

Krzysztof J. Jankowski, Roman Rybacki\*, Wojciech S. Budzyński

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Katedra Produkcji Roślinnej

\* Zakłady Tłuszczowe „Kruszwica” SA w Kruszwicy

## Nawożenie a plon nasion rzepaku ozimego w gospodarstwach wielkoobszarowych

### Relation between fertilization and yield of oilseed rape in big area farms

**Słowa kluczowe:** rzepak ozimy, nawożenie NPKS, efektywność nawożenia, plon nasion, zawartość tłuszczu, plon tłuszczu

W pracy przedstawiono wyniki 3-letnich badań ankietowych realizowanych przez Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie i Zakłady Tłuszczowe „Kruszwica” SA w Kruszwicy nad wpływem niektórych czynników agrotechnicznych na plonowanie rzepaku ozimego w gospodarstwach wielkoobszarowych.

Efekt plonotwórczy potasu, a szczególnie fosforu był mniejszy niż oczekiwano. Znamienne natomiast, że zarówno potas, jak i fosfor stosowane w dawkach podzielonych na część przedsiewną i pogłówną (wiosenną) zwiększały plon w stosunku do terminu wyłącznie przedsiewnego. Poziom nawożenia potasem i fosforem wpływał korzystnie na zaolejenie nasion. Przedsiewne nawożenie azotem, pomimo zbożowych przedplonów było jednak nieplonotwórcze. Natomiast przyrost dawek aż do poziomu 181–240 kg N·ha<sup>-1</sup> wiosną powodował istotny wzrost plonu, przy stosunkowo wysokiej produktywności jednostkowej. Niska efektywność siarki aplikowanej przedsiewnie nie uzasadniała celowości jej stosowania. Liniowy przyrost plonu nasion i tłuszczu pod wpływem siarki aplikowanej wiosną następował aż do najwyższych dawek (90 kg S·ha<sup>-1</sup>).

**Key words:** winter oilseed rape, application of NPKS, effectiveness of fertilization, seed yield, oil content, oil yield

The paper presents the results of a three year pool carried out by the University of Warmia and Mazury in Olsztyn and Oil Processing Plant „Kruszwica” joint-stock company in Kruszwica. The aim of the study was to determine the effects of some agrotechnical factors on winter rapeseed yielding in big area farms. In total 291 rapeseed plantations of overall area of 25,500 ha were monitored.

Yielding effect of potassium appeared to be equally low within the range of rates 60–120 and above 120 kg K<sub>2</sub>O·ha<sup>-1</sup>. Phosphorus showed even smaller effects. It was characteristic that potassium as well as phosphorus, when applied in two split rates before and after sowing, increased yield in relation to the rate applied only before sowing.

The level of nitrogen application could be estimated as high in studied farms. Before sowing nitrogen application did not bring any yielding effects despite cereals as forecrops. The increase of nitrogen rates to the level of 181–240 kg N·ha<sup>-1</sup> in spring resulted in significant yield increase maintaining high productivity of nitrogen unit. It was significant that splitting of spring nitrogen rate into two or three sub-rates resulted in favourable yield increase.

Low effectiveness of sulphur applied before sowing did not justify purposefulness of its application. Linear increase of seed and oil yield resulting from sulphur application in spring was observed up to the highest applied rate (90 kg S·ha<sup>-1</sup>).

## Wstęp

---

Czynnikiem agrotechnicznym kształtującym w największym stopniu masę i jakość plonu rzepaku ozimego jest niewątpliwie nawożenie (Budzyński i Ojczyk 1996). Nowsze badania Grzebisza (2005) wskazują, że na wytworzenie 1 Mg plonu nasion i słomy rzepak pobiera około 155 kg NPK (63 kg N, 21 kg P, 71 kg K).

Dawka nawozów fosforowo-potasowych jest bardzo silnie determinowana zasobnością gleby w przyswajalne formy tych makroskładników. Wzrost zasobności gleby powoduje obniżenie efektywności nawozów fosforowo-potasowych (Dembiński 1975).

Jesienna dawka azotu wpływa na plonowanie rzepaku ozimego poprzez różnicowanie pokroju roślin i zimowanie. Badania ściśle ze wszystkimi typami odmian dowiodły, że właściwy pokrój przed spoczynkiem zimowym rzepak uzyskuje przy nawożeniu w dawce 40–60 kg N·ha<sup>-1</sup> po przedplonach zbożowych i około 20 kg N·ha<sup>-1</sup> po tzw. przedplonach dobrych, tj. mieszankach pastewnych (jarych), motylkowatych jarych i wieloletnich, mieszankach koniczyny i lucerny z trawami, ziemniaku wczesnym na oborniku (Dembiński 1975, Budzyński 1986, Muśnicki 1989).

Dembiński (1975) w badaniach ścisłych z odmianami wysokoerukowymi, wykazał efektywność dawek wiosennych do 200 kg N·ha<sup>-1</sup> po zbożowych oraz do 160 kg N·ha<sup>-1</sup> po przedplonach motylkowatych. W badaniach Budzyńskiego i in. (1994) oraz Jankowskiego i in. (1995) plon nasion rzepaku ozimego podwójnie uszlachetnionego przyrastał po kłosowych do dawki 160 kg N·ha<sup>-1</sup>. Wojnowska i in. (1995b) uzyskali istotne zwwyżki plonu nasion rzepaku ozimego aż do dawki 240 kg N·ha<sup>-1</sup>.

Jednym ze sposobów zwiększenia efektywności mineralnego nawożenia rzepaku azotem może być optymalne zaopatrzenie roślin w siarkę. Rzekpak na wytworzenie 1 Mg biomasy pobiera 15–20 kg siarki (Schnug i Haneklaus 1995, Zhao i in. 1999). W badaniach ścisłych pozytywny wpływ nawożenia siarką na plonowanie rzepaku ozimego ujawnia się przede wszystkim na glebach ubogich w ten pierwiastek (Withers i in. 1995, Bilsborrow i in. 1995, Budzyński i Ojczyk 1995, Wielebski i Muśnicki 1998, Haneklaus i in. 1999).

Warto podkreślić, iż badania technologiczne potwierdzają dużą efektywność nawożenia rzepaku ozimego azotem, wykazaną w badaniach ścisłych. Badania ankietowe (Wałkowski 1988, Bury i Songin 1990 oraz Wałkowski i Dembiński 1992) wskazują na zasadność stosowania azotu do dawki 200 kg N·ha<sup>-1</sup>.

Celem pracy było określenie poziomu intensywności nawożenia mineralnego rzepaku ozimego w gospodarstwach wielkoobszarowych oraz zbadanie wpływu nawożenia NPKS (dawka, termin aplikacji) na plonowanie rzepaku ozimego w warunkach dużych gospodarstw stosujących wydajne technologie produkcji. Wyniki badań łanowych nie mogą oczywiście zastępować ścisłych eksperymentów

polowych ale weryfikują je i mają walor produkcyjnego poziomu zarówno nakładów jak i efektów.

## Metody i warunki prowadzenia badań

---

W latach 2001–2004 poddano obserwacji 291 plantacji rzepaku ozimego o łącznej powierzchni 25,5 tys. ha. Metodą ankiety zawierającej kilkanaście wielo-warstwowych pytań dotyczących siedliska i technologii zebrano informacje, które pozwoliły określić związek pomiędzy agrotechniką a plonowaniem rzepaku ozimego. Zebrano dane dotyczące wielkości dawek składników nawozowych, terminów ich aplikacji oraz plonu nasion i jego jakości, mierzonej zawartością tłuszczu surowego.

Warunki siedliskowe prowadzenia badań przedstawiono w pracy pt. „Organizacyjne i siedliskowo-agrotechniczne uwarunkowania produkcji surowca olejarskiego w wybranych gospodarstwach wielkoobszarowych” (Budzyński i in. 2005).

Uzyskane wyniki dotyczące wpływu nawożenia mineralnego na plon nasion, zawartość tłuszczu w nasionach oraz biologiczny plon tłuszczu poddano analizie statystycznej. W analizie wariancji wykorzystano ogólny model liniowy uwzględniający wybrane czynniki agrotechniczne. Średnie wartości z kombinacji dla analizowanych cech porównano testem Tukeya. NIR podano dla 5% błędu. W analizach wariancji wykorzystano pakiet statystyczny STATISTICA<sup>®</sup>. W pozostałych obliczeniach wykorzystano arkusz kalkulacyjny EXCEL<sup>®</sup>.

## Wyniki badań

---

Zdecydowana większość (55%) ankietowanych plantacji rzepaku ozimego była nawożona potasem na poziomie 61–120 kg  $\text{K}_2\text{O}\cdot\text{ha}^{-1}$  (tab. 1). Nawożenie potasem istotnie (o 20%) zwiększyło, w stosunku do kontroli, plony nasion rzepaku. Znamienne jednak, że efekt plonotwórczy najniższej dawki ( $\leq 60 \text{ kg } \text{K}_2\text{O}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) był taki sam jak dawki średniej (61–120 kg  $\text{K}_2\text{O}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) i najwyższej ( $> 120 \text{ kg } \text{K}_2\text{O}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) (tab. 1).

Warto zwrócić uwagę na fakt, iż w warunkach produkcyjnych wykazano korzystny wpływ podziału dawki potasu na część jesienną i wiosenną. Taki podział sumarycznej dawki potasu powodował wzrost plonu nasion i tłuszczu odpowiednio o 0,86 i 0,37  $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$  (tab. 2).

Zawartość tłuszczu w nasionach zebranych z plantacji bez nawożenia potasem była najniższa (tab. 1). Przyrost dawki potasu powodował wyraźny trend do wzrostu zawartości tłuszczu, który na dawce  $> 121 \text{ kg}$  wyniósł nawet 1,9% s.m. (tab. 1). Natomiast termin aplikacji potasu – jesienią oraz jesienią i po wznowieniu wegetacji wiosennej nie różnicował zawartości tłuszczu (tab. 2).

Tabela 1

Wpływ sumarycznej dawki potasu na plon i jakość nasion rzepaku ozimego\*  
*The effects of total potassium rate on yield and quality of winter oilseed rape*

Wyszczególnienie <i>Item</i>	Przedział dawek [kg·ha <sup>-1</sup> ] — <i>Range of rates</i>				NIR <i>LSD</i>
	0	1–60	61–120	>121	
	procentowy udział plantacji — <i>percentage of plantations</i>				
	3	11	55	31	
Plon nasion [Mg·ha <sup>-1</sup> ] <i>Seed yield</i>	2,60	3,13	3,19	3,05	0,28
Zawartość tłuszczu [% s.m.] <i>Oil content [% of DM]</i>	43,6	44,7	44,9	45,5	0,9
Plon tłuszczu [Mg·ha <sup>-1</sup> ] <i>Oil yield</i>	1,05	1,30	1,32	1,28	0,12

\* — średnio z trzech lat — *average for three year of investigation*

Tabela 2

Wpływ terminu nawożenia potasem na plon i jakość nasion rzepaku ozimego\*  
*Effects of date of potassium application on yield and quality of winter oilseed rape*

Wyszczególnienie <i>Item</i>	Termin nawożenia potasem <i>Date of potassium application</i>		NIR <i>LSD</i>
	przedsiewnie <i>before sowing</i>	jesień + wiosna <i>autumn + spring</i>	
	procentowy udział plantacji — <i>percentage of plantations</i>		
	85	15	
Plon nasion [Mg·ha <sup>-1</sup> ] <i>Seed yield</i>	3,09	3,95	0,12
Zawartość tłuszczu [% s.m.] <i>Oil content [% of DM]</i>	45,1	45,1	r.n.
Plon tłuszczu [Mg·ha <sup>-1</sup> ] <i>Oil yield</i>	1,28	1,65	0,15

\* — średnio z trzech lat — *average for three year of investigation*

Niniejsze badania nie potwierdziły związku pomiędzy poziomem nawożenia fosforem a plonowaniem rzepaku ozimego (tab. 3). Na około 4% ankietowanych plantacji nie stosowano mineralnego nawożenia fosforowego, a uzyskane plony nasion i tłuszczu były najwyższe. Układ wyników był jednak specyficzny, bowiem plantacje te zakładano po przedplonach niezbożowych i na stanowiskach o średniej i wysokiej zasobności w przyswajalne formy fosforu. Dlatego ich wybiórcze porównanie z resztą obiektów dało taki wynik.

Zróznicowanie w plonie pomiędzy dawką do 60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>·ha<sup>-1</sup> i powyżej tego poziomu, jakkolwiek wystąpiło (0,13 Mg·ha<sup>-1</sup>), to jednak nie dało się statystycznie udowodnić (tab. 3).

Tabela 3

Wpływ sumarycznej dawki fosforu na plon i jakość nasion rzepaku ozimego\*  
*The effects of total phosphorus rate on yield and quality of winter oilseed rape*

Wyszczególnienie <i>Item</i>	Przedział dawek [kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ·ha <sup>-1</sup> ] — <i>Range of rates</i>			NIR <i>LSD</i>
	0	1–60	>61	
	procentowy udział plantacji — <i>percentage of plantations</i>			
	4	59	37	
Plon nasion [Mg·ha <sup>-1</sup> ] <i>Seed yield</i>	3,41	3,06	3,19	0,32
Zawartość tłuszczu [% s.m.] <i>Oil content [% of DM]</i>	43,4	45,1	45,1	1,4
Plon tłuszczu [Mg·ha <sup>-1</sup> ] <i>Oil yield</i>	1,37	1,27	1,33	0,08

\* — średnio z trzech lat — *average for three year of investigation*

Znamienne, iż przeniesienie części sumarycznej dawki fosforu na wegetację wiosenną (około 9% ankietowanych plantacji) powodowało wzrost plonu nasion o 0,68 Mg·ha<sup>-1</sup> (tab. 4).

Należy odnotować korzystny wpływ mineralnego nawożenia fosforowego na zawartość tłuszczu w nasionach (tab. 3). Aplikacja fosforu (niezależnie od dawki) powodowała wyraźny wzrost zawartości tłuszczu (1,7% s.m.). Również podział dawki fosforu na 2 części (jesień + wiosna) powodował wyraźny trend do wzrostu zawartości tłuszczu surowego w nasionach rzepaku ozimego nawet o 1,1% s.m (tab. 4).

Tabela 4

Wpływ terminu nawożenia fosforem na plon i jakość nasion rzepaku ozimego\*  
*Effects of date of phosphorus application on yield and quality of winter oilseed rape*

Wyszczególnienie <i>Item</i>	Termin nawożenia fosforem <i>Date of phosphorus application</i>		NIR <i>LSD</i>
	przedsiewnie <i>before sowing</i>	jesień + wiosna <i>autumn + spring</i>	
	procentowy udział plantacji — <i>percentage of plantations</i>		
	91	9	
Plon nasion [Mg·ha <sup>-1</sup> ] <i>Seed yield</i>	3,11	3,79	0,25
Zawartość tłuszczu [% s.m.] <i>Oil content [% of DM]</i>	45,1	46,2	r.n.
Plon tłuszczu [Mg·ha <sup>-1</sup> ] <i>Oil yield</i>	1,29	1,63	0,28

\* — średnio z trzech lat — *average for three year of investigation*

Poziom przedsiewnego nawożenia azotem nie różnicował znacząco plonu nasion, wydajności jednostkowej tłuszczu oraz jego zawartości w nasionach (tab. 5). Wyniki takie uzyskano, pomimo iż zboża stanowiły 84% przedplonów rzepaku

ozimego. Warto podkreślić, iż poziom plonowania rzepaku ozimego nawożonego przedsięwzięciem azotem, niezależnie od dawki, był nieznacznie niższy (o około 1–6%) niż w obiekcie kontrolnym (bez nawożenia azotem). Przyrost jesiennej dawki azotu powodował niewielki (0,1–1,7% s.m.), mieszczący się w granicach błędu statystycznego, wzrost zawartości tłuszczu surowego w nasionach rzepaku ozimego (tab. 5).

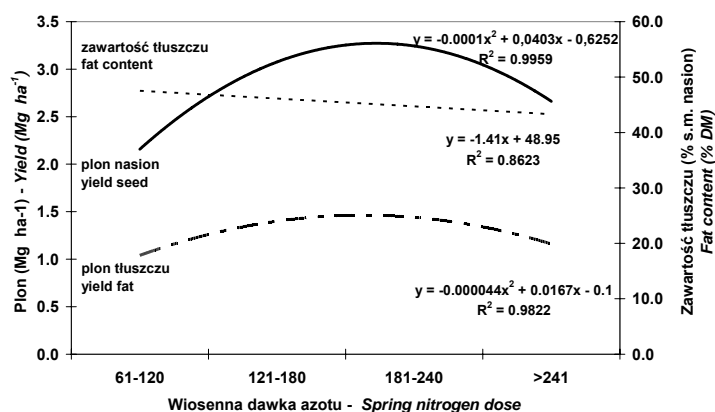
Tabela 5

Wpływ jesienno-azotowego nawożenia na plon i jakość nasion rzepaku ozimego\*  
*Effects of autumn nitrogen application on yield and quality of winter oilseed rape*

Wyszczególnienie Item	Przedział dawek [kg N·ha <sup>-1</sup> ] — Range of rates				NIR LSD
	0	1–30	31–60	>61	
	procentowy udział plantacji — percentage of plantations				
	18	46	27	9	
Plon nasion [Mg·ha <sup>-1</sup> ] Seed yield	3,25	3,04	3,15	3,22	r.n.
Zawartość tłuszczu [% s.m.] Oil content [% of DM]	44,6	45,1	44,7	46,3	r.n.
Plon tłuszczu [Mg·ha <sup>-1</sup> ] Oil yield	1,34	1,26	1,30	1,38	r.n.

\* — średnio z trzech lat — average for three year of investigation

W analizowanych badaniach wykazano dużą produktywność wiosennego nawożenia azotem. Przyrost plonu nasion następował do poziomu 181–240 kg N·ha<sup>-1</sup>, po czym obniżał się. Wykreślona tzw. funkcja produkcji dowodzi, że przełamanie plonu nasion następowało przy dawce 194 kg N·ha<sup>-1</sup>, zaś plonu tłuszczu przy 189 kg N·ha<sup>-1</sup>. Wykazano ujemną korelację pomiędzy wiosenną dawką azotu a zawartością tłuszczu w nasionach rzepaku ozimego (rys. 1).



Rys. 1. Związek pomiędzy poziomem nawożenia wiosennego azotem a plonem nasion i tłuszczu rzepaku ozimego (średnio z trzech lat) — Relation between the level of nitrogen application and yield of seed and oil of winter oilseed rape (average for three year of investigation)

Zwiększenie o 1 kg dawki azotu powyżej poziomu 180 kg N·ha<sup>-1</sup> powodowało jeszcze przyrost plonu nasion o 13,7 kg (tab. 6). Dopiero po przekroczeniu dawki 240 kg N·ha<sup>-1</sup> nastąpiło załamanie plonu nasion i znaczne obniżenie efektywności nawożenia (tab. 6).

Tabela 6

Efektywność agronomiczna wiosennego nawożenia azotem rzepaku ozimego\*  
*Agronomical effectiveness of spring nitrogen application to winter oilseed rape*

Produktywność <i>Productivity</i>	Przedział dawek [kg N·ha <sup>-1</sup> ] — <i>Range of rates</i>			
	61–120	121–180	181–240	>241
	procentowy udział plantacji — <i>percentage of plantations</i>			
	2	40	57	1
Brutto [kg nasion na 1 kg N] <i>Gross [kg of seed per 1 kg of N]</i>	18,0	16,8	13,7	9,5
Krańcowa [kg nasion na 1 kg N] <i>Marginal [kg of seed per 1 kg of N]</i>	–	14,5	4,0	ujemna <i>negative</i>

\* — średnio z trzech lat — *average for three year of investigation*

Wykazano, iż w warunkach produkcyjnych podział wiosennej dawki azotu bardzo korzystnie wpływał na jego efekt plonotwórczy (tab. 7). Podział dawki azotu na dwie części powodował wzrost plonu nasion rzepaku aż o 31%, podział na więcej niż dwie części zwiększał plon nasion o dalsze 25%. Oczywiście podział dawki azotu i jego późne stosowanie negatywnie wpływało na zawartość tłuszczu w nasionach. Pomimo to wydajność tłuszczu z 1 ha zwiększała się wskutek wzrostu masy plonu nasion (tab. 7).

Tabela 7

Wpływ podziału wiosennej dawki azotu na plon i jakość nasion rzepaku ozimego\*  
*The effect of splitting of spring nitrogen rate on yield and quality of winter oilseed rape*

Wyszczególnienie <i>Item</i>	Sposób podziału dawki N — <i>Method of splitting of N rate</i>			NIR <i>LSD</i>
	jednorazowo <i>one sub- rate</i>	2 części <i>two sub- rates</i>	> 2 części <i>more than 2 sub- rates</i>	
	procentowy udział plantacji — <i>percentage of plantations</i>			
	4	49	47	
Plon nasion [Mg·ha <sup>-1</sup> ] <i>Seed yield</i>	2,15	2,82	3,53	0,22
Zawartość tłuszczu [% s.m.] <i>Oil content [% of DM]</i>	46,2	45,3	44,6	0,8
Plon tłuszczu [Mg·ha <sup>-1</sup> ] <i>Oil yield</i>	0,91	1,18	1,54	0,18

\* — średnio z trzech lat — *average for three year of investigation*

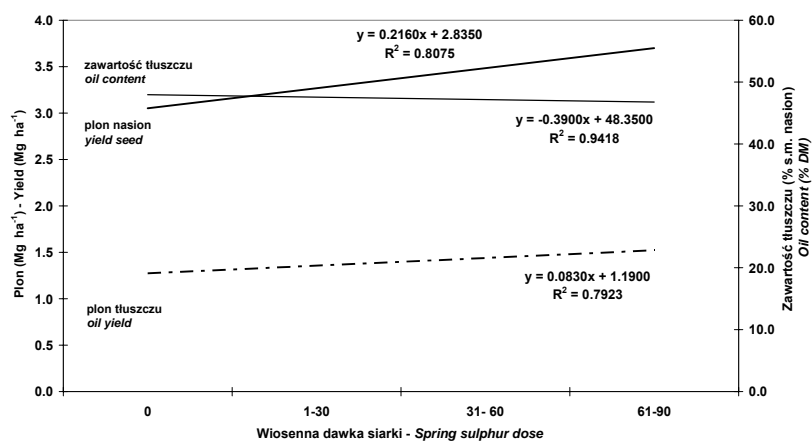
Charakterystyczne, iż aż 25% ankietowanych plantacji było nawożone przedsięwzięciem siarką (tab. 8). Zróżnicowanie w plonie nasion i tłuszczu pod wpływem takiego nawożenia było jednak niewielkie — statystycznie nieistotne. Wywoływało ono tendencję do nieznacznie wyższego (o około 5%) plonowania rzepaku w warunkach przedsięwzięcia aplikacji siarki w dawce powyżej 41 kg·ha<sup>-1</sup>. Ten poziom jesiennego nawożenia siarką korzystnie wpłynął na zawartość tłuszczu (wzrost w stosunku do obiektów bez nawożenia o około 0,2% s.m.) i plon tłuszczu (wzrost o około 6%) (tab. 8). Natomiast wysoce efektywne było wiosenne nawożenie siarką (rys. 2). Analiza krzywych regresji przedstawionych na rysunku 2 wyraźnie wskazuje, iż lepsze zaopatrzenie roślin w siarkę powodowało liniowy przyrost

Tabela 8

Wpływ jesiennej aplikacji siarki na plon i jakość nasion rzepaku ozimego\*  
*The effect of autumn sulphur application on yield and quality of winter oilseed rape*

Wyszczególnienie Item	Przedział dawek [kg S·ha <sup>-1</sup> ] — Range of S rates				NIR LSD
	0	1–20	21–40	>41	
	procentowy udział plantacji — percentage of plantations				
	75	9	7	9	
Plon nasion [Mg·ha <sup>-1</sup> ] Seed yield	3,11	3,09	3,07	3,27	r.n.
Zawartość tłuszczu [% s.m.] Oil content [% of DM]	44,9	45,6	45,8	45,1	r.n.
Plon tłuszczu [Mg·ha <sup>-1</sup> ] Oil yield	1,29	1,30	1,30	1,37	r.n.

\* — średnio z trzech lat — average for three year of investigation



Rys. 2. Związek pomiędzy poziomem nawożenia siarką (wiosną) a plonem nasion i tłuszczu rzepaku ozimego (średnio z trzech lat)— Relation between the level of sulphur application (in spring) and seed and oil yield of winter oilseed rape (average for three year of investigation)



plonu nasion. W niniejszych badaniach siarka stosowana w okresie wiosennej wegetacji powodowała spadek zaolejenia nasion rzepaku ozimego. Może on być przyczyną korzystnego wpływu wiosennej siarki na masę plonu i wystąpienie tzw. efektu rozcieńczenia składników w silnie zwiększonym plonie. Niemniej jednak spadek jednostkowej zawartości tłuszczu w nasionach nie wpłynął negatywnie na wydajność tłuszczu z 1 ha (rys. 2).

Produktywność brutto 1 kg S wynosiła około 11,6 kg nasion w niskim przedziale dawek i jeszcze 4,3 kg nasion na dawkach najwyższych (tab. 9). Jest to produktywność, którą należy ocenić jako bardzo wysoką.

Tabela 9

Efektywność agronomiczna wiosennego nawożenia siarką\*  
Agronomical effectiveness of spring sulphur application

Produktywność <i>Productivity</i>	Przedział dawek [kg S·ha <sup>-1</sup> ] — <i>Range of rate</i>		
	1–30	31–60	61–90
	procentowy udział plantacji** — <i>percentage of plantations</i>		
	5	26	3
Brutto [kg nasion na 1 kg S] <i>Gross [kg of seed per 1 kg of S]</i>	11,6	5,6	4,3
Netto [kg nasion na 1 kg S] <i>Net [kg of seed per 1 kg of S]</i>	1,7	0,6	1,0

\* — średnio z trzech lat — *average for three year of investigation*

\*\* — 66% plantacji bez nawożenia siarką — *66% of plantation without sulphur application*

## Dyskusja

W ścisłych, wczesnych doświadczeniach przeprowadzonych przez Dembińskiego (1975) na glebach o wysokiej, średniej i niskiej zasobności w przyswajalny potas nie otrzymano zwyżki plonów przy stopniowaniu dawek nawozów potasowych od 40 do 120 kg K<sub>2</sub>O·ha<sup>-1</sup>. Warto podkreślić, iż autor udowodnił zasadność nawożenia w warunkach produkcyjnych (gospodarstwa indywidualne), gdzie zwiększenie przedsięwziętej dawki potasu z 0 do 120 kg·ha<sup>-1</sup> spowodowało 18% przyrost plonu nasion rzepaku ozimego. Również badania Grant'a i Bailey'a (1993) wykazały, iż pomimo dużego pobrania potasu przez rzepak, reakcja w plonie na nawożenie potasem jest stosunkowo mała. W badaniach Orlovius'a (2000) rzepak zareagował na nawożenie potasem 5–10% wzrostem plonu nasion. Čermaka i in. (2000) zanotowali, w warunkach gleb o średniej zasobności w potas, wzrost plonów rzepaku ozimego o 12–26% pod wpływem zastosowania różnych nawozów potasowych. Warto podkreślić, iż badane nawozy nie kształtowały w sposób znaczący zawartości tłuszczu surowego w nasionach rzepaku ozimego (Čermaka i in. 2000). Orlovius (2000) sugeruje, iż tak różna reakcja rzepaku na nawożenie

potasem może być wynikiem nie tylko uwikłania jego efektu plonotwórczego z siedliskiem, ale również poziomu uzyskiwanych plonów — w warunkach niskiego plonowania efekt plonotwórczy nawożenia potasem ulega silnemu zmniejszeniu.

W warunkach produkcyjnych (badania własne) nawożenie potasem powodowało przyrost plonu nasion o 20% i wzrost jednostkowej zawartości tłuszczu w nasionach (średnio o 1,4% s.m.).

W ścisłych badaniach Dembińskiego (1975) rzepak ozimy, niezależnie od zasobności gleby w przyswajalne formy fosforu, reagował istotną wyższą plonu na nawożenie tym makroskładnikiem. Oczywiście efektywność nawożenia fosforem (wyrażona przyrostem plonu nasion) malała w miarę wzrostu zasobności gleby. W późniejszych badaniach Gaj (2000) i Grzebisza (2005) rzepak ozimy wykazywał większą reakcję na poziom zasobności gleby niż na dawkę tego makroelementu w nawozach mineralnych. Nawozy fosforowe, niezależnie od formulacji chemicznej, zwiększały, w badaniach Gaj (2000), zawartość tłuszczu w nasionach rzepaku ozimego.

W badaniach własnych również wykazano słaby efekt plonotwórczy nawożenia fosforem i korzystne oddziaływanie tego makroskładnika na zaolejenie nasion rzepaku ozimego.

Poziom przedsięwzięcia nawożenia azotem należy rozpatrywać w połączeniu z przedplonem i zawartością  $N_{\min}$  w glebie. Nadmiar azotu jesienią jest nieproduktywny i powoduje zwiększenie wskaźnika zmienności plonu w latach (Muśnicki 1989). Właściwie tylko sporadycznie, przy suchej jesieni i bardzo łagodnej zimie uzyskano w badaniach ścisłych lepszy efekt (o  $0,2 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) zwiększonej do  $90 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  przedsięwzięcia dawki azotu (Budzyński 1986). Wpływ jesiennej dawki azotu na jakość surowca olejarskiego (mierzony zawartością tłuszczu surowego) jest nieznaczny (Budzyński i Majkowski 1984, Muśnicki 1989).

Kierunek wpływu azotu na cechy rolnicze w niniejszych badaniach jest zgodny z tym, jaki określono w badaniach ścisłych. W warunkach produkcyjnych nie wykazano efektu plonotwórczego azotu stosowanego jesienią. Nie udowodniono również wpływu przedsięwzięcia dawki azotu na zawartość tłuszczu surowego w nasionach rzepaku ozimego.

W badaniach ścisłych (Budzyński i in. 1994, Jankowski i in. 1995, Fotyma i in. 2000, Wójtowicz 2004) przyrodniczo optymalny poziom wiosennego nawożenia rzepaku ozimego na stanowiskach po kłosowych sięgał najczęściej około  $140\text{--}200 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Należy jednak zauważyć, iż Wojnowska i in. (1995b), Wójtowicz i in. (2002) oraz Wójtowicz (2004) uzyskali istotne wyżki plonu nasion rzepaku ozimego aż do dawki  $220\text{--}240 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ . W Europie Zachodniej stabilizacja plonu na statystycznie najwyższym poziomie następuje przy dawce od  $150\text{--}200 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  (Boelcke i in. 1991, Bilsborrow i in. 1993, Leach i in. 1994) nawet do  $240\text{--}250$  (Archer i Vaidyanathan 1982). Również w warunkach produkcyjnych wykazano dużą efektywność wiosennego nawożenia azotem. Badania ankietowe Wałkow-

skiego (1988), Burego i Songina (1990) oraz Wałkowskiego i Dembińskiego (1992) wykazały zasadność stosowania azotu w dawce  $200 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

W niniejszych badaniach przyrost plonu nasion następował do poziomu  $194 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , zaś plonu tłuszczu —  $189 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Zawartość tłuszczu w nasionach rzepaku ozimego malała wraz z przyrostem dawki azotu, co potwierdza wyniki uzyskane w ścisłych doświadczeniach polowych (Szukalska-Gołąb 1985, Budzyński 1986, Muśnicki 1989, Bilsborrow i in. 1993, Wojnowska i in. 1995a, b).

W badaniach ankietowych przeprowadzanych przez Wałkowskiego i in. (1988) oraz Wałkowskiego i Dembińskiego (1992) wykazano, że podział dawek większych niż  $120 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  na dwie części powodował około 8% przyrost plonu, podział na trzy części zwiększał plon o 20%. Należy jednak podkreślić, iż w części badań ścisłych wykazano, że najlepszy efekt plonotwórczy daje azot zastosowany w całości podczas wznowienia wegetacji (Archer i Vaidyanathan 1982, Darby i Hewitt 1990, Jasińska i in. 1993, Leach i in. 1994, Wojnowska i in. 1995a). W niniejszych badaniach własnych podział dawki azotu na dwie części powodował wzrost plonu nasion rzepaku aż o 31%, podział na więcej niż dwie części zwiększał plon nasion o dalsze 25%.

Badania ściśle wskazują na wysoką produktywność siarki tylko w warunkach gleb o niskiej jej zawartości. Pozytywny wpływ nawożenia siarką na plonowanie rzepaku uprawianego na glebach ubogich w ten pierwiastek wykazał Withers i in. (1995), Bilsborrow i in. (1995), Budzyński i Ojczyk (1995), Wielebski i Muśnicki (1998), Haneklaus i in. (1999) oraz Podleśna (2003). Withers i in. (1995) nawożąc rzepak w dawce  $40$  lub  $50 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  uzyskali przyrost plonu nasion od 15 do 74%. W badaniach Bilsborrow'a i in. (1995) najwyżej (o 65% wyżej od kontroli) plonował rzepak uprawiany na polach o niskiej zawartości w siarkę i nawożony  $40 \text{ kg S}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Na terenach o średniej jej koncentracji nawożenie siarką powodowało zwiększenie plonu nasion zaledwie o 10%. W badaniach Podleśnej (2003) wiosenna dawka siarki na poziomie  $80$ – $100 \text{ kg}$  powodowała przyrost plonu nasion o  $0,10$ – $0,34 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . W badaniach Wielebskiego i Wójtowicza (2003) w warunkach optymalnego i wysokiego zaopatrzenia roślin w siarkę, nawożenie tym składnikiem nie miało wpływu na plon nasion rzepaku ozimego.

W analizowanych w tej pracy warunkach produkcyjnych aż 25% ankietowanych plantacji było nawożonych przedsięwzięciem siarką, jednak zróżnicowanie w plonie nasion i tłuszczu było niewielkie — statystycznie nieistotne. Wysoce efektywne było natomiast wiosenne nawożenie tym składnikiem — lepsze zaopatrzenie roślin w siarkę powodowało liniowy przyrost plonu nasion. Siarka stosowana w okresie wiosennej wegetacji powodowała spadek zaolejenia nasion rzepaku ozimego. Produktywność brutto  $1 \text{ kg}$  siarki była wysoka i wynosiła od  $11,6$  do  $4,3 \text{ kg}$  nasion na każdy  $1 \text{ kg S}$ .

## Wnioski

---

Wpływ głównych makroskładników nawozowych na plonowanie rzepaku ozimego w warunkach wielkoobszarowych technologii produkcji nasion rzepaku ozimego był silny (azot i siarka), średni (potas) i bardzo słaby (fosfor). Zasadniczy kierunek tego wpływu (trend) był zgodny z wynikami badań ścisłych, ale zakres wpływu nie zawsze potwierdzał wyniki mikropoletkowe.

1. Efekt plonotwórczy potasu był niski, jednakowy w zakresie dawek 60–120 i powyżej 120 kg K<sub>2</sub>O·ha<sup>-1</sup>. Jeszcze mniejsze działanie nawozowe wykazywał fosfor. Znamienne natomiast, że zarówno potas, jak i fosfor stosowane w dawkach podzielonych na część przedsiewną (jesienną) i pogłówną (wiosenną) zwiększały plon w stosunku do terminu wyłącznie przedsiewnego. Poziom nawożenia potasem i fosforem wpływał korzystnie na zaolejenie nasion.
2. Poziom nawożenia rzepaku azotem w analizowanych gospodarstwach należy ocenić jako wysoki. Przedsiewne nawożenie azotem, pomimo zbożowych przedplonów było jednak nieplonotwórcze. Natomiast przyrost dawek aż do poziomu 181–240 kg N·ha<sup>-1</sup> wiosną powodował istotny wzrost plonu, przy stosunkowo wysokiej produktywności jednostkowej. Znamienne jest również, że podział wiosennej dawki na kilka części (2–3) wywoływał wysoce korzystny efekt w wolumenie plonu.
3. Niska efektywność siarki aplikowanej przedsiewnie nie uzasadniała celowości jej stosowania. Liniowy przyrost plonu nasion i tłuszczu pod wpływem siarki aplikowanej wiosną następował aż do najwyższych z dawek (90 kg S·ha<sup>-1</sup>).

## Podziękowanie

Autorzy dziękują PT Producentom Rolnym za udział w projekcie, a Kierownictwu i Inspektorom Działu Agrotechnicznego Zakładów Tłuszczowych „Kruszwica” SA za pomoc w zebraniu materiału badawczego.

## Literatura

---

- Archer J.R., Vaidyanathan L.V. 1982. Fertiliser for winter oilseed rape. *J. Sci. Food Agric.*, 33 (12): 1262-1263.
- Bilsborrow P.E., Evans E.J., Milford G.F.J., Fieldsend M.J. 1995. The effects of S and N on the yield and quality of oilseed rape in the U.K. *Proc. 9th Intern. Rapeseed Congress, Cambridge*, 1: 280-283.
- 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 (*Brassica napus*). *J. Agric. Sci., Cambridge*, 120: 219-224.

- Boelcke B., Léon J., Schultz R.R., Schröder G., Diepenbrock W. 1991. Yield stability of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) as affected by stand establishment and nitrogen fertilization. *J. Agron. Crop Sci.*, 167 (4): 241-248.
- Budzyński W. 1986. Studium nad wpływem niektórych czynników agrotechnicznych na zimowanie i plonowanie odmian podwójnie uszlachetnionego rzepaku ozimego. *Acta Acad. Agricult. Tech. Olst., Agricult.*, 41, suppl. B.
- Budzyński W., Majkowski K. 1984. Wpływ nawożenia azotem na zimotrwałość i plonowanie odmian rzepaku ozimego podwójnie uszlachetnionego. *Zesz. Probl. IHAR. Wyniki badań nad rzepakiem ozimym rok 1983*: 209-227.
- Budzyński W., Muśnicki Cz., Kotecki A., Jankowski K. 1994. Produktywność azotu w rzepaku chronionym i nie chronionym przeciwko owadom. *Zesz. Probl. IHAR – Rośliny Oleiste*, XV (2): 35-40.
- Budzyński W., Ojczyk T. 1995. Influence of sulphur fertilization on seed yield and seed quality of double low oilseed rape. *Proc. 9th Intern. Rapeseed Congress, Cambridge*, 1: 284-286.
- Budzyński W., Ojczyk T. 1996. Rzepak – produkcja surowca olejarskiego. *Wyd. ART Olsztyn*.
- Budzyński W., Jankowski K., Rybacki R. 2005. Organizacyjne i siedliskowo-agrotechniczne uwarunkowania produkcji surowca olejarskiego w wybranych gospodarstwach wielkoobszarowych. *Rośliny Oleiste – Oilseed Crops*, XXVI (2): 387-406.
- Bury M., Songin W. 1990. Plonowanie rzepaku ozimego w zależności od niektórych czynników agrotechnicznych w warunkach produkcyjnych województwa szczecińskiego. *Zesz. Probl. IHAR – Rośliny Oleiste*, 2: 235-241.
- Čermak P., Královec J., Baier J. 2000. Wpływ nawozów potasowych na plony rzepaku. [W:] *Zbilansowane nawożenie rzepaku – aktualne problemy*. Praca pod redakcją W. Grzebisza. AR Poznań.
- Darby R.J., Hewitt M.V. 1990. A comparison of the effects of single or multiple spring applications of prilled urea or nitro-chalk to winter oilseed rape (*Brassica napus*). *J. Agric. Sci., Cambridge*, 115 (3): 363-368.
- Dembiński F. 1975. *Rośliny oleiste*. PWRiL, Warszawa.
- Fotyma E., Boreczek B., Podleśna A. 2000. Nawożenie rzepaku ozimego azotem i siarką w świetle wyników doświadczeń ścisłych. [W:] *Zbilansowane nawożenie rzepaku – aktualne problemy*. Praca pod redakcją W. Grzebisza. AR Poznań.
- Gaj R. 2000. Plonotwórcze działanie nawozów fosforowych w uprawie rzepaku ozimego (*Brassica napus* L. ssp. *napus*). [W:] *Zbilansowane nawożenie rzepaku – aktualne problemy*. Praca pod redakcją W. Grzebisza. AR Poznań.
- Grant C.A., Bailey L.D. 1993. Fertility management in canola production. *Can. J. Plant Sci.*, 73: 651-670.
- Grzebisz W. 2005. Potrzeby pokarmowe i zasady nawożenia. [W:] *Technologia produkcji rzepaku*. Praca pod redakcją Cz. Muśnickiego i in. *Wyd. Wieś Jutra*.
- Haneklaus S., Paulsen H.M., Gupta A.K., Bloem E., Schung E. 1999. Influence of sulfur fertilization on yield and quality of oilseed rape and mustard. *Proc. 10th Intern. Rapeseed Congress, Canberra* [[www.regional.org.au/au/gc/2/13](http://www.regional.org.au/au/gc/2/13)].
- Jankowski K., Ojczyk T., Muśnicki Cz., Kotecki A. 1995. Response to nitrogen of the oilseed rape protected and unprotected against insects. *Proc. 9th Intern. Rapeseed Congress, Cambridge*, 1: 259-261.
- Jasińska Z., Malarz W., Budzyński W., Tobała P. 1993. Wpływ sposobu wiosennego nawożenia azotem na plonowanie rzepaku ozimego. *Post. Nauk Roln.*, 6: 33-40.

- Leach J.E., Darby R.J., Williams I.H., Fitt B.D.L., Rawlinson C.J. 1994. Factors affecting growth and yield of winter oilseed rape (*Brassica napus*), 1985-89. J. Agric. Sci., Cambridge, 122 (3): 405-413.
- Muśnicki Cz. 1989. Charakterystyka botaniczno-rolnicza rzepaku ozimego i jego plonowanie w zmienionych warunkach siedliskowo-agrotechnicznych. Roczn. AR Poznań, Rozpr. Nauk., 191.
- Muśnicki Cz., Toboła P., Muśnicki B. 1999. Wpływ niektórych czynników agrotechnicznych i siedliskowych na jakość plonu rzepaku ozimego. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops, XX (2): 459-469.
- Orlovius K. 2000. Wyniki badań nad wpływem nawożenia potasem, magnezem i siarką na rośliny oleiste w Niemczech. [W:] Zbilansowane nawożenie rzepaku – aktualne problemy. Praca pod redakcją W. Grzebisza. AR Poznań.
- Podleśna A. 2003. Wstępna ocena potrzeb nawożenia siarką rzepaku ozimego. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops, XXIV (2): 641-650.
- Schnug E., Haneklaus S. 1995. Sulphur deficiency in oilseed rape flowers-symptomatology, biochemistry and ecological impact. Proc. 9th Intern. Rapeseed Congress, Cambridge, 1: 296-298.
- Szukalska-Gołąb W. 1985. Korelacja pomiędzy zawartością tłuszczu i białka w nasionach bezerukowych odmian rzepaku ozimego przy zróżnicowanym nawożeniu azotowym. Biul. IHAR, 157: 81-85.
- Wałkowski T., Dembiński M. 1992. Efektywność nawożenia mineralnego rzepaku ozimego w warunkach plantacji produkcyjnych. Zesz. Probl. IHAR – Rośliny Oleiste, XIV (2): 335-340.
- Wałkowski T., Horodyski A., Dembiński F., Wielebski F., Wójtowicz M. 1988. Analiza wpływu różnych czynników na plonowanie rzepaku w Polsce w świetle badań ankietowych w latach 1984-1986. Zesz. Probl. IHAR – Rośliny Oleiste, 2: 271-287.
- Wielebski F., Muśnicki Cz. 1998. Wpływ wzrastających dawek siarki i sposobu jej aplikacji na plon i zawartość glukozyolanów w nasionach dwóch odmian rzepaku ozimego w warunkach doświadczeń polowych. Roczn. AR Poznań, CCCIII: 149-167.
- Wielebski F., Wójtowicz M. 2003. Wpływ wiosennego nawożenia siarką na plon i zawartość glukozyolanów w nasionach odmian mieszańcowych złożonych rzepaku ozimego. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops, XXIV (1): 109-120.
- Withers P.J.A., Evans E.J., Bilsborrow P.E., Milord G.F.J., McGrath S.P., Zhao F., Walter K.C. 1995. Improving the prediction of sulphur deficiency in winter oilseed rape in the UK. Proc. 9th Intern. Rapeseed Congress, Cambridge, 1: 277-279.
- Wojnowska T., Panak H., Sienkiewicz S. 1995a. Reakcja rzepaku ozimego na wzrastający poziom nawożenia azotem w warunkach czarnych gleb kętrzyńskich. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops, XVI, 1: 173-181.
- Wojnowska T., Sienkiewicz S., Wojtas A. 1995b. Wpływ wzrastających dawek azotu na plon i skład chemiczny nasion rzepaku ozimego. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops, XVI (1): 182-187.
- Wójtowicz M. 2004. Wpływ nawożenia azotowego i warunków środowiskowych na cechy biologiczne i użytkowe złożonych odmian mieszańcowych rzepaku ozimego. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops, XXV (1): 109-124.
- Wójtowicz M., Wielebski F., Czernik-Kołodziej K. 2002. Wpływ wiosennego nawożenia azotem na cechy rolnicze i użytkowe nowych form hodowlanych rzepaku ozimego. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops, XXIII (2): 337-350.
- Zhao F.J., Blake-Kalff M.M.K., Riley N., Hawesford M.J., McGrath S.P. 1999. Sulphur utilisation efficiency in oilseed rape. Proc. 10th Intern. Rapeseed Congress, Canberra [www.regional.org.au/au/gcirc/2/284].