawek węglanu wapnia na plonowanie jarmużu przedstawiono na rys. 1. Najwyższy plon świeżej masy jarmużu (244,7 g·roślina<sup>-1</sup>) uzyskano po zastosowaniu 1,2 g K·dm<sup>-3</sup> i 15 g CaCO<sub>3</sub>·dm<sup>-3</sup> podłoża. Zarówno niższe dawki (0,4 g K·dm<sup>-3</sup>, 0,8 g K·dm<sup>-3</sup>), jak i wyższa dawka potasu (1,6 g K·dm<sup>-3</sup>) powodowały obniżenie plonu, ale statystycznie różnic nie udowodniono.

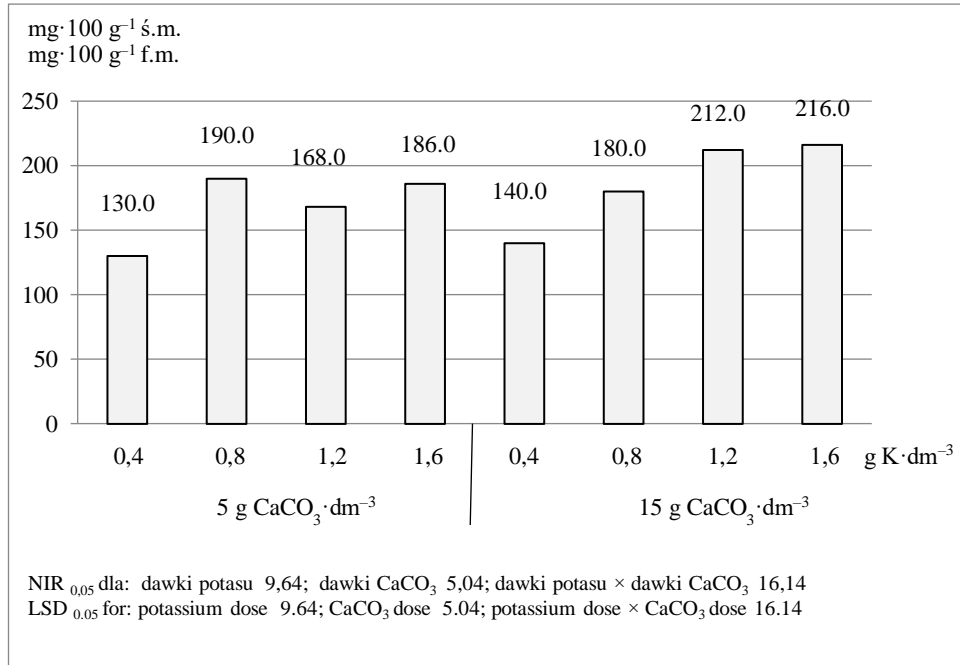
Zawartość witaminy C w liściach jarmużu wynosiła od 130 do 216  $\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  św.m. (rys. 2). Stwierdzono wzrost zawartości witaminy C wraz ze wzrostem dawki potasu przy równoczesnym zastosowaniu wyższej dawki  $\text{CaCO}_3$ . Rośliny pochodzące z obiektów, gdzie zastosowano  $5 \text{ g CaCO}_3 \cdot \text{dm}^{-3}$  podłoża, charakteryzowały się najwyższą zawartością tego związku w świeżej masie po podaniu potasu w dawce  $0,8 \text{ g K} \cdot \text{dm}^{-3}$  podłoża.

Zawartość suchej masy w częściach nadziemnych jarmużu wahała się od 16,2% do 20,3% (rys. 3). Nie wykazano wpływu dawki K na zawartość suchej masy w roślinach, natomiast widoczna jest tendencja wyższej jej zawartości po zastosowaniu największej i najmniejszej dawki potasu ( $0,4$  i  $1,6 \text{ g K} \cdot \text{dm}^{-3}$ ) w porównaniu z dwiema dawkami pośrednimi ( $0,8$  i  $1,2 \text{ g K} \cdot \text{dm}^{-3}$ ). Nieznaczne różnice, ale potwierdzone statystycznie, w zawartości suchej masy odnotowano, porównując wpływ dwóch dawek węglanu wapnia. Średnia zawartość suchej masy w roślinach uprawianych w podłożu, gdzie stosowano  $15 \text{ g CaCO}_3 \cdot \text{dm}^{-3}$ , była wyższa.

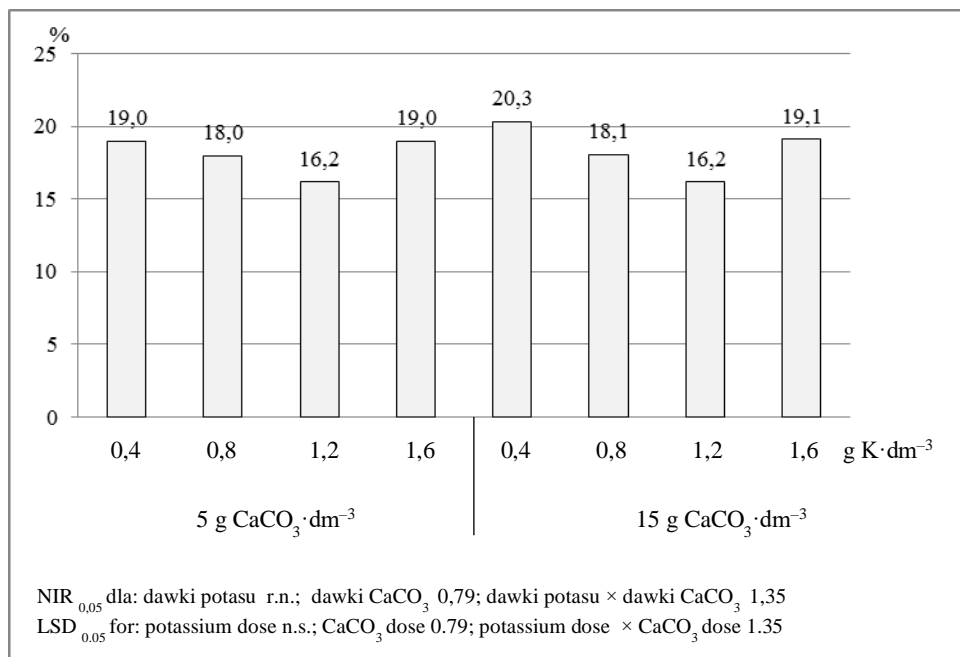
Wyraźny wzrost zawartości białka stwierdzono w roślinach jarmużu pod wpływem wzrastających dawek potasu (rys. 4). Niezależnie od dawek węglanu wapnia największą zawartość białka (średnio  $347,10 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  s.m.) oznaczono w obiektach nawożonych potasem w ilości  $1,6 \text{ g K} \cdot \text{dm}^{-3}$ .



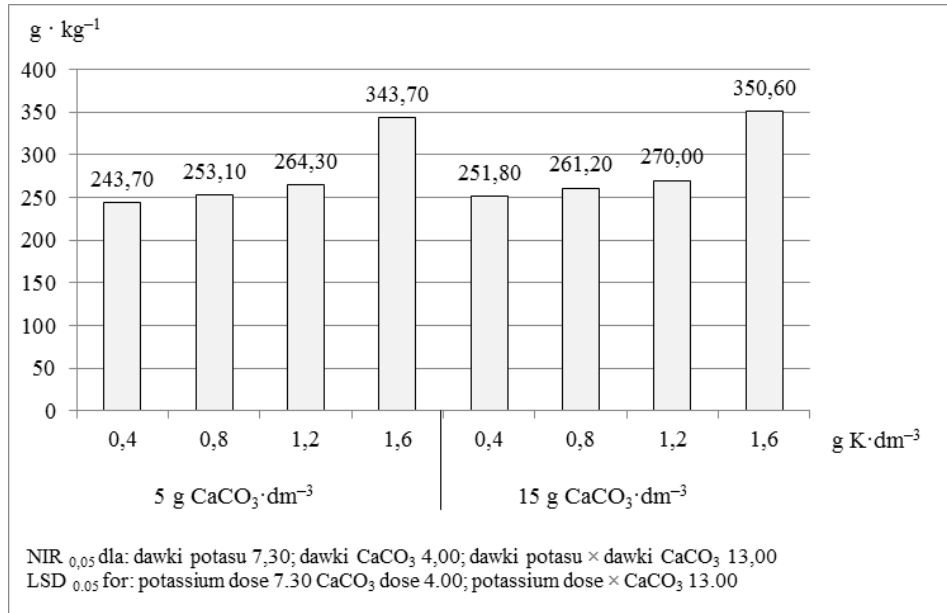
Rys. 1. Świeża masa jarmużu w zależności od dawki potasu i węglanu wapnia  
Fig. 1. Fresh mass of kale depending on the dose of potassium and calcium carbonate



Rys. 2. Zawartość wit. C w jarmużu w zależności od dawki potasu i węglanu wapnia  
Fig. 2. Vitamin C content in kale depending on the dose of potassium and calcium carbonate



Rys. 3. Zawartość suchej masy (%) w jarmużu w zależności od dawki potasu i węglanu wapnia  
Fig. 3. Dry matter (%) content in kale depending on the dose of potassium and calcium carbonate



Rys. 4. Zawartość białka ( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  s.m.) w jarmużu w zależności od dawki potasu i węgla wapnia  
 Fig. 4. Protein content ( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  d.m.) in kale depending on the dose of potassium and calcium carbonate

Wyniki dotyczące wpływu zróżnicowanych dawek potasu, na tle dwóch dawek węgla wapnia, na zawartość w jarmużu: azotu, fosforu, potasu, wapnia, magnezu, siarki i chloru zamieszczono w tabeli 1. Wskazują one na duże zróżnicowanie w składzie chemicznym roślin. Zawartość azotu ogółem w jarmużu przybierała wartości od 39,00 do 56,10  $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  s.m.,  $\text{N-NH}_4$  od 1,10 do 1,90  $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  s.m., a zawartość  $\text{N-NO}_3$  wynosiła od 9,20 do 14,90  $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  s.m. Bez względu na dawkę  $\text{CaCO}_3$  wykazano istotny wzrost zawartości azotu ogółem w roślinach po zastosowaniu najwyższej dawki potasu (1,6  $\text{g K}\cdot\text{dm}^{-3}$ ), natomiast pomiędzy dawkami 0,4, 0,8 i 1,2  $\text{g K}\cdot\text{dm}^{-3}$  nie ma istotnych różnic. Należy podkreślić wysoką zawartość związków azotu w roślinach szczególnie po zastosowaniu największej dawki potasu, zwraca także uwagę wysoka zawartość mineralnych jego form.

Zawartość fosforu w jarmużu wahała się od 2,10 do 5,00  $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  s.m. i była różnicowana w niewielkim stopniu przez zastosowane nawożenie potasowe. Natomiast wykazano istotnie mniejszą zawartość fosforu w roślinach po zastosowaniu większej dawki  $\text{CaCO}_3$ . Zawartość potasu wahała się od 26,50 do 59,07  $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  s.m. Stwierdzono istotny wzrost zawartości pierwiastka wraz ze zwiększaniem dawki potasu. Po zastosowaniu 0,4  $\text{g K}\cdot\text{dm}^{-3}$  w roślinach wykazano średnio 27,80  $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  s.m. potasu, a po zastosowaniu 1,6  $\text{g K}\cdot\text{dm}^{-3}$  – 57,94  $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  s.m., zatem czterokrotny wzrost dawki potasu w podłożu powodował około 2-krotny wzrost jego zawartości w tkankach roślin.

Tabela 1. Zawartość N<sub>og</sub>, N-NH<sub>4</sub>, N-NO<sub>3</sub>, P, K, Ca, Mg, S, Cl (g·kg<sup>-1</sup> s.m.) w jarmużu  
 Table 1. Content of N<sub>og</sub>, N-NH<sub>4</sub>, N-NO<sub>3</sub>, P, K, Ca, Mg, S, Cl (g·kg<sup>-1</sup> d.m.) in kale

Dawka nawozu (g·dm <sup>-3</sup> podłoża) Fertilizer dose (g·dm <sup>-3</sup> medium)		N <sub>og</sub>	N-NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>	P	K	Ca	Mg	S	Cl
K (A)	CaCO <sub>3</sub> (B)									
0,4	5,0	39,00	1,10	13,00	4,90	26,50	7,90	2,50	4,00	3,30
0,8	5,0	40,50	1,10	11,10	5,00	43,60	10,00	3,10	4,20	0,70
1,2	5,0	42,30	1,10	13,80	3,40	44,80	7,90	1,70	4,60	0,60
1,6	5,0	55,00	1,90	12,20	4,70	56,80	7,60	2,00	4,00	0,70
Średnia dla 5 g CaCO <sub>3</sub> Mean for 5 g CaCO <sub>3</sub>		44,20	1,30	12,53	4,50	42,93	8,35	2,33	4,20	1,33
0,4	15,0	40,30	1,10	9,20	3,00	29,10	15,00	2,90	3,00	0,10
0,8	15,0	41,80	1,20	11,30	2,10	53,00	15,20	3,60	3,90	0,10
1,2	15,0	43,20	1,70	12,20	3,00	54,20	14,70	3,10	4,00	1,30
1,6	15,0	56,10	1,80	14,90	2,80	59,07	13,80	3,10	4,50	0,10
Średnia dla 15 g CaCO <sub>3</sub> Mean for 15 g CaCO <sub>3</sub>		45,35	1,45	11,90	2,73	48,84	14,68	3,18	3,85	0,40
Średnia dla dawki K Mean for K dose	0,4	39,65	1,10	11,10	3,95	27,80	11,45	2,70	3,50	1,70
	0,8	41,15	1,15	11,20	3,55	48,30	12,60	3,35	4,05	0,40
	1,2	42,75	1,40	13,00	3,20	49,50	11,30	2,40	4,30	0,95
	1,6	55,55	1,85	13,55	3,75	57,94	10,70	2,55	4,25	0,40
Średnia ogólna Total mean		44,78	1,38	12,21	3,61	45,88	11,51	2,75	4,03	0,86
NIR <sub>0,05</sub> dla LSD <sub>0,05</sub> for	A	4,730	0,197	1,750	r.n. n.s.	8,440	r.n. n.s.	r.n. n.s.	r.n. n.s.	r.n. n.s.
	B	r.n. n.s.	r.n. n.s.	r.n. n.s.	1,240	4,420	1,320	r.n. n.s.	r.n. n.s.	0,430
	A × B	r.n. n.s.	r.n. n.s.	3,000	r.n. n.s.	r.n. n.s.	4,320	r.n. n.s.	r.n. n.s.	1,410

r.n. – różnice nieistotne, n.s. – not significant

Zawartość wapnia w liściach jarmużu wahała się od 7,60 g·kg<sup>-1</sup> s.m. do 15,20 g·kg<sup>-1</sup> s.m. Wykazano istotny wpływ zastosowanych dawek CaCO<sub>3</sub> na pobieranie tego składnika przez rośliny. Większą zawartość pierwiastka średnio o 6,33 g·kg<sup>-1</sup> s.m. odnotowano w roślinach po zastosowaniu większej dawki węglanu wapnia. Ponadto w obiektach nawożonych większą dawką wapnia wraz ze wzrostem dawki potasu odnotowano tendencję do obniżenia zawartości wapnia w roślinach.

Zawartość magnezu wahała się od  $1,70 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  s.m. do  $3,60 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  s.m. Nie odnotowano istotnego wpływu badanych czynników na zawartość magnezu w częściach jadalnych jarmużu.

W przeprowadzonych badaniach nie wykazano istotnego wpływu badanych czynników na zawartość siarki w suchej masie jarmużu. Aczkolwiek odnotowano, iż wraz ze zwiększaniem dawki potasu nieznacznie wrastała zawartość siarki, średnio od  $3,50$  do  $4,30 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  s.m. Zawartość chloru w jarmużu wahała się od  $0,10$  do  $3,30 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  s.m., natomiast zróżnicowane dawki potasu nie miały jednoznacznego wpływu na jego zawartość w roślinie.

#### DYSKUSJA

Jarmuż jest znanym od dawna warzywem o dużej wartości odżywczej ze względu na wysoką zawartość związków bioaktywnych oraz makro- i mikroelementów [Ayaz i in. 2006]. Według Flaczyk i in. [2014], w porównaniu z innymi roślinami kapustnymi, jarmuż pod kątem żywieniowym zawiera najwięcej potasu (530 mg), wapnia (157 mg) oraz witaminy C (120 mg w 100 g części jadalnych). Przeprowadzone badania pokazują, że na plonowanie tego gatunku oraz skład chemiczny ma wpływ nawożenie potasowe. Największą masę jarmużu uzyskano przy dawce  $1,2 \text{ g K}\cdot\text{dm}^{-3}$  podłoża (średnio  $231 \text{ g}\cdot\text{roślina}^{-1}$ ). Wzrost plonowania kapusty właściwej, długości łodygi i liczby liści pod wpływem nawożenia potasem odnotował w swoich badaniach Truong [2017]. O wartości biologicznej roślin decyduje zawartość w tkankach substancji biologicznie czynnych, m.in. witaminy C i białka. W niniejszych badaniach stwierdzono zmiany zawartości witaminy C w świeżej masie roślin pod wpływem nawożenia potasowego oraz wapnowania. Jednocześnie potwierdzono, że jarmuż stanowi dobre źródło witaminy C, ponieważ oznaczono w świeżej masie roślin od 130 do  $216 \text{ mg wit. C}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$ . Korus [2011] podaje zawartość wit. C w jarmużu na poziomie  $102 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$  św.m., natomiast Sanlier i Guler [2018] –  $120 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$  św.m. Jak podają Golcz i Kozik [2004], zwiększone dawki potasu wywarły dodatni wpływ na zawartość witaminy C w owocach papryki. Zawartość suchej masy w jarmużu wynosiła od 16,2 do 20,3%. Wartości te były zbliżone do danych uzyskanych przez Sikorę i Bodziarczyk [2012] oraz Łatę i Wińską-Krysiak [2006]. Zawartość białka w suchej masie wynosiła od 243,7 do  $350,6 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  s.m. Krężel i in. [1998] wykazali w jarmużu średniowysokim zawartość białka na poziomie  $255,1 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  s.m. Stosowanie nawozu potasowego w formie siarczanowej niesie za sobą ryzyko ujemnego wpływu siarczanów na zawartość molibdenu w liściach nawożonych roślin. Molibden wchodzi w skład reduktazy azotanowej, a jego brak w roślinie jest przyczyną nadmiernej akumulacji azotanów w warzywach [Nurzyński 1999]. W badaniach własnych zastosowanie zwiększonych dawek siarczanu potasu spowodowało akumulowanie w jarmużu jonów azotowych i azotu ogółem. Tendencję tę potwierdzają badania Kozik [2006]. Natomiast Hanafy i in. [2002] odnotowali zmniejszenie kumulacji azotanów w rokicie pod wpływem zwiększania dawek potasu. W przeprowadzonych doświadczeniach nie odnotowano jednoznacznych zależności między wielkością dawki potasu a zawartością fosforu w roślinach, jednakże mniejsza zawartość tego składnika w jarmużu odnotowana po zastosowaniu większej dawki  $\text{CaCO}_3$  może wynikać z ograniczenia przyswajalności fosforu przez wysoką zawartość wapnia w podłożu. Zwiększanie



dawki potasu zmniejszało zawartość wapnia w jarmużu, co wskazywałoby na antagonistyczne oddziaływanie potasu względem wapnia. Obniżenie zawartości wapnia i magnezu w roślinach pod wpływem nawożenia potasowego odnotowali również Barzegar i in. [2020]. Rośliny jarmużu wykazują wysoką zawartość magnezu [Becerra-Moreno i in. 2014]. W badaniach własnych zawartość magnezu w suchej masie roślin wynosiła średnio  $2,75 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  s.m. i była najwyższa po zastosowaniu potasu w dawce  $0,8 \text{ g K} \cdot \text{dm}^{-3}$  podłoża.

#### WNIOSKI

1. Zwiększanie dawki potasu stosowanego w postaci  $\text{K}_2\text{SO}_4$  modyfikowało skład chemiczny roślin jarmużu oraz wpływało na jego plonowanie. Największą masę roślin odnotowano w obiektach nawożonych  $1,2 \text{ g K} \cdot \text{dm}^{-3}$  z dodatkiem  $15 \text{ g CaCO}_3 \cdot \text{dm}^{-3}$ .

2. Nawożenie jarmużu wyższymi dawkami potasu wraz z zastosowaniem  $15 \text{ g CaCO}_3 \cdot \text{dm}^{-3}$  podczas nawożenia powoduje wzrost zawartości witaminy C i białka w roślinach.

3. Wzrost zawartości azotu ogółem oraz jego mineralnych form, a także potasu, przy równoczesnym spadku zawartości wapnia, zaobserwowano w suchej masie części nadziemnych jarmużu po nawożeniu roślin najwyższą ( $1,6 \text{ g K} \cdot \text{dm}^{-3}$ ) dawką potasu.

#### PIŚMIENNICTWO

- Ayaz F.A., Glew R.H., Millson M., Huang, H.S., Chuang L.T., Sanz C., Hayirlioglu-Ayaz, S., 2006. Nutrient contents of kale (*Brassica oleraceae* L. var. *acephala* DC). Food Chem. 96(4), 572–579.
- Barzegar T., Mogammadi S., Ghahremani Z., 2020. Effect of nitrogen and potassium fertilizer on growth, yield and chemical composition of sweet fennel. J. Plant Nutr. 43(8), 1189–1204. <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1724306>
- Becerra-Moreno A.P.A., Alanís-Garza J.L., Mora-Nieves J.P., Mora-Mora P., Jacobo-Velázquez D.A., 2014. Kale: An excellent source of vitamin C, pro-vitamin A, lutein and glucosinolates. CyTA – J. Food. 12, 298–303. <https://doi.org/10.1080/19476337.2013.850743>
- Cardoso C.P., Mattos Della Lucia C., César Stringheta P., Benício Paes Chaves J., Pinheiro-Sant'Ana A., 2009. Carotene and provitamin A content of vegetables sold in Viçosa, MG, Brazil, during spring and winter. Braz. J. Pharm. Sci. 45, 527–537. <https://doi.org/10.1590/S1984-82502009000300019>
- Di Noia J., 2014. Defining powerhouse fruits and vegetables: a nutrient density approach. Prev. Chronic Dis. 11, E95. <https://doi.org/10.5888/pcd11.130390>
- Dzida K., 2010. Biological value and essential oil content in sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) depending on calcium fertilization and cultivar. Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus 9(4), 153–161.
- Dzida K., Jarosz Z., 2010. Effect of calcium carbonate and differentiated nitrogen fertilization upon the yield and chemical composition of spinach beet. Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus 9(3), 201–210.

- Flaczyk E., Przeor M., Kobus-Cisowska J., Biegańska-Marecik R., 2014. Ocena jakości sensorycznej nowych potraw z jarmużem (*Brassica oleracea*). *Bromat. Chem. Toksykol.* 47(3), 392–396.
- Golcz A., Kozik E., 2004. Effect of several agrotechnical factors on vitamin C content in pepper (*Capsicum annuum* L.) and lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Rocz. AR w Pozn.* 356, *Ogrodnictwo* 37, 65–74.
- Hanafy A.H., Kahlil M.K., Farrag A.M., 2002. Nitrate accumulation, growth, yield and chemical composition of Rocket (*Eruca vesicaria* Sub sp. *sativa*) plant as affected by NPK fertilization, kinetin and salicylic acid. *Annal. Agric. Sci. Ain Shams Univ., Egypt* 47, 1–26.
- Horobowicz M., Saniewski M., 2000. Likopen i inne karotenoidy – występowanie i wartość biologiczna. *Zesz. Nauk. AR Krak. Ogrod.* 364, 71, 13–18.
- Hwang E.S., Bornhorst G.M., Oteiza P.I., Alyson E.M. 2019. Assessing the fate and bioavailability of glucosinolates in Kale (*Brassica oleracea*) using simulated human digestion and Caco-2 Cell Uptake Models. *J. Agric. Food Chem.* 67(34), 9492–9500. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b03329>
- Isidora R., Pavlovic M., Sala F., Adina B., 2008. Potassium fertilization influence upon vegetables yield quality and soil fertility protection. *Res. J. Agric. Sci.* 40(2), 147–152.
- Korus A., 2011. Level of Vitamin C, Polyphenols, and Antioxidant and Enzymatic Activity in Three Varieties of Kale (*Brassica Oleracea* L. var. *acephala*) at Different Stages of Maturity. *Int. J. Food Proper.* 14(5), 1069–1080. <https://doi.org/10.1080/10942910903580926>
- Korus A., Kmiecik W., 2007. Content of carotenoids and chlorophyll pigments in kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) depending on the cultivar and the harvest date. *EJPAU* 10(1), 28.
- Kozik E., 2006. Wpływ terminu zbioru oraz nawożenia azotem i potasem na zawartość azotanów w sałacie uprawianej w szklarni. *Acta Agrophys.* 7(3), 633–642.
- Krężel J., Kołota E., Ściążko D., 1998. Wpływ terminu siewu oraz terminu zbioru na skład aminokwasowy białka dwóch odmian jarmużu. *Zesz. Nauk. ATR Bydg. Rol.* 215(42), 119–123.
- Krochmal-Marczak B., Sawicka B., Stryjecka M., Pisarek M., Bienia B., 2017. Wartość odżywcza i prozdrowotna wybranych warzyw z rodzaju kapusta (*Brassica* L.). *Herbalism* 1(3), 80–91.
- Kunachowicz H., Nadolna I., Przygoda B., Iwanow K., 2005. Tabele składu i wartości odżywczej żywności. Instytut Żywności i Żywienia, Warszawa.
- Lester G.E., Jifon J.J., Makus D.J., 2010. Impact of potassium nutrition on food quality of fruits and vegetables: A condensed and concise review of the literature. *Better Crops* 94(1), 18–21.
- Łata B., Wińska-Krysiak M., 2006. Skład chemiczny jarmużu uprawianego na dwóch typach gleby. *Acta Agrophys.* 7(3), 663–607.
- Marques D.J., Bianchini H.C., Lobato A.K.S., Silva W.F., 2018. Potassium fertilization in the production of vegetables and fruits. *Intech Open* 4, 45–68. <https://doi.org/10.5772/intechopen.72854>
- Migliozzi D., Thavarajah P., Thavarajah D., Smith P., 2015. Lentil and Kale: Complementary Nutrient-Rich Whole Food Sources to Combat Micronutrient and Calorie Malnutrition. *Nutrients* 7(11), 9285–9298. <https://doi.org/10.3390/nu7115471>
- Nurzyński J., 1999. Nawożenie a skład chemiczny warzyw. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 466, 31–40.
- Olsen H., Grimmer S., Aaby K., Saha S., Borge G.I.A., 2012. Antiproliferative effects of fresh and thermal processed green and red cultivars of curly kale (*Brassica oleracea* L. convar. *acephala* var. *sabellica*) *J. Agric. Food Chem.* 60(30), 7375–7383. <https://doi.org/10.1021/jf300875f>

- Sanlier N., Guler S., 2018. Human on Vegetables Brassica of Benefits Health. *J. Health Human* 104(1), 1–13.
- Sikora E., Bodziarczyk I., 2012. Composition and antioxidant activity of kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) raw and cooked. *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.* 11(3), 239–248.
- Skąpski H., Dąbrowska B., 1994. *Uprawa warzyw w polu*. Wyd. SGGW, Warszawa.
- Truong K., 2017. The Effects of Nitrogen and Potassium on the Growth of *Brassica rapa*. *Best Integrated Writing* 4(11), 88–99. <https://doi.org/10.3897/bdj.4.e7720.figure2f>
- Wang M., Zheng Q., Shen Q., Guo S., 2013. The Critical Role of Potassium in Plant Stress Response. *Int. J. Mol. Sci.* 14(4), 7370–7390. <https://doi.org/10.3390/ijms14047370>

**Źródło finansowania badań:** OIP/S/51/2021.

**Summary.** The increase in human awareness of healthy nutrition is related to an intensification of vegetable species' demand with high nutritional value. Kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) is a valuable plant due to its rich chemical composition, biological value, and small agrotechnical requirements. In the greenhouse experiment, the effect of the  $K_2SO_4$  dose (0.4, 0.8, 1.2, 1.6 g  $K \cdot dm^{-3}$ ) was analyzed against the background of two doses of calcium carbonate (5 and 15 g  $CaCO_3 \cdot dm^{-3}$ ) on yielding, chemical composition and biological value of kale. The largest kale yield was obtained after applying 1.2 g  $K \cdot dm^{-3}$  in the medium; both higher and lower potassium doses reduced the yield. Kale is a good source of vitamin C. Studies have shown that the content of this substance in the leaves was from 130 to 216 mg  $\cdot 100 g^{-1}$  f.m. and depended on the dose of potassium. Increasing potassium doses also resulted in higher protein concentrations in plants. A significant increase in the content of nitrogen and potassium in plants was found, along with an increase in potassium sulfate dose.

**Keywords:** *Brassica oleracea* L. var. *acephala*, potassium, fresh matter, dry matter, protein, vitamin C

Otrzymano – Received: 20.04.2020  
Zaakceptowano – Accepted: 9.12.2020