

ZAWARTOŚĆ MAKROELEMENTÓW W CZĘŚCI WSKAŹNIKOWEJ BROKUŁU W ZALEŻNOŚCI OD ROZSTAWY I METODY UPRAWY*

Aneta Grabowska, Agnieszka Sękara, Edward Kunicki, Andrzej Kalisz

Katedra Roślin Warzywnych i Zielarskich, Uniwersytet Rolniczy
Al. 29 Listopada 54, 31-425 Kraków
e-mail: a.grabowska@ogr.ur.krakow.pl

Streszczenie. Brokuł jest warzywem, którego znaczenie gospodarcze w Polsce systematycznie rośnie. Jest ceniony przez konsumentów za walory smakowe i zdrowotne. Wielkość plonu i jakość róży brokułu zależą bezpośrednio od zaopatrzenia roślin w pierwiastki w ciągu sezonu wegetacyjnego. Przedstawiono wyniki stanu odżywienia makroelementami roślin brokułu, na podstawie ich zawartości analizowanej w częściach wskaźnikowych (nerw główny liścia), w dwóch fazach rozwoju. Analizę uzależniono od dwóch czynników agrotechnicznych: metody uprawy (siew wprost do gruntu i rozsada) oraz rozstawy roślin (20, 30, 40 i 50 cm x 67,5 cm). W prezentowanej pracy zakres zawartości badanych składników wyniósł kolejno w fazie wzrostu wegetatywnego i fazie wiązania róż ($\text{g} \cdot (100 \text{ g})^{-1} \text{ s.m.}$): NH_4^+ 0,11-0,80 i 0,09-0,43; NO_3^- 0,49-5,73 i 0,34-3,30; P 0,17-0,31 i 0,24-0,41; K 2,37-5,74 i 2,22-3,09; Ca 0,92-2,27 i 0,93-2,80; Mg 0,16-0,41 oraz 0,20-0,44. Poziom analizowanych makroelementów był zróżnicowany nie tylko pomiędzy obiektami doświadczenia, ale również pomiędzy latami badań. Prezentowane dane pozwalają na diagnozę stanu odżywienia brokułu w fazach determinujących wielkość i jakość plonu.

Słowa kluczowe: *Brassica oleracea* var. *italica*, azot, fosfor, potas, magnez, wapń, nerw główny liścia

WSTĘP

Warunki klimatyczne panujące w Polsce umożliwiają uprawę brokułu na potrzeby rynku warzyw świeżych w okresie od wiosny do jesieni. Brokuł uprawiany jest na skalę towarową prawie wyłącznie z rozsady produkowanej pod osłonami lub na rozsadniku. Uprawa z siewu bezpośrednio do gruntu, która pozwala na znacznie większe zagęszczenie roślin, jest popularna między innymi w USA.

*Badania częściowo finansowane przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach projektu nr 2 P06R 058 27.

Metoda ta uważana jest tam za tańszą i jednocześnie pozwalającą na uzyskanie większego plonu. Rośliny uprawiane z siewu wytwarzają głębszy system korzeniowy, czego następstwem jest ich tolerancja na suszę i możliwość korzystania z większej ilości składników pokarmowych. Jednocześnie zróżnicowanie zagęszczenia roślin na jednostce powierzchni daje możliwość regulacji wielkości róży, w zależności od wymagań rynku warzyw świeżych lub przemysłu przetwórczego. Rekowska i Słodkowski (2001) wykazali, że zastosowanie rozsady doniczkowej brokułu wpłynęło korzystnie na wielkość plonu wczesnego oraz masę i średnicę róży w porównaniu z uprawą z rozsady niedoniczkowej. Metoda produkcji nie wywarła natomiast istotnego wpływu na wielkość plonu handlowego zarówno róż głównych, jak i bocznych. Sterret i in. (1991) stwierdzili, że stosując uprawę z rozsady jak i z siewu wprost do gruntu, można uzyskać zakładaną obsadę roślin na jednostce powierzchni, ale tylko na zbiór wczesny, w warunkach wschodniej Wirginii. Siew wprost do gruntu brokułu przeznaczonego na zbiór w połowie okresu wegetacji skutkowało gorszymi wschodami. W warunkach Polski południowo-wschodniej Kunicki i in. (1999) badali wpływ zróżnicowanej gęstości sadzenia trzech odmian brokułu: 'Kermit', 'Montilla' i 'Skiff' na wielkość i jakość plonu. Stwierdzono, że plon handlowy róż brokułu z uprawy w zagęszczeniu 8 roślin na m² był o 51% wyższy w porównaniu z uprawą w zagęszczeniu 3,2 roślin na m². W doświadczeniu prowadzonym w warunkach Pomorza Zachodniego plon brokułu odmiany 'Corvet' F₁ w uprawie wiosennej, w rozstawie 50 x 50 cm, wyniósł 6,27 t·ha⁻¹, zaś w rozstawie 50 x 20 cm – 16,27 t·ha⁻¹ (Rekowska 1998). Rekowska i Słodkowski (2000) podali, że w miarę zagęszczania roślin w rzędzie od 60 do 20 cm, istotnie zwiększył się plon handlowy brokułu.

Przedmiotem prezentowanych badań była analiza wpływu metody uprawy i zagęszczenia roślin na zawartość makroelementów w częściach wskaźnikowych roślin brokułu. Oceniono stopień odżywienia wybranymi pierwiastkami roślin brokułu w dwóch fazach wzrostu i rozwoju, decydujących o wielkości i jakości plonu, mianowicie fazy intensywnego wzrostu wegetatywnego oraz fazy wiązania róży. Prezentowane wyniki mogą stanowić podstawę do oceny stanu odżywienia roślin brokułu przy metodach uprawy zróżnicowanych zgodnie z aktualnymi zaleceniami agrotechnicznymi.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie założono w Warzywniczej Stacji Doświadczalnej Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie na glebie typu brunatna właściwa, podtyp: szarobrunatna (stara mada próchniczna), rodzaj: ustabilizowane aluwia rzeczne, gatunek: pył ilasty zalegający na glebie średniej pylastej podścielonej pyłem zwykłym, o zawartości C_{org} 2%. Stanowisko było przygotowane w sposób standardowy,

stosowany w praktyce ogrodniczej. Przedplonem była każdorazowo pszenica jara. Obiektem badań był brokuł (*Brassica oleracea* var. *italica*), odmiana 'Lord' F₁. W założeniu doświadczenia zastosowano metodę losowanych bloków w czterech powtórzeniach. Badanymi czynnikami były: metoda uprawy (siew wprost do gruntu i rozsada doniczkowana) oraz zagęszczenie roślin: 7,4; 5,0; 3,7 i 3,0 rośliny na m² (rozstawa 20, 30, 40 i 50 cm x 67.5 cm). Poletko doświadczalne obejmowało 24 rośliny.

Nasiona wysiano wprost do gruntu 21, 23 i 18 maja odpowiednio w 2002, 2003 i 2004 roku. Wysiewano gniazdowo po 3 sztuki nasion, po wschodach przeprowadzono przerywkę pozostawiając jedną najlepiej rozwiniętą siewkę. Nasiona do uzyskania rozsady wysiano 20, 20 i 17 maja, a rozsadę wysadzono 20, 19 i 17 czerwca odpowiednio 2002, 2003 i 2004 roku. Rozsadę produkowano w wielodoniczkach typu VP 96, o objętości pojedynczej komórki 53 cm³, napełnionych standardowym substratem torfowym o pH 6,5.

Na podstawie analiz gleby (tab. 1) uzupełniono zawartość składników mineralnych do poziomu NPK: N – 200, P₂O₅ – 90 i K₂O – 240 kg ha⁻¹. W okresie wegetacji wykonywano zabiegi pielęgnacyjne i ochronne według zaleceń dla gatunku, prowadzono nawadnianie z wykorzystaniem deszczowni.

Tabela 1. Wyniki analizy chemicznej gleby przed założeniem doświadczenia
Table. 1. Results of chemical analysis of the soil before the experiment

Rok Year	N-NH ₄	N-NO ₃	P	K	Ca	Mg	NaCl	pH
	(mg·dm ⁻³)						(g·dm ⁻³)	
2002	3,50	21,00	50,00	116,90	1077	155,5	0,32	6,57
2003	17,50	94,50	32,50	27,30	2337	171,5	0,35	7,22
2004	8,75	66,50	48,00	34,90	1031	184,0	0,26	8,02

Warunki doświadczenia

Dane dotyczące temperatury powietrza i usłonecznienia, zdefiniowanego jako liczba godzin w ciągu dnia mierzona przy pomocy heliografu Campbell'a-Stokes'a, uzyskano w Stacji Meteorologicznej Kraków-Balice, usytuowanej około 3 km od stacji doświadczalnej. W obiektach, w których zastosowano uprawę z siewu wprost do gruntu, mierzono również temperaturę gleby, za pomocą czujników HOBO, umieszczonych na głębokości 15 cm. W tabeli 2 przedstawiono średnie miesięczne temperatury i usłonecznienia w okresie wegetacji badanego gatunku. W pierwszym roku badań odnotowano szczególnie wysoką średnią i maksymalną temperaturę w lipcu, aczkolwiek ten miesiąc cechowały również największe wahania tempera-

tur, a różnica pomiędzy wartością maksymalną i minimalną wyniosła 22°C. W okresie od czerwca do lipca 2003 roku odnotowano umiarkowane i jednocześnie wyrównane temperatury. Rok 2004 cechował się umiarkowanymi wartościami temperatur średnich, ale również dużymi różnicami pomiędzy temperaturami minimalnymi i maksymalnymi.

Biorąc pod uwagę średnie wartości temperatury gleby zarejestrowane w ciągu sezonu wegetacyjnego brokułu w kolejnych latach prowadzenia doświadczenia (tab. 3), można stwierdzić, że temperatura gleby była w pewnym stopniu modyfikowana przez zagęszczenie roślin. Odnotowano jednocześnie znaczne różnice pomiędzy miesiącami wegetacji oraz latami badań. W miesiącach z umiarkowanymi temperaturami powietrza i wysokim usłonecznieniem odnotowano największe różnice w temperaturze gleby pomiędzy obiektami ze zróżnicowanym zagęszczeniem roślin. Na przykład w czerwcu 2003 roku średnia temperatura gleby była o 1,9°C, a temperatura minimalna o 2,8°C niższa przy rozstawie roślin 20 cm, w porównaniu z rozstawą 50 cm. Podobną tendencję odnotowano w lipcu 2002 i sierpniu 2003 roku. W miesiącach z umiarkowanymi temperaturami powietrza i nasłonecznieniem nie odnotowano jednoznacznych zależności pomiędzy temperaturą gleby i zagęszczeniem roślin.

Analizy laboratoryjne

Do badań przeznaczono część wskaźnikową rośliny brokułu, główny nerw młodego, w pełni rozwiniętego liścia (Breś i in. 1997, Hartz i in. 2000). Analizy wykonano w dwóch terminach: I – faza intensywnego rozwoju wegetatywnego, 7-8 tygodni od siewu (dla obydwu metod uprawy) w zależności od roku badań oraz II – faza początku wiązania róży, 10-11 tygodni od siewu w zależności od roku badań. Azot w formie azotanowej i amonowej oznaczono destylacyjną mikrometodą Bremnera w modyfikacji Starcka. Wapń, potas i magnez oznaczono metodą ASA, na spektrofotometrze Varian SPECTR 20 AA (Austria), po uprzednim rozdrobnieniu materiału roślinnego za pomocą młynka Ultra ZM 200 (RETSCH, Niemcy) i mineralizacji 5,0 g naważek w temp 500°C w obecności 20% HNO₃. Fosfor oznaczono kolorymetrycznie metodą molibdenowo-wanadową na spektrofotometrze Specol 11 (Carl Zeiss, Niemcy).

Statystyczną analizę danych wykonano metodą ANOVA i za pomocą programu STATISTICA (StatSoft Inc., USA). W celu określenia istotności różnic między średnimi posłużono się testem Fishera przy $p < 0,05$. Obliczono współczynniki korelacji prostej w celu określenia występowania i siły zależności między parametrami mikroklimatycznymi a zawartością analizowanych pierwiastków w częściach wskaźnikowych brokułu.

Tabela 2. Średnia, maksymalna i minimalna temperatura powietrza (°C) oraz usłonecznienie (h) w latach badań
Table 2. Mean, maximum and minimum air temperature values (°C) and insolation (h) in the experimental years

Miesiąc Month	2002			2003			2004		
	Temperatura Temperature		Usłone- cznienie Inso- lation	Temperatura Temperature		Usłone- cznienie Inso- lation	Temperatura Temperature		Usłone- cznienie Inso- lation
	średnia mean	max. min.		średnia mean	max. min.		średnia mean	max. min.	
Czerwiec June	17,1	22,6 11,5	79,7	19,3 25,0	13,6	281,0	16,8 27,2	8,0	180,1
Lipiec July	26,0	31,6 9,6	224,6	19,7 25,0	14,8	185,6	18,4 30,8	8,0	200,9
Sierpień August	19,9	29,1 12,0	212,4	19,9 26,6	13,9	281,4	18,7 32,5	8,6	229,0

Tabela 3. Średnia, maksymalna i minimalna temperatura gleby (°C) w zależności od rozstawy roślin w obiektach z uprawą z siewu
Table 3. Mean, maximum and minimum soil temperatures (°C) in relation to plant spacing in treatment with seed sowing

Miesiąc Month	Rozstawa Spacing (cm)	2002			2003			2004		
		Temperatura Temperature			Temperatura Temperature			Temperatura Temperature		
		średnia mean	max.	min.	średnia mean	max.	min.	średnia mean	max.	min.
Czerwiec June	20	20,5	27,4	15,7	21,6	29,1	14,8	17,6	23,0	13,4
	30	20,7	27,3	14,9	23,2	29,1	17,6	17,7	23,5	13,0
	40	18,9	25,9	14,3	23,0	29,0	17,8	17,8	25,1	12,0
	50	19,9	26,6	14,4	23,5	30,1	17,6	17,6	22,7	13,2
Lipiec July	20	19,7	24,2	15,8	20,7	30,3	15,4	19,5	27,8	14,3
	30	19,7	23,3	15,8	20,1	29,5	14,1	19,6	28,0	14,3
	40	19,1	21,8	16,0	20,5	29,5	14,2	19,5	30,1	12,3
	50	20,0	24,0	16,5	21,0	26,3	14,8	19,4	27,2	14,4
Sierpień August	20	18,1	21,9	15,8	18,9	23,0	15,2	17,6	20,8	14,3
	30	18,5	21,3	16,4	20,1	26,1	16,3	17,3	20,0	14,3
	40	18,4	21,2	16,3	20,2	25,6	16,3	16,9	19,4	14,2
	50	18,6	22,1	16,3	20,2	24,5	16,4	17,5	20,4	14,8

WYNIKI

Na podstawie analizy wyników części wskaźnikowych brokołu wykazano istotny wpływ metody uprawy i zagęszczenia roślin na zawartość jonów amonowych (tab. 4), zróżnicowany w zależności od fazy rozwoju i roku badań. Analizy wykonane w fazie rozwoju wegetatywnego wykazały w 2003 roku największą zawartość jonów amonowych w nerwie głównym liścia brokołu uprawianego z rozsady w rozstawie 20 cm, natomiast w 2004 roku – z siewu, w rozstawie 40 i 50 cm. W części wskaźnikowej brokołu, pobranej do analiz w fazie początku wiązania róży w 2002 roku, stwierdzono większą zawartość jonów amonowych w roślinach uprawianych z rozsady, w rozstawie 40 i 50 cm, w porównaniu z rozstawą 20 cm. W drugim roku badań rośliny uprawiane z rozsady w rozstawie 50 cm oraz z siewu, w rozstawie 40 i 50 cm, charakteryzowała istotnie większa zawartość jonów amonowych w porównaniu z uprawianymi z siewu, w rozstawie 20 cm. W trzecim roku badań stwierdzono również najmniejszą zawartość jonów amonowych w nerwie głównym liścia brokołu uprawianego z siewu, w rozstawie 20 cm, w porównaniu do wszystkich pozostałych obiektów. Biorąc pod uwagę tylko rozstaw, stwierdzono we wszystkich latach badań tendencję zwiększania zawartości jonów amonowych w części wskaźnikowej brokołu w fazie wiązania róży uprawianego z rozsady, przy zwiększaniu rozstawy. Analizując średnie dla lat doświadczenia, istotny wpływ czynników badawczych na zawartość jonów amonowych stwierdzono tylko w fazie początku wiązania róży, kiedy wraz ze wzrostem rozstawy zwiększała się zawartość jonów amonowych w częściach wskaźnikowych brokołu.

Zawartość jonów azotanowych, analizowana w fazie rozwoju wegetatywnego, była największa w części wskaźnikowej brokołu uprawianego z rozsady, w rozstawie 50 cm w 2003 roku (tab. 5). W ostatnim roku badań stwierdzono największą zawartość jonów azotanowych w nerwie głównym liścia roślin sianych wprost do gruntu w rozstawie 40 i 50 cm. W fazie wiązania róży stwierdzono istotne różnice w zawartości jonów azotanowych pomiędzy roślinami uprawianymi z rozsady w rozstawie 40 i 50 cm a uprawianymi w rozstawie 20 cm z siewu i rozsady (2002); pomiędzy roślinami z siewu w rozstawie 40 i 50 cm oraz z rozsady w rozstawie 50 cm a uprawianymi z siewu wprost do gruntu w rozstawie 20 cm (2003); pomiędzy uprawianymi z siewu wprost do gruntu w rozstawie 20 cm a pozostałymi obiektami. Zawartość jonów azotanowych w części wskaźnikowej brokołu nie wykazała powtarzalnych w latach zależności od badanych czynników. Również analizując średnie dla lat, nie stwierdzono istotnego wpływu rozstawy i metody uprawy na zawartość jonów azotanowych w częściach wskaźnikowych brokołu w badanych fazach rozwoju.

Tabela 4. Zawartość jonów NH_4^+ ($\text{g}(100 \text{ g}^{-1}) \text{ s.m.}$) w części wskaźnikowej brokołu w dwóch fazach rozwoju, zależnie od metody uprawy i rozstawy
Table 4. Content of NH_4^+ ions ($\text{g}(100 \text{ g}^{-1}) \text{ DM}$) in index part of broccoli in two phases of growth, in relation to cultivation method and spacing

Metoda uprawy Method of cultivation	Rozstawa Spacing	Faza rozwoju wegetatywnego Vegetative development stage				Początek wiązania róży Beginning of flower head formation					
		2002		2003		2002		2003		2004	
		średnia dla lat mean for years		średnia dla lat mean for years		średnia dla lat mean for years		średnia dla lat mean for years		średnia dla lat mean for years	
Siew Seeds sowing	20	0,144 a	0,658 ab	0,246 a	0,349 A	0,153 a	0,090 a	0,162 a	0,135 A		
	30	0,124 a	0,734 c	0,264 a	0,374 A	0,183 ab	0,104 ab	0,318 b	0,201 AB		
	40	0,140 a	0,709 bc	0,383 c	0,411 A	0,197 ab	0,134 b	0,361 b	0,231 AB		
	50	0,127 a	0,710 bc	0,340 c	0,392 A	0,182 ab	0,127 b	0,404 b	0,237 B		
Rozsada Seedlings	20	0,125 a	0,802 d	0,255 a	0,394 A	0,146 a	0,111 ab	0,356 b	0,204 AB		
	30	0,125 a	0,752 cd	0,274 ab	0,383 A	0,172 ab	0,106 ab	0,424 b	0,234 AB		
	40	0,131 a	0,612 a	0,283 ab	0,342 A	0,226 b	0,104 ab	0,428 b	0,253 B		
	50	0,109 a	0,639 ab	0,286 ab	0,345 A	0,227 b	0,125 b	0,414 b	0,255 B		
Średnia dla metody Mean for method	siew seeds sowing	0,134 A	0,703 A	0,308 B	0,382 A	0,179 A	0,114 A	0,311 A	0,201 A		
	rozsada seedlings	0,122 A	0,701 A	0,274 A	0,366 A	0,193 A	0,111 A	0,405 B	0,236 A		
Średnia dla rozstawy Mean for spacing	20	0,134 A	0,730 B	0,250 A	0,371 A	0,150 A	0,101 A	0,259 A	0,170 A		
	30	0,124 A	0,743 B	0,269 AB	0,379 A	0,177 AB	0,105 AB	0,371 B	0,218 AB		
	40	0,135 A	0,661 A	0,333 C	0,376 A	0,212 B	0,119 AB	0,394 B	0,242 B		
	50	0,118 A	0,675 A	0,313 BC	0,369 A	0,204 B	0,126 B	0,409 B	0,246 B		

Objasnienie: Różne litery w obrębie danej kolumny oznaczają istotne różnice między średnimi, duże litery – wpływ badanego czynnika, małe litery – wpływ interakcji badanych czynników.

Explanation: Different letters within particular column indicate significant differences between the means, capital letters – the effect of investigated factors, small letters – the effect of interaction of the investigated factors.

Tabela 5. Zawartość jonów NO_3^- ($\text{g} \cdot (100 \text{ g}^{-1}) \text{ s.m.}$) w części wskaźnikowej brokulu w dwóch fazach rozwoju, zależnie od metody uprawy i rozstawu**Table 5.** Content of NO_3^- ions ($\text{g} \cdot (100 \text{ g}^{-1}) \text{ DM}$) in index part of broccoli in two phases of growth, in relation to cultivation method and spacing

Metoda uprawy Method of cultivation	Rozstawa Spacing	Faza rozwoju wegetatywnego Vegetative development stage				Początek wiązania róży Beginning of flower head formation			
		średnia dla lat mean for years		średnia dla lat mean for years		średnia dla lat mean for years		średnia dla lat mean for years	
		2002	2003	2004	2004	2002	2003	2004	2004
Siew Seeds sowing	20 30 40 50	0,597 a-c 0,543 ab 0,641 bc 0,565 a-c	1,181 a 1,482 b 1,663 c 1,703 cd	4,484 ab 4,742 bc 5,734 d 5,150 c	2,087 A 2,256 A 2,679 A 2,473 A	0,340 a 0,385 a 0,411 a 0,410 a	3,301 c 3,119 bc 2,801 bc 2,515 a-c	2,827 a 2,808 a 2,260 a 2,435 a	2,156 A 2,104 A 1,824 A 1,787 A
Rozsada Seedlings	20 30 40 50	0,690 c 0,547 ab 0,594 a-c 0,489 a	1,870 d-f 1,882 ef 1,830 c-e 2,044 f	4,112 a 4,383 ab 4,237 a 4,223 a	2,224 A 2,271 A 2,220 A 2,252 A	0,429 a 0,431 a 0,610 b 0,472 ab	2,763 bc 2,430 ab 1,853 a 2,856 bc	2,355 a 2,468 a 2,608 a 2,314 a	1,849 A 1,776 A 1,690 A 1,881 A
Średnia dla metody Mean for method	siew seeds sowing rozsada seedlings	0,586 A 0,580 A	1,507 A 1,906 B	5,028 B 4,239 A	2,374 A 2,242 A	0,387 A 0,485 B	2,934 B 2,475 A	2,583 A 2,436 A	1,968 A 1,799 A
Średnia dla rozstawy Mean for spacing	20 30 40 50	0,644 B 0,545 AB 0,617 AB 0,527 A	1,525 A 1,682 B 1,747 B 1,873 C	4,298 A 0,563 AB 4,986 C 4,686 BC	2,356 A 2,263 A 2,450 A 2,362 A	0,384 A 0,408 AB 0,511 B 0,441 AB	3,032 B 2,774 AB 2,327 A 2,685 AB	2,592 A 2,638 A 2,434 A 2,375 A	2,003 A 1,940 A 1,757 A 1,834 A

Objasnienie: patrz Tabela 4 – Explanation: see Table 4.

Analiza zawartości fosforu w części wskaźnikowej brokołu, przeprowadzona w fazie rozwoju wegetatywnego, wykazała istotną zależność od czynników badawczych w pierwszym i trzecim roku doświadczeń (tab. 6). W 2002 roku stwierdzono istotnie większą zawartość fosforu w nerwie głównym liścia brokołu uprawianego z siewu wprost do gruntu w rozstawie 20, 30 i 40 cm w porównaniu do uprawy z rozsady. W 2004 roku brokuł uprawiany z siewu w rozstawie 40 i 50 cm zawierał więcej fosforu niż uprawiany z siewu w rozstawie 20 cm. W fazie wiązania róży wykazano w 2002 roku większą zawartość fosforu w nerwie głównym liścia brokołu uprawianego z rozsady w rozstawie 30 m w porównaniu do uprawianego z siewu w rozstawie 40 cm i z rozsady w rozstawie 20 i 50 cm. W 2003 roku stwierdzono większy poziom fosforu w części wskaźnikowej brokołu uprawianego z rozsady w rozstawie 50 cm w porównaniu z uprawą z rozsady w rozstawie 20 i 30 cm i z siewu w rozstawie 20, 30 i 40 cm. W 2004 roku nie wykazano istotnych różnic pomiędzy obiektami badawczymi odnośnie zawartości fosforu w części wskaźnikowej brokołu w fazie wiązania róży. Na podstawie analizy średnich z lat badań nie stwierdzono istotnego wpływu metody uprawy na zawartość fosforu w części wskaźnikowej brokołu, natomiast zagęszczenie wpłynęło na badany parametr w fazie początku wiązania róży. Wykazano wyższy poziom tego pierwiastka u roślin uprawianych w największej rozstawie w porównaniu do największego zagęszczenia.

Zawartość potasu w nerwie głównym liścia brokołu analizowana w fazie rozwoju wegetatywnego nie zależała istotnie od badanych czynników w pierwszym roku doświadczenia (tab. 7). W drugim roku stwierdzono największy poziom tego pierwiastka w nerwie głównym liścia roślin uprawianych z rozsady w rozstawie 50 cm w porównaniu z uprawianymi z siewu w rozstawie 30 cm i z rozsady w rozstawie 20 cm. W trzecim roku badań stwierdzono istotnie więcej potasu w części wskaźnikowej brokołu uprawianego z siewu w rozstawie 50 cm w porównaniu z uprawianym z rozsady w rozstawie 20, 30 i 40 cm. Analizy wykonane w fazie wiązania róży wykazały w 2002 roku istotnie więcej potasu w nerwie głównym liścia brokołu uprawianego z siewu w rozstawie 50 cm a wszystkimi roślinami uprawianymi z rozsady. W 2003 roku istotne różnice odnośnie analizowanego parametru wystąpiły pomiędzy wszystkimi obiektami, w których brokuł uprawiano z siewu a roślinami z rozsady, w rozstawie 20 i 30 cm. Biorąc pod uwagę tylko metodę uprawy, stwierdzono w latach 2002 i 2003, większą zawartość potasu w nerwie głównym liścia brokołu w fazie wiązania róży uprawianego z siewu w porównaniu z uprawą z rozsady. Analizując średnie dla lat badań stwierdzono istotny wpływ metody uprawy oraz współdziałania badanych czynników na zawartość potasu w częściach wskaźnikowych brokołu w fazie wiązania róży. Wyższy poziom tego pierwiastka oznaczono w roślinach uprawianych z siewu wprost do gruntu.

Tabela 6. Zawartość fosforu ($\text{g} \cdot (100 \text{ g}^{-1}) \text{ s.m.}$) w części wskaźnikowej brokulu w dwóch fazach rozwoju, zależnie od metody uprawy i rozstawy
Table 6. Phosphorus content ($\text{g} \cdot (100 \text{ g}^{-1}) \text{ DM}$) in index part of broccoli in two phases of growth, in relation to cultivation method and spacing

Metoda uprawy Method of cultivation	Rozstawa Spacing	Początek wiązania róży Beginning of flower head formation						Początek wiązania róży Beginning of flower head formation					
		2002			2003			2004			średnia dla lat mean for years		
		2002	2003	2004	2003	2004	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004
Siew Seeds sowing	20	0,243 b	0,259 a	0,248 ab	0,250 AB	0,248 ab	0,250 AB	0,330 a-c	0,251 a	0,239 a	0,239 a	0,273 A	0,273 A
	30	0,243 b	0,255 a	0,274 ab	0,258 AB	0,274 ab	0,258 AB	0,348 bc	0,283 ab	0,282 a	0,282 a	0,305 A-C	0,305 A-C
	40	0,252 b	0,244 a	0,312 b	0,266 B	0,312 b	0,266 B	0,289 ab	0,311 a-c	0,262 a	0,262 a	0,287 A-C	0,287 A-C
	50	0,212 ab	0,245 a	0,293 b	0,250 AB	0,293 b	0,250 AB	0,324 a-c	0,356 b-d	0,266 a	0,266 a	0,315 A-C	0,315 A-C
Rozsada Seedlings	20	0,182 a	0,257 a	0,235 a	0,225 A	0,235 a	0,225 A	0,298 ab	0,284 ab	0,267 a	0,267 a	0,283 AB	0,283 AB
	30	0,187 a	0,275 a	0,262 ab	0,242 AB	0,262 ab	0,242 AB	0,373 c	0,281 a	0,263 a	0,263 a	0,305 A-C	0,305 A-C
	40	0,180 a	0,265 a	0,260 ab	0,235 AB	0,260 ab	0,235 AB	0,337 a-c	0,376 cd	0,273 a	0,273 a	0,329 C	0,329 C
	50	0,174 a	0,268 a	0,274 ab	0,239 AB	0,274 ab	0,239 AB	0,281 a	0,411 d	0,283 a	0,283 a	0,325 BC	0,325 BC
Średnia dla metody Mean for method	siew seeds sowing	0,237 B	0,251 A	0,279 A	0,256 B	0,279 A	0,256 B	0,323 A	0,300 A	0,262 A	0,262 A	0,295 A	0,295 A
	rozsada seedlings	0,181 A	0,266 A	0,258 A	0,235 A	0,258 A	0,235 A	0,322 A	0,338 B	0,271 A	0,271 A	0,310 A	0,310 A
Średnia dla rozstawy Mean for spacing	20	0,212 A	0,258 A	0,241 A	0,237 A	0,241 A	0,237 A	0,314 A	0,267 A	0,253 A	0,253 A	0,278 A	0,278 A
	30	0,215 A	0,265 A	0,268 AB	0,250 A	0,268 AB	0,250 A	0,361 B	0,282 A	0,273 A	0,273 A	0,305 AB	0,305 AB
	40	0,216 A	0,255 A	0,281 B	0,250 A	0,281 B	0,250 A	0,313 A	0,344 B	0,268 A	0,268 A	0,308 AB	0,308 AB
	50	0,193 A	0,256 A	0,283 B	0,244 A	0,283 B	0,244 A	0,302 A	0,383 B	0,274 A	0,274 A	0,320 B	0,320 B

Objasnienie: patrz Tabela 4 – Explanation: see Table 4.

Tabela 7. Zawartość potasu ($\text{g} \cdot (100 \text{ g}^{-1}) \text{ s.m.}$) w części wskaźnikowej brokoletu w dwóch fazach rozwoju, zależnie od metody uprawy i rozstawy
Table 7. Potassium content ($\text{g} \cdot (100 \text{ g}^{-1}) \text{ DM}$) in index part of broccoli in two phases of growth, in relation to cultivation method and spacing

Metoda uprawy Method of cultivation	Rozstawa Spacing	Początek wiązania róży Beginning of flower head formation				Początek wiązania róży Beginning of flower head formation			
		średnia dla lat mean for years		średnia dla lat mean for years		średnia dla lat mean for years		średnia dla lat mean for years	
		2002	2003	2004	2004	2002	2003	2004	2004
Siew Seeds sowing	20	2,628 a	5,137 ab	3,254 b-d	3,673 A	2,578 ab	2,735 a-c	2,821 a	2,711 C
	30	2,557 a	4,648 a	3,049 a-d	3,418 A	2,668 ab	2,848 c	2,482 a	2,666 BC
	40	2,697 a	4,814 ab	3,435 cd	3,649 A	2,625 ab	2,945 c	2,436 a	2,669 BC
	50	2,371 a	4,946 ab	3,697 d	3,671 A	3,024 b	3,088 c	2,453 a	2,855 C
Rozsada Seedlings	20	2,810 a	4,676 a	2,553 a	3,346 A	2,317 a	2,270 a	2,406 a	2,331 A
	30	2,582 a	4,820 ab	2,630 ab	3,344 A	2,305 a	2,300 ab	2,524 a	2,376 AB
	40	2,853 a	4,780 ab	2,866 a-c	3,500 A	2,487 a	2,945 c	2,514 a	2,649 BC
	50	2,488 a	5,735 b	3,096 a-d	3,773 A	2,224 a	2,808 bc	2,696 a	2,576 A-C
Średnia dla metody Mean for method	siew seeds sowing	2,563 A	4,886 A	3,359 A	3,603 A	2,724 B	2,904 B	2,548 A	2,725 B
	rozsada seedlings	2,683 A	5,003 A	2,786 A	3,491 A	2,333 A	2,581 A	2,534 A	2,483 A
Średnia dla rozstawy Mean for spacing	20	2,719 A	4,906 A	2,904 A	3,510 A	2,448 A	2,503 A	2,613 A	2,521 A
	30	2,569 A	4,734 A	2,839 A	3,381 A	2,486 A	2,574 A	2,503 A	2,521 A
	40	2,775 A	4,797 A	3,150 AB	3,574 A	2,556 A	2,945 B	2,475 A	2,659 A
	50	2,430 A	5,340 A	3,396 B	3,722 A	2,624 A	2,948 B	2,575 A	2,715 A

Objasnienie: patrz Tabela 4 – Explanation: see Table 4.

W fazie rozwoju wegetatywnego odnotowano istotne różnice pomiędzy badanymi obiektami w zawartości wapnia w części wskaźnikowej brokułu tylko w 2002 roku (tab. 8). Stwierdzono większy poziom analizowanego pierwiastka w roślinach uprawianych z siewu w rozstawie 40 cm oraz z rozsady w rozstawie 20 cm w porównaniu z uprawianymi metodą z siewu w rozstawie 30 i 50 cm. W fazie wiązania róż, w 2002 roku, zanotowano najwyższy poziom wapnia w nerwie głównym liścia brokułu uprawianego z siewu w rozstawie 50 cm w porównaniu z uprawianym w rozstawie 20 i 30 cm, obydwooma metodami. W 2003 roku, odnotowano największą zawartość wapnia w części wskaźnikowej brokułu uprawianego z rozsady w rozstawie 30 cm w porównaniu z uprawianym tą samą metodą, ale w rozstawie 40 cm oraz z siewu w rozstawie 50 cm. W 2004 roku nie wystąpiły istotne różnice pomiędzy badanymi obiektami odnośnie zawartości wapnia w części wskaźnikowej brokułu. Analizując średnie dla lat, nie stwierdzono istotnego wpływu rozstawy i metody uprawy na zawartość wapnia w częściach wskaźnikowych brokułu w badanych fazach rozwoju.

W pierwszym roku badań, w fazie rozwoju wegetatywnego wykazano istotnie większą zawartość magnezu w części wskaźnikowej brokułu uprawianego z rozsady w rozstawie 50 cm w porównaniu z uprawianym z siewu w rozstawie 30 i 50 cm (tab. 9). W trzecim roku badań istotne różnice odnośnie poziomu tego makroelementu wystąpiły pomiędzy roślinami uprawianymi w rozstawie 20 cm z siewu oraz z rozsady. Analiza wykonana w fazie wiązania róży pozwoliła na stwierdzenie istotnie większej zawartości magnezu w nerwie głównym liścia brokułu uprawianego z siewu w rozstawie 50 cm w porównaniu z pozostałymi obiektami w 2002 roku. W drugim roku badań wykazano istotne różnice w zawartości magnezu w nerwie głównym liścia brokułu uprawianego z siewu w rozstawie 20 cm w porównaniu z rozstawą 50 cm. W trzecim roku badań nie odnotowano istotnych różnic pomiędzy badanymi obiektami odnośnie zawartości magnezu.

Dla sprecyzowania związku pomiędzy parametrami meteorologicznymi a zawartością makroelementów w części wskaźnikowej brokułu posłużono się analizą korelacji liniowej (tab. 10 i 11). Stwierdzono dodatnią zależność pomiędzy zawartością jonów amonowych w fazie rozwoju wegetatywnego a minimalną temperaturą powietrza oraz średnią i maksymalną temperaturą gleby. Analiza przeprowadzona dla danych pozyskanych w fazie wiązania róży wykazała uzależnienie zawartości tych jonów od wszystkich analizowanych parametrów klimatycznych. Zawartość jonów azotanowych była ujemnie skorelowana z temperaturą powietrza (w obydwu badanych fazach rozwoju) oraz średnią i minimalną temperaturą gleby (w fazie rozwoju wegetatywnego). Poziom fosforu ujemnie zależał od średniej temperatury powietrza i minimalnej temperatury gleby w fazie rozwoju wegetatywnego, a dodatnio w fazie początku wiązania róży. Zawartość potasu była dodatnio skorelowana z minimalną temperaturą powietrza i średnią temperaturą

Tabela 8. Zawartość wapnia ($\text{g} \cdot (100 \text{ g}^{-1}) \text{ s.m.}$) w części wskaźnikowej brokoletu w dwóch fazach rozwoju, zależnie od metody uprawy i rozstawy
Table 8. Calcium content ($\text{g} \cdot (100 \text{ g}^{-1}) \text{ DM}$) in index part of broccoli in two phases of growth, in relation to cultivation method and spacing

Metoda uprawy Method of cultivation	Rozstawa Spacing	Początek wiązania róży Beginning of flower head formation				Początek wiązania róży Beginning of flower head formation					
		2002		2003		2002		2003		2004	
		średnia dla lat mean for years		średnia dla lat mean for years		średnia dla lat mean for years		średnia dla lat mean for years		średnia dla lat mean for years	
Siew Seeds sowing	20	1,028 ab	2,058 a	2,120 a	1,735 A	0,927 a	2,643 bc	1,678 a	1,764 A		
	30	0,987 a	1,820 a	2,266 a	1,691 A	0,976 a	2,543 a-c	1,492 a	1,670 A		
	40	1,351 b	1,828 a	2,126 a	1,768 A	1,100 ab	2,368 a-c	1,362 a	1,610 A		
	50	0,924 a	1,947 a	2,149 a	1,673 A	1,301 b	2,025 a	1,425 a	1,584 A		
Rozsada Seedlings	20	1,327 b	1,742 a	2,012 a	1,693 A	0,998 a	2,733 bc	1,409 a	1,713 A		
	30	1,121 ab	1,835 a	2,114 a	1,690 A	1,031 a	2,795 c	1,415 a	1,747 A		
	40	1,241 ab	1,856 a	2,033 a	1,710 A	1,160 ab	2,185 ab	1,458 a	1,601 A		
	50	1,140 ab	1,862 a	1,823 a	1,608 A	1,083 ab	2,540 a-c	1,307 a	1,643 A		
Średnia dla metody Mean for method	siew seeds sowing	1,073 A	1,913 A	2,165 A	1,717 A	1,088 A	2,394 A	1,489 A	1,657 A		
	rozsada seedlings	1,207 A	1,824 A	1,995 A	1,675 A	1,068 A	2,563 A	1,397 A	1,676 A		
Średnia dla rozstawy Mean for spacing	20	1,177 AB	1,900 A	2,066 A	1,714 A	0,985 A	2,688 C	1,544 A	1,739 A		
	30	1,054 A	1,828 A	2,190 A	1,690 A	1,004 A	2,669 BC	1,453 A	1,709 A		
	40	1,296 B	1,842 A	2,079 A	1,739 A	1,130 AB	2,276 A	1,410 A	1,605 A		
	50	1,032 A	1,904 A	1,986 A	1,641 A	1,192 B	2,283 AB	1,366 A	1,614 A		

Objasnienie: patrz Tabela 4 – Explanation: see Table 4.

Tabela 9. Zawartość magnezu ($\text{g (100 g}^{-1}\text{) s.m.}$) w części wskaźnikowej brokolitu w dwóch fazach rozwoju, zależnie od metody uprawy i rozstawy
Table 9. Magnesium content ($\text{g (100 g}^{-1}\text{) DM}$) in index part of broccoli in two phases of growth, in relation to cultivation method and spacing

Metoda uprawy Method of cultivation	Rozstawa Spacing	Początek wiązania róży Beginning of flower head formation				Początek wiązania róży Beginning of flower head formation				
		2002		2003		2002		2003		średnia dla lat mean for years
		średnia dla lat mean for years	2004	średnia dla lat mean for years	2004	średnia dla lat mean for years	2004	średnia dla lat mean for years	2004	
Siew	20	0,188 a-c	0,406 a	0,391 b	0,328 A	0,211 ab	0,438 b	0,249 a	0,299 A	
	30	0,167 ab	0,360 a	0,337 ab	0,288 A	0,225 a-c	0,381 ab	0,255 a	0,287 A	
Seeds sowing	40	0,204 a-c	0,360 a	0,342 ab	0,302 A	0,243 c	0,361 ab	0,218 a	0,274 A	
	50	0,156 a	0,354 a	0,343 ab	0,285 A	0,274 d	0,331 a	0,231 a	0,279 A	
Rozsada	20	0,242 c	0,317 a	0,274 a	0,277 A	0,208 ab	0,395 ab	0,228 a	0,277 A	
	30	0,206 a-c	0,326 a	0,291 ab	0,274 A	0,217 a-c	0,395 ab	0,234 a	0,282 A	
Seedlings	40	0,222 bc	0,353 a	0,314 ab	0,296 A	0,234 bc	0,336 ab	0,242 a	0,271 A	
	50	0,204 a-c	0,339 a	0,311 ab	0,285 A	0,204 a	0,377 ab	0,228 a	0,270 A	
Średnia dla metody Mean for method	siew seeds sowing rozsada seedlings	0,179 A	0,370 A	0,353 B	0,301 A	0,238 B	0,3758 A	0,2380 A	0,285 A	
		0,218 B	0,334 A	0,298 A	0,283 A	0,216 A	0,3779 A	0,2330 A	0,275 A	
Średnia dla rozstawy Mean for spacing	20	0,215 A	0,361 A	0,332 A	0,303 A	0,209 A	0,417 A	0,239 A	0,288 A	
	30	0,186 A	0,343 A	0,314 A	0,281 A	0,221 AB	0,388 A	0,244 A	0,284 A	
	40	0,213 A	0,357 A	0,328 A	0,299 A	0,238 B	0,349 A	0,230 A	0,272 A	
	50	0,180 A	0,347 A	0,327 A	0,285 A	0,239 B	0,354 A	0,230 A	0,274 A	

Objaśnienie: patrz Tabela 4 – Explanation: see Table 4.

Tabela 10. Współczynniki korelacji (r) pomiędzy parametrami meteorologicznymi a zawartością makroelementów w części wskaźnikowej brokołu w fazie rozwoju wegetatywnego, N = 12

Table 10. Coefficients of correlation (r) between meteorological parameters and content of macroelements in index part of broccoli in the vegetative development stage, N = 12

Wyszczególnienie Item	Temperatura powietrza Air temperature			Temperatura gleby Soil temperature		
	średnia mean	min.	max.	średnia mean	min.	max.
NH ₄ ⁺	-0,317	0,739**	-0,689*	0,730**	0,291	0,915***
NO ₃ ⁻	-0,929***	-0,672 *	0,723**	-0,624 *	-0,878***	-0,088
P	-0,733 **	-0,442	0,486	-0,464	-0,769**	0,062
K	-0,351	0,708**	-0,657*	0,679*	0,260	0,877***
Ca	-0,933***	-0,116	0,186	-0,138	-0,525	0,387
Mg	-0,814***	0,175	-0,104	0,148	-0,278	0,628*

*p ≤ 0,05; **p ≤ 0,01; ***p ≤ 0,001.

Tabela 11. Współczynniki korelacji (r) pomiędzy parametrami meteorologicznymi a zawartością makroelementów w części wskaźnikowej brokołu w fazie początku wiązania róży, N = 12

Table 11. Coefficients of correlation (r) between meteorological parameters and content of macroelements in index part of broccoli in the beginning of flower head formation, N = 12

Wyszczególnienie Item	Temperatura powietrza Air temperature			Temperatura gleby Soil temperature		
	średnia mean	min.	max.	średnia mean	min.	max.
NH ₄ ⁺	-0,577*	-0,815**	0,824**	-0,769**	-0,771**	-0,602*
NO ₃ ⁻	-0,753**	0,147	-0,092	0,201	-0,291	0,581*
P	0,676**	0,408	-0,438	0,507	0,701*	0,082
K	0,362	0,682*	-0,681*	0,753**	0,696*	0,544
Ca	-0,246	0,662*	-0,622*	0,658*	0,236	0,889***
Mg	0,040	0,809***	-0,782**	0,755**	0,433	0,874***

*p ≤ 0,05; **p ≤ 0,01; ***p ≤ 0,001.

gleby oraz ujemnie skorelowana z maksymalną temperaturą powietrza w obydwu badanych fazach rozwoju. Wykazano związek pomiędzy parametrami meteorologicznymi a zawartością wapnia i magnezu w częściach wskaźnikowych brokołu w fazie wiązania róży. Poziom tych pierwiastków był wprost proporcjonalny do minimalnej temperatury powietrza oraz średniej i maksymalnej temperatury gleby, a odwrotnie proporcjonalny do maksymalnej temperatury powietrza. Analiza śred-

nich dla lat nie wykazała istotnego wpływu rozstawy i metody uprawy na zawartość magnezu w częściach wskaźnikowych brokułu w badanych fazach rozwoju.

DYSKUSJA

Wyniki badań stanu odżywienia makroelementami roślin uprawnych prowadzone są w celu zdiagnozowania ich ewentualnego niedoboru i uzyskania informacji odnośnie potrzeb nawozowych roślin (Hochmuth 1994). Thompson i in. (1996) stwierdzili, że zawartość jonów azotanowych w części wskaźnikowej brokułu wyniosła w fazie 6 liści $1,0 \text{ g} \cdot (100 \text{ g}^{-1})$ s.m., wykazując w trakcie rozwoju roślin tendencję spadkową, do $0,2 \text{ g} \cdot (100 \text{ g}^{-1})$ s.m. przed zbiorem. Cytowani autorzy potwierdzili również korelację pomiędzy zawartością azotanów oznaczaną w suchym materiale a ich poziomem w świeżym soku ogonków liściowych. W prezentowanej pracy zakres zawartości jonów azotanowych w fazie wiązania róż wyniósł od 0,340 do $3,301 \text{ g} \cdot (100 \text{ g}^{-1})$ i był zróżnicowany nie tylko pomiędzy obiektami doświadczenia, ale przede wszystkim pomiędzy latami badań. W latach 2002 i 2004 roku odnotowano również tendencję spadkową zawartości jonów azotanowych w sezonie wegetacyjnym, rośliny w fazie wiązania róż charakteryzował niższy poziom tych jonów w porównaniu z fazą rozwoju wegetatywnego. Odwrotną tendencję zaobserwowano w przypadku jonów amonowych, których poziom był wyższy w roślinach w fazie wiązania róż we wszystkich latach badań, a zakres zawartości wyniósł $0,090\text{-}0,802 \text{ g} \cdot (100 \text{ g}^{-1})$ s.m. Azot w glebie nie jest efektywnie wykorzystywany przez rośliny uprawne na skutek jego wypłukiwania, denitryfikacji i innych procesów ograniczających przyswajalność, zależnych od warunków klimatycznych i glebowych (Sanchez i Doerge 1999). W prezentowanych badaniach analiza współczynników korelacji potwierdziła, że stopień odżywienia brokułu azotem był silnie modyfikowany przez warunki klimatyczne, w tym temperaturę gleby i powietrza. Zróżnicowanie tych parametrów w latach badań wpłynęło na poziom badanych form azotu w części wskaźnikowej brokułu.

Hochmuth (1994) wykazał tendencję spadkową zawartości potasu w częściach wskaźnikowych różnych gatunków warzyw w sezonie wegetacyjnym. Castellanos i in. (1999) również stwierdzili zmniejszenie poziomu fosforu, potasu, wapnia i magnezu w blaszkach liściowych brokułu w sezonie wegetacyjnym. Cytowani autorzy podają, że wystarczający poziom fosforu w nerwie głównym blaszki liściowej brokułu powinien wynosić $0,35\text{-}0,50 \text{ g} \cdot (100 \text{ g}^{-1})$ s.m. w fazie 10-12 liści, a $0,30\text{-}0,50 \text{ g} \cdot (100 \text{ g}^{-1})$ s.m. w fazie wiązania róży. Dla potasu wartości te powinny wynosić odpowiednio $6,50\text{-}9,00$ oraz $3,50\text{-}5,50 \text{ g} \cdot (100 \text{ g}^{-1})$ s.m. w analizowanych fazach rozwoju. Castellanos i in. (1999) zaproponowali także wystarczający poziom wapnia i magnezu, ale na podstawie analizy blaszek liściowych, wynoszący dla Ca $2,0\text{-}3,5$ oraz $1,0\text{-}3,5 \text{ g} \cdot (100 \text{ g}^{-1})$ s.m., a dla Mg $0,25\text{-}0,50$ oraz $0,20\text{-}0,45 \text{ g} \cdot (100 \text{ g}^{-1})$ s.m.

w analizowanych fazach rozwoju. W prezentowanych badaniach zakres zawartości fosforu w nerwie głównym liścia brokułu wyniósł 0,174-0,312 w fazie rozwoju wegetatywnego oraz 0,239-0,411 g·(100 g⁻¹) s.m. w fazie wiązania róży, potasu odpowiednio 2,371-5,735 oraz 2,224-3,088 g·(100 g⁻¹) s.m., wapnia 0,924-2,266 oraz 0,927-2,795 g·(100 g⁻¹) s.m., a magnezu 0,156-0,406 oraz 0,204-0,438 g·(100 g⁻¹) s.m. Otrzymane wartości są niższe od podanych w cytowanej literaturze, aczkolwiek rozbieżności mogą być następstwem warunków, w których Castellanos i in. (1999), prowadzili doświadczenie, m.in. wysokiej zawartości potasu w glebie. Należy podkreślić, że przy prezentowanym w niniejszej pracy zaopatrzeniu części wskaźnikowej brokułu w makroelementy nie zaobserwowano objawów ich niedoboru, a plon róz wyniósł 12,23-16,07 t·ha⁻¹ (Wlazło i in. 2006), będąc porównywalnym z cytowanym w literaturze (Rekowska 1998, Kunicki i in. 1999, Rekowska i Słodkowski 2001). Również skład mineralny róz był porównywalny z danymi z literatury, o czym autorzy donieśli w odrębnej publikacji (Grabowska i in. 2009).

WNIOSEK

Ze względu na to, że przeważająca część bibliografii odnośnie składu mineralnego brokułu dotyczy róży, nie ma pełnych danych na temat zaopatrzenia roślin w makroelementy we wcześniejszych fazach rozwoju, co uniemożliwia korektę ewentualnego niedoboru mikroskładników w trakcie wegetacji. Prezentowane dane pozwalają na diagnozę stanu odżywienia brokułu w fazach determinujących wielkość i jakość plonu oraz dostosowanie nawożenia do potrzeb roślin. Analizując średnie dla lat doświadczenia, istotny wpływ metody uprawy i zagęszczenia na zawartość jonów amonowych zanotowano tylko w fazie początku wiązania róży, kiedy wraz ze wzrostem rozstawy zwiększała się zawartość jonów amonowych w częściach wskaźnikowych brokułu. Nie stwierdzono istotnego wpływu metody uprawy na zawartość fosforu w części wskaźnikowej brokułu, natomiast zagęszczenie wpłynęło na badany parametr w fazie początku wiązania róży. Wykazano wyższy poziom tego pierwiastka u roślin uprawianych w największej rozstawie. Stwierdzono istotny wpływ metody uprawy oraz współdziałania badanych czynników na zawartość potasu w częściach wskaźnikowych brokułu w fazie wiązania róży. Wyższy poziom tego pierwiastka oznaczono w roślinach uprawianych z siewu wprost do gruntu. Nie stwierdzono istotnego wpływu rozstawy i metody uprawy na zawartość jonów azotanowych, wapnia i magnezu w częściach wskaźnikowych brokułu w badanych fazach rozwoju. Ponieważ nie stwierdzono jednoznacznego i powtarzalnego w latach badań uzależnienia zawartości makroelementów w częściach wskaźnikowych brokułu od czynników badawczych, podane wartości należy potraktować zbiorczo i odnieść do upraw brokułu prowadzonych metodami ogólnie przyjętymi w Polsce i na świecie.

PIŚMIENNICTWO

- Breś W., Golecz A., Komosa A., Kozik E., Tyksiński W., 1997. Nawożenie roślin ogrodniczych. Wyd. AR, Poznań (in Polish).
- Castellanos J.Z., Lazcano I., Sosa Baldibia A., Badillo V., Villalobos S., 1999. Nitrogen fertilization and plant nutrient status monitoring – the basis for high yields and quality of broccoli in potassium-rich vertisols of Central Mexico. *Better Crops International*, 13(2), 25-27.
- Grabowska A., Kunicki E., Libik A., 2009. The effects of different methods of cultivation and plant spacing on the chemical composition of broccoli heads. *Folia Hort.*, 21(2), 25-34.
- Hartz T.K., Bendixen W.E., Wierdsma L., 2000. The value of presidedress soil nitrate testing as a nitrogen management tool in irrigated vegetable production. *HortScience*, 35, 651-656.
- Hochmuth G.J., 1994. Efficiency ranges for nitrate-nitrogen and potassium for vegetable petiole sap quick tests. *Hort. Technol.*, 4(3), 218-222.
- Kunicki E., Capecka E., Siwek P., Kalisz A., 1999. The effect of plant spacing on the yield and quality of three broccoli cultivars in autumn growing. *Folia Hort.*, 11(2), 69-79.
- of cool season vegetables. *Proc. Annu. Fert. Res. and Educ. Prog. Conf.*, Sacramento, 47-48.
- Rekowska E., 1998. Wpływ zagęszczenia uprawy roślin na wielkość i jakość plonu brokuła odmiany Corvet F₁. *Zesz. Nauk. ATR w Bydgoszczy. Roln.*, 42(215), 203-206.
- Rekowska E., Słodkowski P., 2000. Wpływ gęstości sadzenia rozsady brokuła włoskiego na plon oraz wartość biologiczną. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie*, 364, 147-150.
- Rekowska E., Słodkowski P., 2001. The effect of production methods of seedlings on the size and quality of broccoli yield. *Veg. Crops Res. Bull.*, 54(2), 53-57.
- Sanchez C.A., Doerge T.A., 1999. Using nutrient uptake patterns to develop efficient nitrogen management strategies for vegetables. *Hort. Technol.*, 9(4), 601-606.
- Sterrett S.B., Coale C.W., Savage C.P., 1991. Comparison of management techniques for broccoli production using a systems-approach. *Hort. Science*, 26, 599-602.
- Thompson T.L., Kubota A., Doerge T.A., Godin R.E., McCreary T.W., 1996. Petiole sap nitrate tests for determining nitrogen status of broccoli and cauliflower. *Veg. Report*, 36, 217-225.
- Wlazło A., Kunicki E., Libik A., 2006. Wpływ metody uprawy i zagęszczenia roślin na wielkość i jakość plonu brokuła. *Folia Hort., Supl.*, 2, 197-201.

CONTENT OF MACROELEMENTS IN INDEX PART OF BROCCOLI
IN RELATION TO CULTIVATION METHOD AND SPACING

Aneta Grabowska, Agnieszka Sękara, Edward Kunicki, Andrzej Kalisz

Department of Vegetable and Medicinal Plants, University of Agriculture in Krakow

Al. 29 Listopada 54, 31-425 Kraków, Poland

*e-mail: a.grabowska@ogr.ur.krakow.pl

Abstract. Broccoli is a vegetable with systematically growing economical importance in Poland. This species is valued by the consumer due to its taste and health promoting effects. Yield and head quality of broccoli depend on the elements supply during the vegetation season. The results concerning the status of nutrition of broccoli plants with macroelements are presented on the basis on their content analysed in the index parts in two phases of growth. The analysis depended on the method of cultivation (seeds sown directly to the soil or seedlings) and plant spacing (20, 30, 40 and 50 cm x 67.5 cm). The range of the content of macroelements in the phase of vegetative develop-

ment and the phase of flower head formation was as follows ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1} \text{ DM}$): NH_4^+ 0.11-0.80 and 0.09-0.43; NO_3^- 0.49-5.73 and 0.34-3.30; P 0.17-0.31 and 0.24-0.41; K 2.37-5.74 and 2.22-3.09; Ca 0.92-2.27 and 0.93-2.80; Mg 0.16-0.41 and 0.20-0.44, respectively. The level of the elements studied was differentiated not only between the experimental treatments but also among the years of the experiment. The presented results permit the diagnosis of the nutrient status of broccoli in phases which determine the yield and its quality.

Keywords: *Brassica oleracea* var. *italic*, nitrogen, phosphorus, potassium, magnesium, calcium, leaf main vein