

Renata Gaj

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Katedra Chemii Rolnej i Biogeochemii Środowiska

Wpływ zróżnicowanego poziomu nawożenia rzepaku ozimego potasem na stan odżywienia roślin w początku wzrostu pędu głównego i na plon nasion

Effect of different level of potassium fertilization on winter oilseed rape nutritional status at the initiation of the main stem growth and on the seed yield

Słowa kluczowe: rzepak ozimy, dawki potasu, odżywienie roślin, faza krytyczna

W pracy przedstawiono wyniki badań nad wpływem zróżnicowanego poziomu nawożenia potasem na stan odżywienia roślin w fazie krytycznej (początek wzrostu elongacyjnego) oraz plon nasion rzepaku ozimego odmiany Rasmus. Doświadczenie przeprowadzono w latach 2004–2006 w Stacji Doświadczalnej Uniwersytetu Przyrodniczego w Brodach. W badaniach porównywano wariant optymalnie nawożony potasem, który wyznaczono na podstawie oceny zasobności gleby i potrzeb nawozowych ($150 \text{ kg K}\cdot\text{ha}^{-1}$) z obiektami o zredukowanym poziomie nawożenia tym składnikiem do 50%, 25%, K_0 oraz kontrolą absolutną (obiekt nienawożony żadnym składnikiem od 2000 roku). Dawki pozostałych składników mineralnych były stałe i wynosiły odpowiednio: 180 kg N , 26 kg P i $15 \text{ kg Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Zawartość składników mineralnych w liściach rzepaku ozimego w wariacie kontroli absolutnej (poza fosforem, miedzią i żelazem) była mniejsza w porównaniu do zawartości uzyskanych na pozostałych obiektach. Przeprowadzona analiza stanu odżywienia rzepaku w fazie krytycznej wykazała, że wapń i potas były głównymi składnikami ograniczającymi plony nasion. Ponadto zawartość wapnia w roślinach w fazie krytycznej istotnie korelowała z zawartością innych pierwiastków, co wskazuje na rolę tego składnika w procesie ich akumulacji w roślinie. Ponadto wapń istotnie wpływał także na relację pomiędzy zawartościami składników $\text{N} : \text{K}$ i $\text{Na} : \text{Ca}$. Zróżnicowany poziom nawożenia mineralnego potasem w warunkach prowadzonego doświadczenia nie różnicował jednakże plonu nasion rzepaku. Zróżnicowanie obiektowe sprowadzało się głównie do istotności kontrastu: kontrola absolutna (bez nawożenia NPK) i pozostałe warianty nawozowe.

Key words: winter rape, potassium rates, nutritional status, critical stage

This paper presents the results of studies on the effect of imbalanced fertilization of winter oilseed rape with potassium on plant nutritional status at the beginning of the elongation phase (BBCH31) and on yield of seeds. In years 2004–2006 three series of field experiments were conducted at Poznań University experimental station at Brody. During the study the K optimum treatment, established on the basis of analysis of a crop fertilizer requirements, which amounted to $150 \text{ kg K}\cdot\text{ha}^{-1}$, was compared with the reduced K treatments, i.e. 50%, 25% and 0% of $150 \text{ kg K}\cdot\text{ha}^{-1}$ and the absolute control. Rates of other applied nutrients were constant and amounted to 180 kg N , 26 kg P and $15 \text{ kg Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Content of nutrients in oilseed plants grown on the control plot was, excluding phosphorus,

copper and iron, much lower in comparison to the fertilized ones. The conducted analysis of nutritional status of oilseed rape plants clearly indicated that calcium and potassium were nutrients limiting the yield of seeds. Moreover, content of calcium significantly correlated with content of other nutrients at the stage of BBCH 31, which stresses the importance of calcium for their accumulation in a plant. In addition, calcium also significantly affected relationships between nutrients, which was found for the following pairs: N : K and Na : Ca. However, differentiated rates of potassium did not affect yield of oilseed rape seeds.

Wstęp

Rzepak ozimy jest gatunkiem uprawnym o dużym zapotrzebowaniu na składniki pokarmowe. Spośród wszystkich składników w największych ilościach pobierany jest potas. Średnie wartości pobrania tego pierwiastka kształtują się dla wysoko plonujących plantacji na poziomie 250–330 kg K·ha⁻¹ (Orlovius 2000). W polskich warunkach glebowo-klimatycznych Szukalski i in. (1985) wykazali, że w plonie 3 t·ha⁻¹ nasion wraz z 9 t słomy (łodygi, liście i łuszczyzny) i 2 t korzeni, rzepak bezerukowy zgromadził łącznie 239 kg potasu, co odpowiada 287 kg tlenu tego pierwiastka. W racjonalnym systemie nawożenia określenie ilościowego zapotrzebowania na składniki pokarmowe przeprowadzone tylko w oparciu o pobranie końcowe nie jest wystarczające. Niezbędne jest wyznaczenie krytycznych faz zapotrzebowania rośliny na określony składnik, które jest możliwe tylko wówczas, gdy znana jest dynamika pobierania danego pierwiastka na tle faz rozwojowych. Dynamika pobierania i akumulacji potasu przez rzepak jest znacząco większa niż innych składników pokarmowych w okresie od wiosennego ruszenia wegetacji aż do kwitnienia. Od fazy kwitnienia następuje systematyczny spadek ilości potasu zakumulowanego w roślinach, co sprawia, że tzw. pobranie końcowe składnika jest ilościowo mniejsze niż pobranie maksymalne (Grzebisz i Gaj 2000).

Analiza stanu odżywienia rzepaku przeprowadzona w krytycznym okresie wzrostu pozwala na wstępną ocenę potencjału plonotwórczego łanu. Dembiński (1983) uważa, że najwięcej potasu rzepak ozimy potrzebuje zwykle w początku kwitnienia, co potwierdza także Grzebisz i in. (2005). Analiza chemiczna roślin w fazie wzrostu elongacyjnego z jednej strony daje odpowiedź na pytanie, czy zawartość składników pokarmowych mieści się w przedziale wartości krytycznych (Weichmann 1998), a z drugiej strony wskazuje na konieczność wykonania tzw. korekcyjnych zabiegów nawozowych. W praktyce jakakolwiek korekta nawozowa dotyczy przede wszystkim azotu, magnezu i siarki, a także mikroelementów, tj. składników, które stosunkowo łatwo przemieszczają się w glebie lub tych, których wysoką efektywność uzyskuje się dokarmiając rośliny dolistnie. Ocena odżywienia potasem ma tylko znaczenie prognostyczne.

Celem przeprowadzonych badań polowych była ocena wpływu nawożenia rzepaku ozimego niezbilansowanymi dawkami potasu na odżywienie roślin w fazie krytycznej (początek wzrostu elongacyjnego) oraz plon nasion.

Material i metody

Badania polowe przeprowadzono w latach 2004–2006 w Stacji Doświadczalnej Uniwersytetu Przyrodniczego w Brodach. Doświadczenie założono na glebie płowej, wykształconej z piasku gliniastego mocnego, zaliczanej do kategorii agronomicznej gleb średnich, klasy bonitacyjnej IVa. Warstwa orna gleby przed założeniem doświadczenia charakteryzowała się lekko kwaśnym odczynem (pH 5,9), bardzo wysoką zasobnością w przyswajalny fosfor oraz średnią w potas i magnez (odpowiednio 110 mg P·kg⁻¹, 83 mg K·kg⁻¹ i 36 mg Mg·kg⁻¹ gleby).

Uwzględniając zasobność gleby, pobranie jednostkowe i spodziewany plon, ustalono zbilansowany poziom nawożenia rzepaku, który odpowiadał dawce 180 kg N, 26 kg P, 150 kg K i 15 kg Mg·ha⁻¹. Azot zastosowano w formie saletry amonowej, fosfor w postaci superfosfatu prostego (SSP – 8,7% P), a potas w formie soli potasowej 60%. W oparciu o wyznaczony optymalny poziom nawożenia potasem ustalono pozostałe dawki składnika, redukując odpowiednio poziom nawożenia potasem do 25 i 50% względem wariantu optymalnie zbilansowanego. Dodatkowo wprowadzono obiekt kontrolny K₀ (NP), na którym nie stosowano potasu oraz kontrolę absolutną (obiekt nienawożony żadnym składnikiem od 2000 roku). Przedplonem rzepaku ozimego odm. Rasmus w każdym roku badań było pszenżyto ozime.

Do oceny stanu odżywienia roślin użyto program PIPPA (Professional Interpretation Program for Plant Analysis) autorstwa Schnug, Haneklaus (2008) opracowany w Instytucie Nawożenia Roślin i Gleboznawstwa (FAL), Brunszwik. Główna idea programu oparta jest na koncepcji linii granicznej (boundary line) uwzględniającej zależność pomiędzy zawartością składnika w roślinie w ściśle określonej fazie rozwojowej a plonem użytkowym. Szczegółowe założenia programu opisano w pracy Gaj (2008). Fazy rozwojowe rzepaku określono według klucza Adamczewski, Matysiak (2002).

Analizę statystyczną przeprowadzono z zastosowaniem klasycznej analizy wariancji Anova dla doświadczeń jednoczynnikowych. Dla oszacowania związków przyczynowo-skutkowych między analizowanymi parametrami zastosowano analizę korelacji prostej oraz regresji wielokrotnej.

Wyniki i dyskusja

Przeprowadzona analiza uzyskanych wyników doświadczalnych wykazała, że zróżnicowany poziom nawożenia mineralnego rzepaku ozimego potasem wpływał istotnie na zawartość większości analizowanych składników pokarmowych, tj. azotu, potasu, magnezu, wapnia, manganu, miedzi i żelaza (tab. 1). Zawartość azotu, potasu i magnezu w liściach rzepaku na początku fazy wydłużania pędu głównego wzrastała istotnie pod wpływem nawożenia potasem niezależnie od roku prowa-

Tabela 1

Zawartość makro- i mikrośladników w roślinach w fazie BBCH 31 w zależności od poziomu nawożenia potasem — *Content of macro and micronutrients in plants at BBCH 31 according to the level of potassium fertilization*

Obiekt <i>Treatment</i>	Składniki — <i>Nutrients</i>								
	N	P	K	Mg	Ca	Mn	Zn	Cu	Fe
	[g·kg ⁻¹]					[mg·kg ⁻¹]			
Kontrola absolutna <i>Absolut control</i>	31,07	4,36	23,85	1,48	4,72	37,78	43,39	5,494	237,4
0 K	41,79	4,31	27,22	1,69	5,51	51,68	44,63	5,594	274,0
25% K	41,69	4,44	27,83	1,85	6,47	43,07	45,51	5,338	219,0
50% K	42,75	4,46	27,46	1,57	5,22	44,52	43,97	5,723	227,3
100% K	43,26	4,36	26,66	1,84	5,89	44,52	44,96	6,367	198,4
NIR – <i>LSD</i> _{0,05}	2,33	r.n.	1,161	0,272	*	*	r.n.	*	*

r.n. — różnice nieistotne

* — czynnik działał zależnie od lat

dzonych badań. Najmniejszą zawartością analizowanych składników charakteryzowały się rośliny bez nawożenia mineralnego (kontrola absolutna). Otrzymany zakres zawartości azotu zarówno w wariancie kontrolnym jak i obiektach nawożonych był zbliżony do przedziału otrzymanego przez Barłoga i Grzebisza (2004b). Roślina uprawna do prawidłowego wzrostu potrzebuje ściśle określonej ilości składnika mineralnego w danej fazie rozwoju. Odnosząc uzyskane wyniki do wartości uznawanych za optymalne dla tej fazy i mieszczące się w zakresach: N: 40–47 g·kg⁻¹; P: 3,5–5,0 g·kg⁻¹; K: 30–44 g·kg⁻¹; Mg: 1,5–2,5 g·kg⁻¹; Ca: 10–22 g·kg⁻¹ oraz Mn: 30–140 mg; Cu: 4,0–6,2 mg; Zn: 30–38 mg·kg⁻¹; Fe: 60–80 mg·kg⁻¹ s.m. (Weichmann 1998), należy stwierdzić, że rzepak ozimy był prawidłowo odżywiony fosforem, magnezem, manganem i miedzią oraz optymalnie cynkiem i żelazem. Niezależnie od analizowanego obiektu rzepak na początku fazy krytycznej wykazał stan niedożywienia wapniem i potasem, a dla kontroli absolutnej także azotem. Na tej podstawie założono, że wapń i potas mogą potencjalnie ograniczać realizację potencjału plonotwórczego rzepaku. Analiza regresji z wyborem najlepszego podzbioru zmiennych wykazała jednak, że tylko w stanowisku ze zredukowaną dawką potasu do 25% względem wariantu optymalnie nawożonego, zmienność plonu w 93% określana była przez zmienność zawartości potasu i wapnia, a zależność tę opisuje równanie regresji (1):

$$Y (\text{Plon}) = 1,429 (K) + 0,937 (Ca) - 0,822; R^2 = 93\% \text{ dla } n = 12, p < 0,05.$$

Ocena zawartości składników w roślinie przeprowadzona w oparciu o metodę PIPPA (Schnug i Haneklaus 2008) w pełni potwierdziła postawioną tezę, że głównymi pierwiastkami ograniczającymi plon rzepaku były wapń i potas, a dla kontroli absolutnej głównie azot (tab. 2). Uzyskane prawidłowości jednoznacznie potwierdzają dużą wrażliwość rzepaku na odżywienie wapniem (Barłóg i in. 2005b). Funkcje metaboliczne wapnia są kluczowe dla prawidłowego funkcjonowania organizmu roślinnego (White i Broadley 2003). Rzepak zaliczany jest do grupy roślin o dużym zapotrzebowaniu na ten pierwiastek. Rośliny w czasie zbioru akumulują tyle samo wapnia co potasu, a oba składniki nieznacznie przekraczają wielkość akumulacji azotu (Grzebisz i Gaj 2000). W praktyce rolniczej zwraca się uwagę na te procesy metaboliczne, które prowadzą do określonych skutków produkcyjnych, a mianowicie wzrostu szybkości pobierania wody i składników mineralnych z gleby, zwiększonej odporności na choroby i szkodniki (Grzebisz 2008).

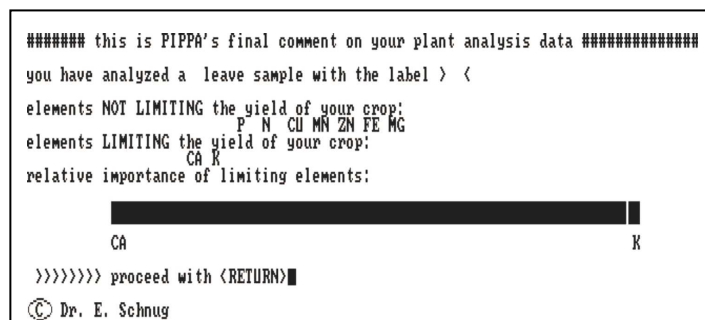
Tabela 2

Ranking składników limitujących plon rzepaku ozimego
Range of components limiting yield of winter oilseed rape

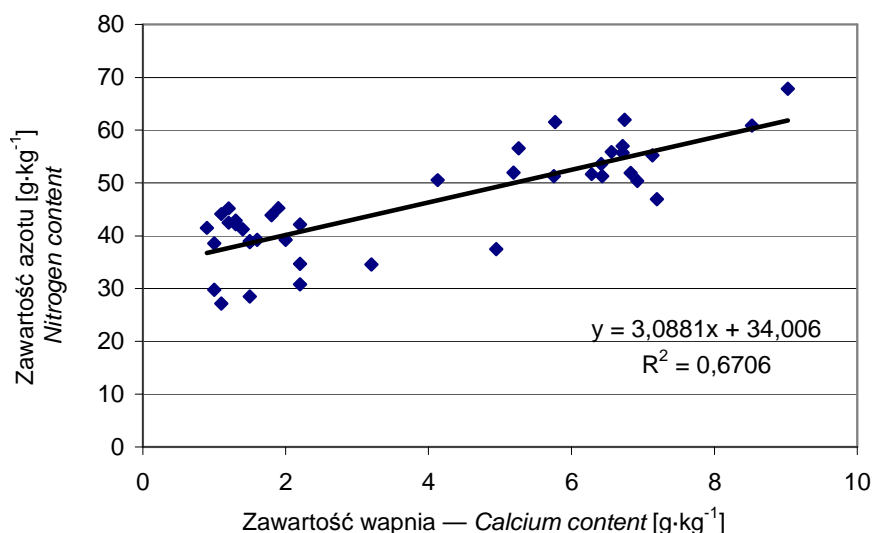
Obiekt <i>Treatment</i>	Składniki — <i>Nutrients</i>											
	pierwiastki limitujące plon roślin <i>elements limiting yield</i>					pierwiastki nie limitujące plonu <i>elements not limiting yield</i>						
Kontrola absolutna <i>Absolut control</i>	Ca	N	K			Mg	P	Fe	Mn	Zn	Cu	
K ₀ , NPMg	Ca	K				P	N	Cu	Mn	Zn	Fe	Mg
25%K, NPMg	Ca	K				P	N	Cu	Mn	Zn	Fe	Mg
50%K, NPMg	Ca	K				N	P	Mg	Mn	Zn	Fe	Cu
100%K, NPMg	Ca	K				P	N	Cu	Mn	Zn	Fe	Mg

Niezależnie od poziomu nawożenia potasem limitująca siła oddziaływania wapnia w kształtowaniu plonu nasion rzepaku była wielokrotnie większa niż potasu. Przyjęty sposób interpretacji uzyskanych danych przedstawiono na rysunku 1. Ponadto zawartość wapnia w roślinie wykazała istotną korelację z zawartością innych składników mineralnych, takich jak: azot, magnez, cynk, miedź, mangan, żelazo (tab. 4). Zależności te wskazują na istotną rolę wapnia w procesie pobierania składników mineralnych przez rzepak ozimy.

Analiza regresji wykazała liniową zależność pomiędzy zawartością wapnia i azotu w liściach rzepaku w fazie krytycznej. Stwierdzono, że zawartość wapnia w liściach rzepaku pozytywnie wpływała na wzrost zawartości azotu w roślinach (rys. 2). W literaturze najczęściej wymienia się współdziałanie potasu z azotem. Zależność ta stanowi jedną z podstawowych relacji metabolicznych zachodzących



Rys. 1. Struktura procentowego udziału składników pokarmowych w fazie BBCH 31 jako wskaźnik ograniczenia plonu nasion rzepaku ozimego — *Structure of percentage share of nutrients in plants at BBCH 31, as the index of seed yield of winter oilseed rape limitation*



Rys. 2. Zależność między zawartością wapnia i azotu w liściach — *Relationship between calcium and nitrogen content in leaves*

między pierwiastkami w organizmie roślinnym i rozpoczyna się od kontroli procesu pobierania azotanów przez korzenie. Niedostateczne odżywienie potasem zmniejsza ilość pobranego azotu i w konsekwencji zmniejsza szybkość wzrostu powierzchni asymilacyjnej uprawianej rośliny. W praktyce rolniczej proces ten prowadzi do spadku plonu (Marschner i in. 1996; Grzebisz 2004). Rola azotu w kształtowaniu plonu rzepaku jest dobrze udokumentowana w literaturze (Barłóg i Grzebisz 2000, 2004a; Barłóg i in. 2005a, 2005b; Bilsborrow 1993; Rathke i in. 2005, 2006).

Gwarantem uzyskania dużego plonu każdej rośliny jest określony stan równowagi składników w fazie krytycznej. Współdziałanie między pierwiastkami wywiera także znaczący wpływ na skład chemiczny roślin i na zawartości krytyczne składników. W badaniach własnych stwierdzono również istotne zależności korelacyjne pomiędzy zawartością wapnia a relacjami składników Ca : (N : K) i Ca : (N : Ca) (tab. 5).

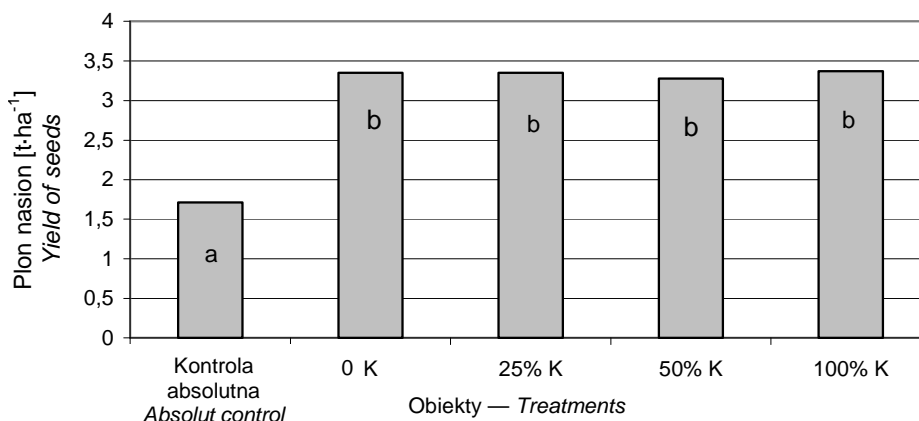
Tabela 5
Współczynniki korelacji między zawartością wapnia a relacjami zawartości składników w fazie krytycznej w zależności od poziomu nawożenia potasem — *Correlation coefficients between ratio nutrients content in critical state of winter oilseed rape according to the level of potassium fertilization* (n = 12)

Obiekty <i>Treatments</i>	Relacje — <i>Ratios</i>	
	Ca : (N : K)	Ca : (N : Ca)
Kontrola absolutna — <i>Absolut control</i>	0,478	-0,891*
0 K	0,625*	-0,917*
25% K	0,563	-0,952*
50% K	0,785*	-0,979*
100% K	0,634*	-0,873*

* korelacja istotna na poziomie $p < 0,05$ — *correlation significant at $p < 0,05$*

Rzepak ozimy zalicza się do roślin o bardzo wysokich wymaganiach względem potasu i silnie reagujących na nawożenie tym składnikiem (Orlovius 2000, Damon i in. 2007). W badaniach własnych nie stwierdzono reakcji plonotwórczej rzepaku na zredukowane dawki nawozowe potasu, co wskazuje, że pierwiastek ten nie był czynnikiem ograniczającym plon nasion rzepaku. Średnia zasobność gleby w przyswajalny potas przed założeniem doświadczenia wskazywała na potencjalny niedobór składnika na obiektach z niższym poziomem nawożenia. Słaba reakcja roślin na bieżące nawożenie mineralne potasem (poza kontrolą absolutną), wyrażała się zarówno zbliżoną zawartością składnika w roślinach w fazie krytycznej (tab. 1), jak i porównywalnym poziomem uzyskanych plonów (rys. 3). Brak plonotwórczej reakcji rzepaku na nawożenie potasem stwierdzili także inni autorzy (Stępień i in. 2005, Rose i in. 2008).

Na podstawie uzyskanych wyników badań własnych można założyć, że przedsięwzięte nawożenie potasem nie różnicowało plonu nasion, gdyż nie miało wpływu na zawartość tego składnika w liściach (poza kontrolą absolutną) na początku wzrostu głównego pędu rzepaku. Tezę tę potwierdza brak istotnych zależności korelacyjnych pomiędzy zawartością potasu a plonem nasion (tab. 3). Grzebisz (2004) zwraca także uwagę na specyficzne działanie potasu w uprawie rzepaku, podkreślając większy wpływ zasobności gleby w przyswajalny składnik w kształtowaniu plonu niż przedsięwzięte nawożenie potasem.



Rys. 3. Wpływ poziomu nawożenia potasem na plon nasion rzepaku [t·ha⁻¹] — *Effect of level of potassium application on yield of winter oilseed rape*

Wnioski

1. Zróżnicowany poziom nawożenia potasem istotnie zwiększał zawartość azotu, magnezu, wapnia, cynku i manganu w liściach rzepaku w początkowej fazie wzrostu elongacyjnego roślin.
2. Ocena stanu odżywienia roślin w fazie wzrostu pędu głównego wskazuje na wapń i potas jako główne składniki mineralne ograniczające plon nasion rzepaku.
3. Wzrastające dawki potasu nie wywierały istotnego wpływu na plon nasion rzepaku. Brak reakcji plonotwórczej na zróżnicowane nawożenie tym składnikiem wskazuje na większe wymagania rośliny względem zasobności gleby w przyswajalne formy potasu niż na poziom przedsięwziętego nawożenia rzepaku potasem.

Literatura

- Adamczewski K., Matysiak K. 2002. Klucz do określania faz rozwojowych roślin jedno- i dwuliściennych w skali BBCH. Rzepak. IOR Poznań: 35-39.
- Barłóg P., Grzebisz W. 2000. Dynamika biomasy, plon nasion i pobieranie makroskładników przez rzepak ozimy w zależności od rodzaju nawozowego azotu i sposobu podziału drugiej dawki azotu. *Rośliny Oleiste*, XXI (1): 85-96.
- Barłóg P., Grzebisz W. 2004a. Effect of timing and nitrogen fertilizers application on yielding of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). I. Growth dynamics and seed yield. *J. Agr. Crop Sci.*, 190: 305-313.

- Barlóg P., Grzebisz W. 2004b. Effect of timing and nitrogen fertilizers application on yielding of winter oilseed rape (*Brassica napus L.*). II. Nitrogen Uptake Dynamics and Fertilizer Efficiency. *J. Agr. Crop Sci.*, 190: 314-323.
- Barlóg P., Grzebisz W., Diatta J.B. 2005a. Effect of timing and nitrogen fertilizers on nutrients content and uptake by winter oilseed rape. I. Dry matter production and nutrients content. Development in production and use of new agrochemicals. *Chemistry for Agriculture*, 6: 102-112.
- Barlóg P., Grzebisz W., Diatta J.B. 2005b. Effect of timing and nitrogen fertilizers on nutrients content and uptake by winter oilseed rape. II. Dynamics of nutrients uptake. Development in production and use of new agrochemicals. *Chemistry for Agriculture*, 6: 113-123.
- Bilsborrow P.E., Evans E.J., Zhao F.J. 1993. The influence of spring nitrogen on yield, yield components and glucosinolate content of autumn-sown oilseed rape. *J. Agric. Sci. Cambridge*, 120: 219-224.
- Damon P.M., Osborne L.D., Rengel Z. 2007. Canola genotypes differ in potassium efficiency during vegetative growth. *Euphytica*, 156: 387-397.
- Dembiński F. 1983. Jak uprawiać rzepak i rzepik. PWRiL Warszawa: 35-36.
- Gaj R. 2008. Zrównoważona gospodarka fosforem w glebie i roślinie w warunkach intensywnej produkcji roślinnej. Nawozy i Nawożenie, *Fertilizers and Fertilization*, 33.
- Grzebisz W. 2008. Nawożenie roślin uprawnych. PWRiL Poznań: 1-428.
- Grzebisz W., Gaj R. 2000: Zbilansowane nawożenie rzepaku ozimego. W: Zbilansowane nawożenie rzepaku, red. W. Grzebisz: 83-98.
- Grzebisz W. 2004. Potas w roślinie. Pierwiastki w środowisku, *Potas. J. Element.*, 9, 4: 7-17.
- Grzebisz W., Podleśna A., Wielebski F. 2005. Technologia produkcji rzepaku. Potrzeby pokarmowe i nawożenie. Wyd. Wieś Jutra Warszawa: 75.
- Marschner H., Kirkby E.A., Cakmak J. 1996: Effect of mineral nutritional status on shoot-root partitioning of photo-assimilates and cycling of mineral nutrients. *J. Exp. Botany*, 47: 1255-1263.
- Orlovius K. 2000. Wyniki badań nad wpływem nawożenia potasem, magnezem i siarką na rośliny oleiste w Niemczech. W: Zbilansowane nawożenie rzepaku, red. W. Grzebisz: 229-240.
- Ratke G.W., Christen O., Diepenbrock W. 2005. Effects of nitrogen source and rate on productivity and quality of winter oilseed rape (*Brassica napus L.*) grown in different crop rotation. *Field Crops Res.*, 94 (2-3), 103-113.
- Ratke G.W., Behrens T., Diepenbrock W. 2006. Integrated nitrogen management strategies to improve seed yield, oil content and nitrogen efficiency of winter oilseed rape (*Brassica napus L.*): A review. *Agr. Ecosyst. Environ.*, 117: 80-108.
- Rose T.J., Rengel Z., Ma Q., Bowden J.W. 2008. Post-flowering supply of P, but not K, is required for maximum canola seed yields. *Europ. J. Agronomy*, 28: 371-379.
- Schnug E., Haneklaus S. 2008. Evaluation of the significance of sulfur and other essential mineral elements in oilseed rape, cereals and sugar beets by plant analysis. In: Jez. J(ed.): Sulfur a missing link between soils, crops and nutrition. *Agronomy Monograph*, 50: 219-234.
- Stępień W., Mercik S., Szara E. 2005. Działanie wieloletniego nawożenia potasem, magnezem i wapnowania na plony i skład chemiczny roślin. *Frag. Agron.*, XXII (85): 283-289.
- Szukalski H., Sikora H., Szukalska-Gołąb W. 1985. Potrzeby uszlachetnionych odmian rzepaku w stosunku do składników mineralnych. Cz. I. Rośliny Oleiste (Wyniki badań nad rzepakiem ozimym. ZP. IHAR Radzików): 181-187.
- White P. J., Broadley M.R. 2003. Calcium in plants. *Annals of Botany*, 95: 1-25.
- Weichmann W. 1998. World fertilizer use manual. IFA, Paryż.