

ZAWARTOŚĆ WYBRANYCH SKŁADNIKÓW MINERALNYCH W NASIONACH RZEPAKU JAREGO I GORCZYCY BIAŁEJ TRAKTOWANYCH HERBICYDAMI

Barbara Adomas, Danuta Murawa, Tadeusz Banaszekiewicz
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań prowadzonych w latach 1995-1999 z rzepakiem jarym (odmian Star i Lisonne) oraz w latach 1998-2000 z gorczycą białą (odmian Nakielska i Borowska) na terenie Zakładu Produkcyjno-Doświadczalnego Bałcyny koło Ostródy, należącego do Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie. Celem badań było określenie wpływu wybranych herbicydów na zawartość fosforu, potasu i magnezu w nasionach rzepaku jarego oraz fosforu, potasu, magnezu, wapnia i sodu w nasionach gorczycy białej. Układ warunków pogodowych w latach badań w istotny sposób determinował zawartość fosforu, potasu i magnezu w nasionach badanych odmian rzepaku jarego oraz potasu, magnezu, wapnia i sodu w nasionach odmian gorczycy białej. Zastosowane w doświadczeniach herbicydy nie wpłynęły istotnie na kształtowanie poziomu badanych pierwiastków w nasionach rzepaku jarego oraz nie modyfikowały zawartości większości badanych pierwiastków w nasionach gorczycy, z wyjątkiem sodu i magnezu w pierwszym roku doświadczenia, a także fosforu w drugim. W całym cyklu badań testowane odmiany rzepaku jarego różniły się istotnie zawartością magnezu, natomiast odmiany gorczycy białej jedynie zawartością fosforu.

Słowa kluczowe: rzepak jary, gorczyca biała, pierwiastki, herbicydy

WSTĘP

Uprawa rzepaku jarego (*Brassica napus* var. *oleifera* F. *annua*) ma w Polsce niewielki zasięg ze względu na jego niższe plonowanie w porównaniu z formą ozimą. Roślina ta zasługuje jednak na uwagę, zwłaszcza w warunkach dużego ryzyka wymarzania rzepaku ozimego [Bengtsson 1992, Budzyński 1998, Tobiła i Muśnicki 2000].

Gorczyca biała (*Sinapis alba* L.) wykorzystywana jest na nasiona, ale także jako roślina podporowa w grochu i wyce ze względu na niewielką podatność na wyleganie

[Jasińska i Kotecki 1994, Hruszka 1996, Wałkowski 1997]. Powierzchnia uprawy tego gatunku wynosi około 10 tys. ha i wykazuje tendencję wzrostową [Lewandowski 1990].

Obie rośliny uprawiane są głównie na nasiona, które w przypadku rzepaku stanowią surowiec do produkcji oleju, zaś gorczycy wykorzystywane są m.in. jako przyprawy w gospodarstwach domowych, przetwórstwie mięsnym oraz produkcji wędlin i konserw, a także w przemyśle kosmetycznym i farmaceutycznym [Jasińska i Kotecki 1994, Wałkowski 1997].

Skład mineralny nasion rzepaku jarego oraz gorczycy białej ocenia się przede wszystkim pod kątem zawartości azotu, fosforu, magnezu, siarki i wapnia [Czuba i Mazur 1988, Markiewicz i in. 1993]. Zawartość składników mineralnych w nasionach poszczególnych form i odmian rzepaku oraz odmian gorczycy jest zróżnicowana zarówno pod względem ilościowym, jak i jakościowym. Zależy od odmiany, warunków klimatycznych oraz czynników agrotechnicznych [Markiewicz i in. 1992, Rotkiewicz i Konopka 1998, Grzebisz i Musolf 1999]. Według Płoszyńskiego [1975], Balke [1985], Ashtona i Craftsa [1981] oraz Cartera [2000] pobieranie składników mineralnych przez roślinę uprawną w określonych warunkach siedliskowych i agrotechnicznych może być hamowane lub stymulowane przez herbicydy.

Celem podjętych badań było określenie wpływu herbicydów na zawartość fosforu, potasu, wapnia i magnezu w nasionach rzepaku jarego oraz fosforu, potasu, magnezu, wapnia i sodu w nasionach gorczycy białej.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe z rzepakiem jarym przeprowadzono w latach 1995-1999, zaś z gorczycą białą w latach 1998-2000 na terenie Zakładu Produkcyjno-Doświadczalnego w Bałcynynach koło Ostródy, należącego do Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie. Obiekty doświadczenia rozmieszczono w układzie losowanych podbloków (split-plot) w trzech powtórzeniach [Praca pod red. Püntener 1981].

W doświadczeniu z rzepakiem jarym czynnikiem I rzędu były herbicydy: Triflurotox 250 EC (trifluralina) w dawce $3,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ – zastosowany przed siewem rzepaku. Alatrif 380 EC (alachlor + trifluralina) w dawce $4,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, Alanex 480 EC (alachlor) w dawce $3,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ i Butisan 400 SC (metazachlor) w dawce $3,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ – bezpośrednio po siewie rzepaku oraz Lontrel 300 (chlorypyralid) w dawce $\text{dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ zastosowany w fazie 4-6 liści rzepaku.

Cynnikiem II rzędu były odmiany rzepaku jarego podwójnie ulepszone: Star – duńska odmiana populacyjna uznana za wzorcową i Lisonne – odmiana niemiecka.

W doświadczeniu z gorczycą białą czynnikiem I rzędu były herbicydy: Triflurotox 250 EC (trifluralina) w dawce $3,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ – zastosowany przed siewem gorczycy oraz Alatrif 380 EC (alachlor + trifluralina) w dawce $4,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, Butisan 400 SC (metazachlor) w dawce $3,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ i Comodor 72 EC (tebutam) w dawce $4,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ – bezpośrednio po siewie gorczycy, a także Lontrel 300 (chlorypyralid) w dawce $0,3 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ zastosowany w fazie 4-6 liści rzepaku.

Cynnikiem II rzędu były odmiany gorczycy białej: Nakielska i Borowska.

Obiektami kontrolnymi były poletka nie opryskiwane herbicydami. Powierzchnia poletka obu gatunków wynosiła $20,0 \text{ m}^2$.

Doświadczenia z rzepakiem i gorczycą zlokalizowano na glebie płowej, wytworzonej z gliny lekkiej oraz gliny lekkiej pylastej, klasy bonitacyjnej IIIa lub IIIb, kompleksu 2 (pszennego dobrego).

Przedplonem rzepaku jarego w pierwszym roku badań (1995) była pszenica ozima, w drugim (1996) – pszenżyto ozime, a w latach 1997-1999 mieszanka strączkowo-zbożowa. Rzepak odmiany Star wysiano w ilości $6 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, a odmiany Lisonne w ilości $5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, w rozstawie rzędów 20 cm, na głębokość 1,5-2,0 cm. Stałe nawożenie wynosiło 120 kg N , $50 \text{ kg P}_2\text{O}_5$ i $80 \text{ kg P}_2\text{O} \cdot \text{ha}^{-1}$. Azot ($80 + 40 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$) w formie mocznika stosowano przedsięwzię i wiosną, w fazie pąkowania. Przy ustalaniu ilości wysiewu uwzględniono wartość siewną nasion. Nasiona wysiewano: 26.04.1995 r., 25.04.1996 r., 24.04.1997 i 1998 r. oraz 16.04.1999 roku.

Przedplonem gorczycy białej w pierwszym roku badań (1998) było pszenżyto ozime, w 1999 roku – mieszanka strączkowo-zbożowa, a w 2000 roku – pszenica ozima. Gorczycę (nasiona zaprawione zaprawą nasienną T-zawieszinową) wysiano w ilości $8 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, w rozstawie rzędów 20 cm, na głębokość 2 cm, w następujących terminach: 25.04.1998 r., 28.04.1999 r. oraz 12.04.2000 r.

Zabiegi agrotechniczne przeprowadzono w optymalnych terminach, zgodnie z zaleceniami dla rzepaku jarego i gorczycy białej. Zabiegi ochronne wykonano precyzyjnym opryskiwaczem ciśnieniowym lancowym z brzeżnymi końcówkami odcinającymi (konstrukcji IOR w Poznaniu), o szerokości roboczej 2 m.

Rzepak jary zebrano jednoetapowo w fazie dojrzałości technicznej, zaś gorczycę białą dwuetapowo – w fazie dojrzałości pełnej.

W próbach nasion badanych gatunków oznaczono zawartość fosforu – metodą wanadowo-molibdenową, potasu, wapnia i sodu – za pomocą fotometrii płomieniowej (AES) [Nowosielska 1994] oraz magnezu – metodą absorpcyjnej spektrometrii płomieniowej.

Do statystycznego opracowania wyników badań zastosowano metodę analizy wariancji dla doświadczeń dwuczynnikowych, a do porównania średnich z obiektów wykorzystano test SNK [Studenta-Newmana-Keuls].

WYNIKI I DYSKUSJA

Czynnikami istotnie wpływającymi na kształtowanie poziomu fosforu, potasu i magnezu w nasionach badanych odmian rzepaku jarego były zmienne warunki pogodowe w kolejnych latach doświadczeń (tab. 1 i 2), co znajduje potwierdzenie w badaniach Bella i in. [1999] oraz Guillarda i Allisona [1989].

Istotne różnice między badanymi odmianami rzepaku stwierdzono ponadto jedynie w kształtowaniu zawartości magnezu. Analiza wyników uzyskanych w badaniach nie wykazała istotnego wpływu stosowanych herbicydów na poziom analizowanych składników mineralnych w nasionach obu odmian rzepaku. Zaobserwowano natomiast istotne współdziałanie lat i herbicydów, lat i odmian oraz lat, herbicydów i odmian w kształtowaniu zawartości fosforu, potasu i magnezu (tab. 1 i 2).

W badaniach odnotowano różne relacje między odmianami w zawartości fosforu, potasu i magnezu, wynikające ze zróżnicowanych warunków klimatycznych w kolejnych latach badań (tab. 1 i 2). Odmiana Lisonne odznaczała się istotnie wyższą zawartością fosforu w latach 1995 i 1999, zaś odmiana Star w 1997 roku. W latach 1996 i 1998 obie odmiany charakteryzowały się zbliżonym poziomem fosforu w nasionach (tab. 3).

Tabela 1. Średnie miesięczne temperatury i sumy opadów w okresie badań w Bałcynach
 Table 1. Mean monthly temperature and total precipitation in the experimental period at Bałcyny

Rok – Year	Miesiąc – Month				
	IV	V	VI	VII	VIII
Średnie miesięczne temperatury – Mean monthly temperature, °C					
1995	7,8	13,0	17,1	17,1	20,7
1996	7,5	13,1	15,8	15,3	18,0
1997	3,9	11,4	15,7	16,9	18,3
1998	9,0	13,3	16,2	16,3	15,1
1999	8,3	11,1	16,7	19,1	16,9
2000	11,0	14,0	15,9	15,9	17,5
Średnia z lat Mean for 1961-2000	6,6	12,4	15,7	16,9	16,5
Sumy opadów – Total precipitation, mm					
1995	40,7	32,8	48,5	48,5	71,7
1996	10,8	93,5	64,5	72,4	59,1
1997	22,6	99,0	71,7	187,6	25,1
1998	44,5	58,3	141,9	57,5	58,3
1999	101,6	69,1	155,6	75,5	53,0
2000	20,2	32,5	33,1	104,2	140,5
Średnia z lat Mean for 1961-2000	35,0	57,0	68,0	81,0	78,0

źródło: według danych punktu meteorologicznego w Bałcynach – source: Meteorological Station Bałcyny

Warunki pogodowe w latach 1996-1998 korzystniej wpływały na gromadzenie potasu w nasionach odmiany Lisonne, natomiast w 1995 i 1999 roku sprzyjały odmianie Star; odnotowane różnice były istotne (tab. 1 i 3).

W latach 1995-1998 odmiana Lisonne charakteryzowała się istotnie wyższym poziomem magnezu niż 'Star'. W 1999 roku obie odmiany rzepaku odznaczały się identycznym poziomem magnezu w nasionach (tab. 3).

Stosowane herbicydy istotnie wpłynęły na zawartość fosforu w nasionach badanych odmian rzepaku w latach 1995 i 1998. Wpływ zmiennych warunków pogodowych w latach doświadczenia uwidocznił się w specyficznym oddziaływaniu chlopyralid (Lontrel 300) na kształtowanie zawartości fosforu. Preparat ten spowodował istotne obniżenie zawartości fosforu w nasionach w latach 1996 i 1997, zaś zwiększenie w 1999 r. Po zastosowaniu pozostałych herbicydów odnotowano wzrost zawartości fosforu w latach 1996 i 1997, a obniżenie w 1999 r. Poziom potasu w nasionach obu odmian rzepaku ulegał istotnemu obniżeniu po zastosowaniu herbicydów w 1995 r., natomiast istotnemu zwiększeniu w latach 1998-1999. W latach 1996 i 1997 zawartość potasu w nasionach uzyskanych z obiektów traktowanych herbicydami była zbliżona do wyników kontrolnych. Wpływ zmiennego w latach badań układu warunków pogodowych uwidocznił się zwłaszcza w kształtowaniu poziomu magnezu. Jego zawartość ulegała istotnemu obniżeniu po zastosowaniu herbicydów w latach 1995 i 1996, natomiast istotnemu zwiększeniu w 1999 r. Zmienny wpływ stosowanych preparatów na zawartość magnezu w nasionach obu odmian rzepaku stwierdzono w 1997 r. (tab. 1 i 3).

Tabela 2. Łączna analiza wariancji fosforu, potasu i magnezu w nasionach rzepaku jarego oraz sodu, wapnia, potasu, magnezu i fosforu w nasionach gorczycy białej (% s.m.)

Table 2. Variance analysis of phosphorus, potassium and magnesium in spring rape seeds and sodium, calcium, potassium, magnesium and phosphorus in white mustard seeds (% of dry matter)

Rok Year	Zmienność Variability	Wartość testu F – Value of test F							
		Rzepak jary – Spring rape			Gorczyca biała – White mustard				
		P	K	Mg	Na	Ca	K	Mg	P
1995	H	15,79 ^{xx}	76,51 ^{xx}	13,35 ^{xx}	–	–	–	–	–
	O – C	14,52 ^{xx}	490,00 ^{xx}	6,75 ^x	–	–	–	–	–
	H x O – H x C	4,44 ^x	326,56 ^{xx}	8,55 ^{xx}	–	–	–	–	–
1996	H	7,00 ^{xx}	0,72	4,12 ^x	–	–	–	–	–
	O – C	0,07	38,63 ^{xx}	7,19 ^x	–	–	–	–	–
	H x O – H x C	0,32	6,54 ^{xx}	1,64	–	–	–	–	–
1997	H	32,15 ^{xx}	2,37	5,17 ^x	–	–	–	–	–
	O – C	262,03 ^{xx}	31,08 ^{xx}	69,14 ^{xx}	–	–	–	–	–
	H x O – H x C	51,77 ^{xx}	6,78 ^{xx}	6,66 ^{xx}	–	–	–	–	–
1998	H	124,15 ^{xx}	8,24 ^{xx}	2,44	205,73 ^{xx}	0,91	3,13	5,12 ^{xx}	1,27
	O – C	3,11	9,37 ^{xx}	39,20 ^{xx}	2,57	1,87	477,66 ^{xx}	527,45 ^{xx}	28,10 ^{xx}
	H x O – H x C	1,36	4,25 ^x	1,28	0,82	2,66	0,57	3,31	0,69
1999	H	2460,00 ^{xx}	30,64 ^{xx}	11,89 ^{xx}	2,62	1,13	0,68	1,91	15,07 ^{xx}
	O – C	810,00 ^{xx}	19,50 ^{xx}	0,26	0,19	7,58 ^x	34,63 ^{xx}	24,50 ^{xx}	24,81 ^{xx}
	H x O – H x C	102,00 ^{xx}	5,81 ^{xx}	11,43 ^{xx}	2,13	0,88	0,80	1,70	0,86
2000	H	–	–	–	0,24	1,18	3,64	0,61	4,18
	O – C	–	–	–	2,20	0,59	664,01 ^{xx}	35,45 ^{xx}	27,21 ^{xx}
	H x O – H x C	–	–	–	0,12	0,93	11,34 ^{xx}	1,48	0,73
Łącznie Total	Lata – Years	164,56 ^{xx}	443,11 ^{xx}	529,70 ^{xx}	136,17 ^{xx}	62,74 ^{xx}	55,82 ^{xx}	1248,54 ^{xx}	1,49
	H	0,77	1,00	0,51	0,83	0,27	2,35	1,42	13,66
	L x H – Y x H	46,55 ^{xx}	19,08 ^{xx}	5,28 ^{xx}	107,94 ^{xx}	1,41	0,66	1,61	0,71
1998- -2000	O – C	0,00	0,01	8,93 ^x	6,84	0,00	0,27	8,38	365,14 ^x
	H x O – H x C	2,31	6,75 ^{xx}	2,66	1,20	2,86	1,22	0,59	1,94
	L x O – Y x C	38,12 ^{xx}	25,80 ^{xx}	7,80 ^{xx}	0,56	1,92	166,78 ^{xx}	28,94 ^{xx}	0,22
	L x H x O Y x H x C	5,31 ^{xx}	3,52 ^{xx}	3,06 ^{xx}	1,29	1,05	0,79	2,02	0,58

H – Herbicydy – Herbicides

O – C – Odmiany – Cultivars

H x O – H x C – Herbicydy x Odmiany – Herbicides x Cultivars

L x H – Y x H – Lata x Herbicydy – Years x Herbicides

L x O – Y x C – Lata x Odmiany – Years x Cultivars

L x H x O – Y x H x C – Lata x Herbicydy x Odmiany – Years x Herbicides x Cultivars

** różnice istotne – significant differences

źródło: opracowanie własne – source: own elaboration

Wyniki badań Murawy, Przeździeckiego [1980], Przeździeckiego, Murawy [1988] oraz Rotkiewicz i in. [2001] nie pozwalają na jednoznaczną ocenę wpływu herbicydów na kształtowanie poziomu składników mineralnych w nasionach rzepaku jarego, bowiem oddziaływanie stosowanych preparatów okazało się zmienne (istotne, nieistotne).

Tabela 3. Zawartość fosforu, potasu i magnezu (% s.m.) w nasionach rzepaku jarego
 Table 3. Phosphorus, potassium and magnesium content (% of d.m.) in spring rape seeds

Czynnik – Factor	Obiekt – Object	P		K		Mg	
		$\bar{x} \pm \text{SEM}$	SNK	$\bar{x} \pm \text{SEM}$	SNK	$\bar{x} \pm \text{SEM}$	SNK
1995							
Herbicydy Herbicides	Kontrola – Control	0,71 ± 0,01	dC	0,81 ± 0,01	aA	0,33 ± 0,02	aA
	Triflurotox 250 EC	0,75 ± 0,01	cBC	0,76 ± 0,04	bcC	0,33 ± 0,01	aAB
	Alanex 480 EC	0,82 ± 0,02	aA	0,79 ± 0,08	bB	0,31 ± 0,01	bC
	Butisan 300SL	0,81 ± 0,03	abAB	0,75 ± 0,03	dC	0,33 ± 0,01	aAB
	Lontrel 300 SL	0,76 ± 0,03	cBC	0,76 ± 0,04	cdC	0,31 ± 0,01	bC
	Alatrif 380 EC	0,76 ± 0,01	bcAB	0,76 ± 0,03	cC	0,32 ± 0,01	bBC
Odmiany Cultivars	Star	0,75 ± 0,01	Y	0,79 ± 0,04	X	0,32 ± 0,01	y
	Lisonne	0,79 ± 0,01	X	0,75 ± 0,04	Y	0,33 ± 0,01	x
1996							
Herbicydy Herbicides	Kontrola – Control	0,72 ± 0,01	abB	0,80 ± 0,04	a	0,33 ± 0,01	ab
	Triflurotox 250 EC	0,74 ± 0,01	aAB	0,81 ± 0,02	a	0,31 ± 0,01	b
	Alanex 480 EC	0,75 ± 0,01	aA	0,79 ± 0,02	a	0,31 ± 0,01	b
	Butisan 300SL	0,72 ± 0,01	abAB	0,80 ± 0,02	a	0,34 ± 0,01	a
	Lontrel 300 SL	0,71 ± 0,01	bB	0,80 ± 0,03	a	0,32 ± 0,01	ab
	Alatrif 380 EC	0,74 ± 0,01	aA	0,79 ± 0,01	a	0,33 ± 0,01	ab
Odmiany Cultivars	Star	0,73 ± 0,01	x	0,79 ± 0,01	Y	0,31 ± 0,00	y
	Lisonne	0,73 ± 0,05	X	0,82 ± 0,02	X	0,33 ± 0,01	x
1997							
Herbicydy Herbicides	Kontrola – Control	0,77 ± 0,01	cC	0,83 ± 0,01	a	0,32 ± 0,01	abc
	Triflurotox 250 EC	0,81 ± 0,02	bB	0,83 ± 0,01	a	0,32 ± 0,01	abc
	Alanex 480 EC	0,85 ± 0,06	aB	0,86 ± 0,01	a	0,31 ± 0,01	c
	Butisan 300SL	0,78 ± 0,01	cBC	0,85 ± 0,01	a	0,34 ± 0,01	a
	Lontrel 300 SL	0,74 ± 0,01	dD	0,85 ± 0,03	a	0,31 ± 0,01	c
	Alatrif 380 EC	0,81 ± 0,04	bBC	0,83 ± 0,01	a	0,33 ± 0,01	bc
Odmiany Cultivars	Star	0,84 ± 0,02	X	0,83 ± 0,01	Y	0,31 ± 0,01	Y
	Lisonne	0,74 ± 0,01	Y	0,86 ± 0,01	X	0,33 ± 0,00	X
1998							
Herbicydy Herbicides	Kontrola – Control	0,72 ± 0,01	E	0,88 ± 0,02	bB	0,37 ± 0,01	a
	Triflurotox 250 EC	0,83 ± 0,00	A	0,88 ± 0,01	bB	0,38 ± 0,01	a
	Alanex 480 EC	0,74 ± 0,01	D	0,95 ± 0,01	aA	0,39 ± 0,01	a
	Butisan 300SL	0,78 ± 0,01	C	0,93 ± 0,01	aAB	0,38 ± 0,01	a
	Lontrel 300 SL	0,81 ± 0,01	B	0,89 ± 0,03	bB	0,39 ± 0,02	a
	Alatrif 380 EC	0,78 ± 0,01	C	0,87 ± 0,02	bB	0,40 ± 0,11	a
Odmiany Cultivars	Star	0,77 ± 0,01	x	0,88 ± 0,01	Y	0,37 ± 0,01	Y
	Lisonne	0,78 ± 0,01	x	0,92 ± 0,01	X	0,40 ± 0,01	X
1999							
Herbicydy Herbicides	Kontrola – Control	0,70 ± 0,01	B	0,93 ± 0,01	B	0,27 ± 0,01	aAB
	Triflurotox 250 EC	0,69 ± 0,01	C	0,99 ± 0,04	B	0,27 ± 0,01	aA
	Alanex 480 EC	0,69 ± 0,01	C	0,99 ± 0,04	B	0,27 ± 0,01	aA
	Butisan 300SL	0,68 ± 0,01	CD	0,96 ± 0,01	B	0,25 ± 0,01	bC
	Lontrel 300 SL	0,84 ± 0,02	A	1,17 ± 0,03	A	0,27 ± 0,01	aA
	Alatrif 380 EC	0,68 ± 0,01	D	0,93 ± 0,02	B	0,26 ± 0,01	bBC
Odmiany Cultivars	Star	0,70 ± 0,01	Y	1,03 ± 0,03	X	0,26 ± 0,01	x
	Lisonne	0,73 ± 0,02	X	0,96 ± 0,02	Y	0,26 ± 0,01	x

SEM – standardowy błąd, średnia – standard error of the mean
 oznaczenia literowe średnich dla grup jednorodnych w teście SNK: małe litery oznaczają różnice statystycznie istotne dla $p = 0,05$, duże litery $p = 0,01$ – letters following SNK test homogeneous groups means: lower-case letters stand for significant differences at $p = 0,05$, capital letters at $p = 0,01$

a, b, c..., A, B, C... – do porównania herbicydów – for comparison of herbicides

x, y, z..., X, Y, Z... – do porównania odmian – for the comparison of cultivars

źródło: opracowanie własne – source: own elaboration

Nasiona testowanych odmian charakteryzowały się zbliżonym poziomem potasu i fosforu, wynoszącym średnio 0,75 i 0,86% s.m. Istotnie wyższą zawartością magnezu (o 0,02 punktu procentowego) odznaczała się odmiana Lisonne w porównaniu z odmianą Star (0,31% s.m.), (tab. 3).

Uzyskane wyniki dotyczące poziomu badanych składników w nasionach rzepaku są na ogół zbliżone do podawanych przez Markiewicza i in. [1992], Čermaka i in. [2000] oraz Grzebisza i in. [2000].

Czynnikami istotnie wpływającymi na kształtowanie poziomu sodu, wapnia, potasu i magnezu w nasionach badanych odmian gorczycy w kolejnych latach doświadczeń były zmienne warunki pogodowe (tab. 1 i 2). Najwyższy poziom sodu w nasionach obu odmian odnotowano w 1998 r. (średnio 0,02% s.m.), wapnia w 2000 r. (średnio 0,57% s.m.), potasu w 1998 r. (średnio 1,04% s.m.), magnezu w 2000 r. (średnio 0,37% s.m.) oraz fosforu w 2000 r. (średnio 1,12% s.m.), (tab. 4 i 5).

Zawartość sodu w nasionach obu odmian gorczycy ulegała istotnemu zróżnicowaniu pod wpływem stosowanych herbicydów tylko w pierwszym (1998) roku doświadczenia. W obiekcie traktowanym tebutamem (Comodor 72 EC) stwierdzono zwiększenie wartości liczbowej analizowanej cechy wobec odnotowanej w próbie kontrolnej (o 0,009 punktu procentowego), (tab. 5). Stosowane w doświadczeniu preparaty nie różnicowały istotnie zawartości wapnia w nasionach obu odmian gorczycy w poszczególnych latach badań (tab. 5). Zawartość potasu w 2000 r. była istotnie różnicowana przez herbicydy tylko w odmianie Borowska, która zareagowała wzrostem poziomu tego pierwiastka po aplikacji alachloru (Alatrif 380 EC) (o 0,07 punktu procentowego) i metazachloru (Butisan 400 SC) (o 0,06 punktu procentowego), (tab. 4). Zawartość magnezu w nasionach obu odmian gorczycy nie ulegała modyfikacji po zastosowaniu herbicydów (tab. 4). Ich wpływ na kształtowanie poziomu fosforu był istotnie zróżnicowany tylko w 1999 r. (tab. 4). Wzrost zawartości fosforu o 0,16 punktu procentowego odnotowano po zastosowaniu metazachloru (Butisan 400 SC) z powschodowo aplikowanym chlopyralidem (Lontrel 300), który spowodował jego nagromadzenie w ilości 1,172% s.m. wobec 1,008% s.m. w próbie kontrolnej (tab. 4).

Średnia dla odmian zawartość sodu nie była modyfikowana przez herbicydy w żadnym roku badań (tab. 5). Istotne różnice odmianowe poziomu wapnia odnotowano tylko w 1999 r. (Nakielska 0,295% s.m., Borowska 0,315% s.m.), natomiast zawartości potasu, magnezu i fosforu w każdym roku doświadczenia (tab. 4 i 5).

W trzyletnim okresie badań, w nasionach z obiektów kontrolnych obu odmian gorczycy odnotowano następującą średnią zawartość składników mineralnych: fosforu – 1,014% s.m., potasu – 0,926% s.m., wapnia – 0,446% s.m., magnezu – 0,314% s.m. i sodu – 0,009% s.m. (tab. 4 i 5). Wyniki te są zbliżone do danych podawanych przez badaczy kanadyjskich [Yellow... 2000], dotyczących zawartości wapnia (0,521% s.m.) i magnezu (0,298% s.m.), a różnią się zawartością fosforu (0,841% s.m.), potasu (0,682% s.m.) i sodu (0,005% s.m.).

Stwierdzone w doświadczeniu z rzepakiem jarym i gorzycą białą w kolejnych latach zależności mogą mieć charakter pośredni, nie tyle związany z mechanizmem toksycznego działania substancji aktywnych herbicydów, ile ze zróżnicowanym wpływem czynników środowiskowych [Bilski i Pilarczyk 1996, Pruszyński 1996, Hergert 1997].

Tabela 4. Zawartość fosforu, potasu i magnezu (% s.m.) w nasionach gorczycy białej
 Table 4. Phosphorus, potassium and magnesium content (% of d.m.) in white mustard seeds

Czynnik – Factor	Obiekt – Object	P		K		Mg	
		$\bar{x} \pm \text{SEM}$	SNK	$\bar{x} \pm \text{SEM}$	SNK	$\bar{x} \pm \text{SEM}$	SNK
1998							
Herbicydy Herbicides	Kontrola Control	1,032 ± 0,064	a	1,070 ± 0,059	a	0,346 ± 0,011	ab
	Triflurotox 250 EC	1,143 ± 0,060	a	1,006 ± 0,067	a	0,334 ± 0,011	ab
	Alatrif 380 EC	1,083 ± 0,029	a	1,037 ± 0,067	a	0,327 ± 0,013	b
	Butisan 400 SC	1,093 ± 0,044	a	1,044 ± 0,054	a	0,345 ± 0,016	ab
	Butisan 400 SC + Lontrel 300 SL	1,127 ± 0,049	a	1,047 ± 0,066	a	0,345 ± 0,012	ab
	Comodor 72 EC	1,052 ± 0,034	a	1,036 ± 0,067	a	0,351 ± 0,010	a
Odmiany Cultivars	Nakielska	1,022 ± 0,019	Y	0,931 ± 0,009	Y	0,321 ± 0,003	y
	Borowska	1,154 ± 0,020	X	1,148 ± 0,007	X	0,361 ± 0,003	x
1999							
Herbicydy Herbicides	Kontrola Control	1,008 ± 0,051	a	0,815 ± 0,035	a	0,233 ± 0,008	a
	Triflurotox 250 EC	1,128 ± 0,039	a	0,855 ± 0,038	a	0,243 ± 0,005	a
	Alatrif 380 EC	1,116 ± 0,031	a	0,820 ± 0,051	a	0,235 ± 0,005	a
	Butisan 400 SC	1,130 ± 0,040	a	0,828 ± 0,034	a	0,235 ± 0,003	a
	Butisan 400 SC + Lontrel 300 SL	1,172 ± 0,040	a	0,930 ± 0,079	a	0,238 ± 0,005	a
	Comodor 72 EC	1,048 ± 0,085	a	0,858 ± 0,036	a	0,243 ± 0,005	a
Odmiany Cultivars	Nakielska	1,028 ± 0,026	X	0,909 ± 0,027	X	0,232 ± 0,003	y
	Borowska	1,172 ± 0,018	Y	0,793 ± 0,014	Y	0,243 ± 0,002	x
2000							
Herbicydy Herbicides	Kontrola Control	1,000 ± 0,076	a	0,893 ± 0,015	a	0,363 ± 0,008	a
	Triflurotox 250 EC	1,113 ± 0,052	a	0,886 ± 0,026	a	0,364 ± 0,011	a
	Alatrif 380 EC	1,148 ± 0,038	a	0,921 ± 0,036	a	0,371 ± 0,011	a
	Butisan 400 SC	1,169 ± 0,038	a	0,928 ± 0,024	a	0,375 ± 0,003	a
	Butisan 400 SC + Lontrel 300 SL	1,207 ± 0,029	a	0,900 ± 0,025	a	0,374 ± 0,008	a
	Comodor 72 EC	1,079 ± 0,103	a	0,914 ± 0,022	a	0,372 ± 0,006	a
Odmiany Cultivars	Nakielska	0,041 ± 0,037	Y	0,865 ± 0,005	Y	0,359 ± 0,004	Y
	Borowska	1,198 ± 0,020	X	0,948 ± 0,008	X	0,380 ± 0,002	X

oznaczenia jak w tabeli 3 – for explanations, see Table 3
 źródło: opracowanie własne – source: own elaboration

Tabela 5. Zawartość sodu i wapnia (% s.m.) w nasionach gorzycy białej
 Table 5. Sodium and calcium content (% of d.m.) in white mustard seeds

Czynnik – Factor	Obiekt – Object	Na		Ca	
		$\bar{x} \pm \text{SEM}$	SNK	$\bar{x} \pm \text{SEM}$	SNK
1998					
Herbicydy Herbicides	Kontrola Control	0,009 ± 0,001	B	0,483 ± 0,032	a
	Triflurotox 250 EC	0,005 ± 0,001	B	0,453 ± 0,015	a
	Alatrif 380 EC	0,008 ± 0,001	B	0,468 ± 0,014	a
	Butisan 400 SC	0,009 ± 0,003	B	0,388 ± 0,083	a
	Butisan 400 SC + Lontrel 300 SL	0,007 ± 0,000	B	0,387 ± 0,094	a
	Comodor 72 EC	0,075 ± 0,005	A	0,487 ± 0,033	a
Odmiany Cultivars	Nakielska	1,017 ± 0,007	X	0,468 ± 0,034	X
	Borowska	0,020 ± 0,008	X	0,420 ± 0,027	X
1999					
Herbicydy Herbicides	Kontrola Control	0,014 ± 0,003	a	0,295 ± 0,006	a
	Triflurotox 250 EC	0,018 ± 0,003	a	0,313 ± 0,006	a
	Alatrif 380 EC	0,020 ± 0,003	a	0,308 ± 0,010	a
	Butisan 400 SC	0,017 ± 0,002	a	0,303 ± 0,011	a
	Butisan 400 SC + Lontrel 300 SL	0,019 ± 0,003	a	0,300 ± 0,014	a
	Comodor 72 EC	0,014 ± 0,002	a	0,313 ± 0,006	a
Odmiany Cultivars	Nakielska	0,017 ± 0,002	X	0,295 ± 0,005	Y
	Borowska	0,017 ± 0,002	X	0,315 ± 0,004	X
2000					
Herbicydy Herbicides	Kontrola Control	0,005 ± 0,001	a	0,560 ± 0,010	a
	Triflurotox 250 EC	0,005 ± 0,001	a	0,487 ± 0,083	a
	Alatrif 380 EC	0,004 ± 0,001	a	0,552 ± 0,002	a
	Butisan 400 SC	0,005 ± 0,001	a	0,593 ± 0,021	a
	Butisan 400 SC + Lontrel 300 SL	0,007 ± 0,001	a	0,661 ± 0,075	a
	Comodor 72 EC	0,005 ± 0,001	a	0,569 ± 0,007	a
Odmiany Cultivars	Nakielska	0,004 ± 0,000	X	0,555 ± 0,030	X
	Borowska	0,006 ± 0,000	X	0,585 ± 0,030	X

oznaczenia jak w tabeli 3 – for explanations, see table 3

źródło: opracowanie własne – source: own elaboration

PODSUMOWANIE

Układ warunków pogodowych w latach badań w istotny sposób determinował zawartość fosforu, potasu i magnezu w nasionach badanych odmian rzepaku jarego oraz potasu, magnezu, wapnia i sodu w nasionach odmian gorzycy białej.

Wykazano, że zastosowane w doświadczeniach herbicydy nie wpłynęły istotnie na kształtowanie poziomu badanych pierwiastków w nasionach rzepaku jarego oraz nie modyfikowały zawartości większości badanych pierwiastków w nasionach gorczycy, z wyjątkiem sodu i magnezu w pierwszym roku doświadczenia, a także fosforu w drugim.

W całym cyklu badań testowane odmiany rzepaku jarego różniły się istotnie zawartością magnezu, natomiast odmiany gorczycy białej jedynie zawartością fosforu.

Zastosowane do odchwaszczania plantacji rzepaku jarego herbicydy nie zmieniały zawartości badanych składników mineralnych w nasionach.

PIŚMIENNICTWO

- Ashton F.M., Crafts A.S., 1981. Mode of action of herbicides. Wiley Interscience New York.
- Balke N.E., 1985. Herbicide effects on membrane functions in Weed Physiology. Vol. II, Herbicide Physiology, ed. S.O. Duke.
- Bell J.M., Rakow G., Downey R.K., 1999. Mineral composition of oil-free seeds of *Brassica napus*, *B. rapa* and *B. juncea* as affected by location and year. Can. J. Anim. Sci. 79 (3), 405-408.
- Bengtsson A., 1992. Current spring rape and spring turnip rape cultivars. Svensk Frotidn. 61 (1), 6-9.
- Bilski E., Pilarczyk W., 1996. Rola eksperymentu polowego w badaniach oceny odmian. Fragm. Agron. 3 (13), 67-84.
- Budzyński W., 1998. Reakcja rzepaku jarego na termin siewu i sposób odchwaszczania. Rośl. Oleiste XIX (1), 125-133.
- Carter A. D., 2000. Herbicide movement in soils: principles, pathways and processes. Weed Res. 40, 113-122.
- Čermak P., Kralovec J., Baier J., 2000. Wpływ nawozów potasowych na plony rzepaku. Zbilansowane nawożenie rzepaku. [W:] Zbilansowane nawożenie rzepaku (aktualne problemy), pod red. W. Grzebisz, Wyd. AR Poznań, 219-227.
- Czuba R., Mazur T., 1988. Wpływ nawożenia na jakość plonów. PWN Warszawa.
- Grzebisz W., Musolf R., 1999. Wpływ stresu potasowego i symulowanego stresu wodnego w fazie wzrostu wydłużeniowego na plon i pobranie składników pokarmowych przez rzepak jary. Rośl. Oleiste XX (2), 495-502.
- Grzebisz W., Szczepaniak W., Musolf R., Biber M., 2000. Zawartość makroelementów w rzepaku jarym uprawianym w warunkach stresu potasowego i symulowanego stresu wodnego. [W:] Zbilansowane nawożenie rzepaku (aktualne problemy), pod red. W. Grzebisz, Wyd. AR Poznań, 197-204.
- Guillard K., Allison D.W., 1989. Seasonal variation in chemical composition of forage Brassica. I. Mineral concentration and uptake. Agron. J. 81 (6), 876-881.
- Hergert G.W., 1997. A futuristic view of soil and plant analysis and nutrient recommendations. Commun. Soil Sci. Plant Analys. 29 (11-14), 1441-1454.
- Hruszka M., 1996. Alternatywne funkcje roślin i możliwość ich wykorzystania w systemach rolnictwa integrowanego i ekologicznego. Post. Nauk Roln. 3, 93-101.
- Jasińska Z., Kotecki A., 1994. Wpływ nawożenia azotowego na plony nasion gorczycy białej i sarepskiej. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, Rolnictwo 230, 71-77.
- Lewandowski A., 1990. Gorczyca biała i sarepska – synteza wyników doświadczeń odmianowych za lata 1987-1989. COBORU Słupia Wielka, Zesz. Odm. 900.
- Markiewicz K., Zadernowski R., Markiewicz E., 1992. Zawartość wybranych mikro- i makropierwiastków w nasionach rzepaku uprawianego w Polsce północno-wschodniej. Rośl. Oleiste 14 (2), 207-211.

- Markiewicz K., Zadernowski R., Nowak-Polakowska H., Lossow B., Markiewicz E., 1993. Wybrane składniki mineralne w oleju rzepakowym. *Post. Nauk Roln.* 40/45 (6), 157-160.
- Murawa D., Przeździecki Z., 1980. Wpływ herbicydów Kerbu 50 WP, Mesoraniłu 50 WP i Treflanu EC 2 na skład chemiczny nasion rzepaku ozimego i jarego. *Zesz. Nauk. ART w Olsztynie, Rolnictwo* 30, 273-282.
- Nowosielska O., 1994. Metody oznaczania potrzeb nawozowych. PWRiL Warszawa.
- Płoszyński M., 1975. Wpływ herbicydów na pobieranie składników mineralnych przez rośliny i zagadnienie fitotoksyczności preparatów na tle nawożenia mineralnego. *Post. Nauk. Roln.* 4, 52-66.
- Praca pod red. W. Püntener, 1981. Podręcznik doświadczałnictwa polowego w ochronie roślin. Wyd. PWRiL Poznań.
- Pruszyński S., 1996. Eksperyment polowy jako element rozwiązywania zagadnień badawczych w zakresie ochrony roślin. *Fragm. Agron.* 13 (3), 146-154.
- Przeździecki Z., Murawa D., 1988. Badanie skuteczności kilku herbicydów stosowanych w rzepaku jarym na plon i skład chemiczny nasion. *Acta Acad. Agricult. Techn. Olst., Agricultura* 45, 203-213.
- Rotkiewicz D., Konopka I., 1998. Związki fosforu w nasionach i oleju rzepakowym. *Rośl. Oleiste* 19 (1), 61-70.
- Rotkiewicz D., Konopka I., Murawa D., Warmiński K., 2001. Wpływ wybranych kombinacji środków ochrony roślin na zawartość związków fosforu w nasionach i oleju rzepakowym. *UWM Olsztyn, Biul. Nauk.* 12, 391-397.
- Toboła P., Muśnicki Cz., 2000. Efektywność nawożenia rzepaku jarego azotem. Zbilansowane nawożenie rzepaku. [W:] *Zbilansowane nawożenie rzepaku (aktualne problemy)*, pod red. W. Grzebisz, Wyd. AR Poznań, 191-195.
- Wałkowski T., 1997. Uprawa gorczycy na nasiona. *Biul. Inf. Hand.* 4, 9-10.
- Yellow mustard Seed., 2000. Placed on Web, www.mancan.ca/ylmutri.html, Source: USDA Handbook 1976.

CONTENT OF SELECTED MINERALS IN THE SEEDS OF SPRING RAPE AND WHITE MUSTARD TREATED WITH HERBICIDES

Abstract. The paper presents the results of studies conducted over 1995-1999 which involved spring rape (Star and Lisonne cultivars) and over 1998-2000 which – white mustard (Nakielska and Borowska cultivars) grown on experimental plots at Bałcyny, of University of Warmia and Mazuria in Olsztyn. The aim was to evaluate the effect of selected herbicides on phosphorus, potassium and magnesium content in spring rape seeds and phosphorus, potassium, magnesium, calcium and sodium content in white mustard seeds. The herbicides applied neither demonstrated a significant effect on the content of the minerals investigated in spring rape seeds nor modified the content of most minerals in mustard seeds, except for sodium and magnesium in the first experiment year and phosphorus in the second year. Throughout the experiment cycle the spring rape cultivars tested differed significantly in the content of magnesium, while white mustard cultivars – only in the content of phosphorus.

Key words: spring rape, white mustard, minerals, herbicides

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 19.12.2005