

Krzysztof Jankowski, Wojciech Budzyński
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Katedra Produkcji Roślinnej

Wpływ sposobu wiosennego nawożenia azotem na plonowanie i energochłonność produkcji rzepaku ozimego I. Wysokość i jakość plonu nasion

Effects of spring nitrogen application on yield and energy consumption by winter oilseed rape production I. Seed yield and its quality

Słowa kluczowe: rzepak ozimy, wiosenne nawożenie azotem, plon nasion, zawartość tłuszczu, zawartość białka

Key words: *winter oilseed rape, spring fertilization of nitrogen, seed yield, fat content, protein content*

Przedstawiono wyniki trzyletnich (1995/98) badań realizowanych w Bałcynach k. Ostródy. Porównano plonotwórcze działanie azotu zastosowanego wiosną w zróżnicowanych dawkach (120, 160 kg N/ha), jednokrotnie (przed ruszeniem wegetacji) bądź dwukrotnie (przed ruszeniem wegetacji i w pełni pąkowania) w formie saletry amonowej i roztworu saletrano-mocznikowego. Rzepak nawożony dawką 120 i 160 kg N/ha plonował na statystycznie jednakowym poziomie. Azot stosowany jednorazowo (przed ruszeniem wegetacji), niezależnie od wysokości dawki, działał plonotwórczo tak samo jak stosowany w dawkach dzielonych (przed ruszeniem wegetacji i w pełni pąkowania). Forma nawozu różnicowała plonowanie rzepaku ozimego jedynie przy poziomie 120 kg N/ha. Z dawek podzielonych najkorzystniej na plon nasion rzepaku oddziaływał roztwór saletrano-mocznikowy zastosowany w dwóch terminach (przed ruszeniem wegetacji i w pełni pąkowania).

In the paper are presented the results of three-year studies conducted in Bałcyny (near Ostróda) are presented. The yield-bearing effects were compared of nitrogen applied in spring in two rates (120 and 160 kg N/ha) as single application (before growth renewing) or split (stages just before growth renewing and at full bud stage). Two fertilizers were taken into consideration: ammonium nitrate and nitrate-urea solution. Rape gave the same yield whether fertilized with rates 120 or 160 kg N/ha. Single and split rate of nitrogen, irrespective of applied rate, did not differentiate rape yield. Used fertilizer caused yield variability only when rate 120 kg N/ha was applied. Among split rates the best effects were observed for urea-nitrate solution applied in two periods (before growth renewal and at bud stage).

Wstęp

Rzepak najwięcej składników pokarmowych, w tym azotu, pobiera w stadium formowania łodygi i początku kwitnienia. Azot pobierany przez rzepak wczesną wiosną stymuluje kwitnienie i owocowanie, natomiast stosowany i pobierany później zmniejsza zakres redukcji liczby łuszczyń i nasion w łuszczyźnie (Evans i Islam 1987). Pozytywny efekt podziału wiosennej dawki azotu występuje na glebach lekkich, na których często ulega on wymyciu oraz w warunkach zagrożenia wyleganiem. W badaniach Muśnickiego (1989) najlepsze plonowanie rzepaku notowano wtedy, kiedy całą dawkę (160 kg) dzielono na dwie części i stosowano w czasie wznowienia vegetacji i w fazie pąkowania (80 + 80). We wczesnych badaniach Horodyskiego (1971) wysiew wiosennej dawki 140 kg N/ha w formie saletry amonowej w dwóch częściach (70 kg N/ha zaraz po ruszeniu vegetacji i 70 kg N/ha dwa tygodnie później) był również bardziej efektywny (zwyżka plonu o 400 kg nasion z ha) niż wysiew całej dawki zaraz po ruszeniu vegetacji. W badaniach Budzyńskiego (1986) efekt podziału wiosennej dawki był zależny od sumarycznej dawki N. Przy niższym poziomie nawożenia (130 kg N/ha) zastosowanie części (45 kg N/ha) azotu na początku pąkowania powodowało około 4% wyżkę plonu w stosunku do aplikacji takiej dawki w pełni pąkowania. Sposób podziału dawki wyższej (180 kg) nie różnicował plonu nasion. Jednakże nie zawsze podział dawki zwiększa efekt plonotwórczy stosowanego azotu, na co wskazują wyniki badań Dembińskiej (1970), Jasińskiej i współautorów (1993) oraz Wojnowskiej i współautorów (1995).

Celem badań było określenie rolniczych skutków różnych dawek, form oraz terminów stosowania azotu na rzepak ozimy.

Metody i warunki badań

Badania realizowano w latach 1995–1998 na polach Zakładu Produkcjno–Doświadczalnego w Bałcynach. Doświadczenie założono metodą losowanych bloków, w czterech powtórzeniach, według podanego schematu.

Doświadczenie lokalizowano na glebie płowej typowej, średnio pylastej (1995–1996) lub wytworzonej z pyłu zwykłego (1997) na glinie lekkiej, klasy bonitacyjnej IIIa lub IIIb, kompleksu pszennego dobrego. Zasobność gleby w fosfor i potas była wysoka, w magnez średnia. Odczyn gleby był lekko kwaśny (pH od 5,8 do 6,1 w 1 M KCl). Przedplonem była mieszanka zbożowa zbierana na zieloną masę, uprawiana po pszenicy jarej. Przeważnie zastosowano 30 kg N w formie saletry amonowej, 50 kg P₂O₅ w superfosfacie potrójnym i 90 K₂O w 57% soli potasowej. Zaprawione (Oftanol T) nasiona rzepaku odmiany Lirajet wysiewano 17–18 sierpnia w ilości 110 sztuk na 1 m² poletka o powierzchni 12 m²,

w rozstawie rzędów 20 cm. Zaraz po siewie zastosowano Butisan Star w dawce 3 dm³ na ha. Roztwór saletrzano–mocznikowy (rsm) w dawce do 60 kg N/h stosowano jednorazowo, zaś dawkę 90 kg N/ha dzielono i stosowano dwukrotnie w odstępie dwudniowym. W fazie pąkowania dawkę rsm stosowano w dwóch częściach (niezależnie od jej poziomu). Szkodniki wiosenne zwalczano chemicznie, stosując trzykrotnie pyretroidy (Fastac 10 EC w dawce 0,10 dm³/ha; Bulldock 025 EC — 0,25 dm³/ha; Sumi Alpha — 0,25 dm³/ha). Rzepak zbierano jednoetapowo w drugiej dekadzie lipca. Uzyskane wyniki pomiarów oraz analiz laboratoryjnych poddano analizie wariancji. NIR podano dla 5% błędu.

Schemat doświadczenia

Sumaryczna dawka azotu <i>Total nitrogen rate</i> [kg/ha]	Sposób wiosennego nawożenia azotem <i>Method of spring nitrogen application</i>	
	przed ruszeniem wegetacji <i>before renewal of growth</i>	pełnia pąkowania <i>full of budding stage</i>
120	120 saletra amonowa*	—
	60 saletra amonowa	60 saletra amonowa
	60 saletra amonowa	60 rsm
	60 rsm	60 saletra amonowa
	60 rsm	60 rsm
160	160 saletra amonowa	—
	90 saletra amonowa	70 saletra amonowa
	90 saletra amonowa	70 rsm
	90 rsm	70 saletra amonowa
	90 rsm	70 rsm
Kontrola bez wiosennego nawożenia azotem — <i>Control without spring N application</i>		

* — saletra amonowa — *ammonium nitrate*; rsm — *nitrate-urea solution*

Wyniki badań

Warunki meteorologiczne

W pierwszym roku badań wschody rzepaku były pełne (90–100 roślin/m²), lecz rozwój rozet został spowolniony obfitymi opadami atmosferycznymi we wrześniu (161 mm). Okres spoczynku w 1995/96 był wyjątkowo niekorzystny dla zimowania rzepaku. Ubytki roślin sięgały 50–60%. Natomiast w drugim i trzecim roku badań wschody rzepaku były słabe (susza) — obsada roślin po wschodach wahała się w granicach 60–70 na 1 m². W tych latach badań przezimowało 85–90% roślin. W okresie wegetacji wiosennej opady atmosferyczne znacznie przewyższały zapotrzebowanie rzepaku na wodę, szczególnie w 2 i 3 roku badań (tab. 1). Obsada roślin przed zbiorem we wszystkich latach była podobna (około 40 roślin/m²), jednak w pierwszym roku rośliny posiadały liczne uszkodzenia mrozowe i wiązały małą liczbę łuszczyń.

Tabela 1

Układ warunków wilgotnościowo–termicznych — *Weather conditions*

Wyszczególnienie — <i>Item</i>	1995/96	1996/97	1997/98	Wielolecie <i>Many years</i>
Średniodobowa temperatura powietrza [°C] — <i>Mean daily temperature of air</i>				
— w okresie jesiennej wegetacji <i>in the autumn growth period</i>	12,5	8,4	12,0	11,2
— w okresie zimowego spoczynku <i>in winter dormancy</i>	−4,0	−1,8	1,3	−0,3
— w okresie wiosennej wegetacji <i>in spring growth period</i>	14,7	11,4	12,5	11,7
— w całym okresie wegetacji <i>in the whole growth period</i>	6,1	6,8	8,1	7,1
Suma opadów [mm] — <i>Precipitation sum</i>				
— w całym okresie wegetacji <i>in the whole growth period</i>	600	660	657	524
— w okresie wiosennej wegetacji <i>in the spring growth period</i>	240	320	380	176

Elementy struktury plonu

Średnio z 3 lat badań zwartość łąnu rzepaku ozimego wynosiła od 33 do 45 roślin na m² (tab. 2). W łąnie nienawożonym wiosną azotem liczba roślin na 1 m² przed zbiorem była o około 21% mniejsza niż w łąnie nawożonym azotem (tab. 2). Przyczyną mniejszej liczby roślin na jednostce powierzchni w obiekcie kontrolnym (bez wiosennego nawożenia N) było prawie dwukrotnie większe ich zamieranie w okresie wiosennej wegetacji niż na obiektach nawożonych azotem.

Liczba łuszczyń nie była uzależniona od sposobu wiosennego nawożenia azotem (tab. 2). Ten element struktury plonu determinowała obsada roślin. Rośliny rosnące w mniejszym zagęszczeniu wiązały więcej łuszczyń. Liczba łuszczyń rzepaku na kontroli (bez N) była średnio o 17% mniejsza niż nawożonych azotem. Wypełnienie łuszczyń nasionami nie było różnicowane sposobem wiosennego nawożenia azotem. Rzepak nienawożony wykształcał nasiona o największej masie jednostkowej. Przy poziomie 120 kg N/ha korzystniej na ten element struktury plonu wpływał azot aplikowany w formie roztworu saletrano–mocznikowego i saletry amonowej (niezależnie od terminu stosowania tych nawozów). W obiektach nawożonych dawką 160 kg N/ha najdorodniejsze nasiona wykształcał rzepak nawożony w dawce podstawowej saletrą amonową zaś w dawce uzupełniającej roztworem saletrano–mocznikowym. Rzepak nawożony roztworem saletrano–mocznikowym przed ruszeniem wegetacji i w pełni pąkowania wykształcał nasiona o istotnie mniejszej masie (tab. 2).

Tabela 2

Elementy struktury plonu nasion rzepaku ozimego (średnio z 3 lat) — *Yield components of oilseed rape (means for 3 years)*

Wyszczególnienie — <i>Item</i>	Sposób wiosennego nawożenia azotem * <i>Method of spring nitrogen application</i>											NIR (LSD) ($\alpha = 0,05$)
	przed ruszeniem wegetacji — <i>before renewal of growth</i>											
	120 s	60 s	60 s	60r	60 r	160 s	90 s	90 s	90 r	90 r	0	
	w pełni pąkowania — <i>full of budding stage</i>											
	0	60 s	60 r	60 s	60 r	0	70 s	70 r	70 s	70 r	0	
Liczba roślin plonujących [szt./m ²] <i>No. of plants per 1 m²</i>	43	42	41	40	39	40	44	45	42	37	33	—
Liczba łuszczyń na roślinie [szt.] <i>No. of pods on plant</i>	94	93	96	92	98	106	94	93	102	110	81	r.n.
Liczba nasion w łuszczyńce [szt.] <i>No. of seeds per pod</i>	25,0	25,4	24,5	25,2	26,4	24,1	24,3	24,1	24,4	24,7	25,1	r.n.
Masa 1000 nasion [g] <i>Weight of 1000 seeds</i>	4,83	4,82	4,92	5,05	4,95	4,76	4,81	4,90	4,77	4,72	5,10	0,15

* — opis w metodyce — *described in methods*

Plon nasion

W pierwszym roku badań rzepak ozimy plonował na poziomie 16–24 dt z ha, w pozostałych latach w granicach 50–58 dt z ha (tab. 3). Sposób wiosennego nawożenia azotem nie różnicował istotnie plonowania rzepaku ozimego w poszczególnych latach badań (tab. 3).

Średnio z trzech lat badań rzepak nienawożony wiosną azotem plonował na poziomie 31 dt z ha (tab. 3). Zastosowanie azotu w dawce 120 kg N/ha powodowało wzrost plonu nasion o około 37%, tj. średnio 1,2 t z ha.

Zwiększenie dawki azotu ze 120 do 160 kg N/ha nie powodowało istotnej zmiany plonu nasion. Azot aplikowany jednorazowo przed ruszeniem vegetacji, niezależnie od poziomu nawożenia, działał plonotwórczo tak samo jak stosowany w dawkach dzielonych (przed ruszeniem vegetacji i w pełni pąkowania). Rozpatrując szczegółowo podział dawki można stwierdzić, iż forma stosowanego nawozu różnicowała plonowanie rzepaku ozimego jedynie przy poziomie 120 kg N/ha. Najkorzystniej na plonowanie nasion działał roztwór saletrano-mocznikowy zastosowany w dawce podstawowej i uzupełniającej.

Istotnie mniejszy plon (o 3,1–3,5 dt z ha) uzyskano stosując azot w formie saletry amonowej (przed ruszeniem vegetacji i w pełni pąkowania) lub saletry amonowej i roztworu saletrano-mocznikowego. Przy wyższym poziomie nawożenia podział dawki i dobór nawozu azotowego nie miał istotnego wpływu na plonowanie rzepaku ozimego (tab. 3).

Azot stosowany w dawce 120 kg N/ha powodował przyrost plonu nasion o 10,2–13,7 dt z ha w stosunku do kontroli — bez nawożenia N (tab. 4). Przy poziomie 160 kg N/ha przyrost plonu nasion wynosił około 11,3–12,6 dt z ha w stosunku do kontroli. Każdy kilogram zastosowanego azotu w dawce 120 kg N/ha powodował większy o około 2 kg (tj. 21%) przyrost plonu nasion niż przy poziomie 160 kg N/ha (tab. 4).

Jakość plonu nasion

Poziom wiosennego nawożenia azotem w nieznacznym (nieistotnym) zakresie różnicował zawartość tłuszczu surowego i białka ogólnego w nasionach rzepaku ozimego. Wzrost nawożenia azotem (ze 120 do 160 kg N/ha) powodował niewielki przyrost (średnio o 0,2%) zawartości białka ogólnego, obniżając jednocześnie (średnio o 0,1%) akumulację tłuszczu surowego w nasionach rzepaku ozimego (tab. 5).

Podział dawki 120 kg różnicował w bardzo małym zakresie (od 18,7 do 18,8%) zawartość białka ogólnego w nasionach. Przy wyższym poziomie nawożenia azotem (160 kg/ha) aplikacja części azotu w pełni pąkowania skutkowała wzrostem (o 0,1–0,3%) zawartości białka ogólnego. Wpływ podziału dawki na zawartość tłuszczu surowego był znacznie silniejszy niż w przypadku białka. Późna aplikacja (w pełni pąkowania) części azotu powodowała, niezależnie od dawki azotu, obniżenie od 0,1 do 0,8% zawartości tłuszczu surowego w nasionach rzepaku ozimego (tab. 5).

Tabela 3

Plon nasion rzepaku ozimego (dt z ha) w poszczególnych latach badań — *Yield of oilseed rape in years of the studies (dt per ha)*

Lata badań <i>Years of the studies</i>	Sposób wiosennego nawożenia azotem * — <i>Method of spring nitrogen application*</i>											Średnio <i>Mean</i>
	przed ruszeniem wegetacji — <i>before renewal of growth</i>											
	120 s	60 s	60 s	60r	60 r	160 s	90 s	90 s	90 r	90 r	0	
	w pełni pąkowania — <i>full of budding stage</i>											
	0	60 s	60 r	60 s	60 r	0	70 s	70 r	70 s	70 r	0	
1995/96	20,6	21,0	19,1	16,4	24,3	18,1	17,7	19,6	22,0	20,9	9,9	19,2
1996/97	55,8	52,1	53,4	54,2	58,0	56,4	55,9	56,5	53,3	56,0	46,2	54,2
1997/98	54,1	51,5	51,3	53,0	51,7	54,2	53,3	54,5	52,5	53,8	36,9	52,0
Średnio — <i>Mean</i>	43,5	41,6	41,3	41,2	44,7	42,9	42,3	43,5	42,6	43,6	31,0	

NIR ($\alpha = 0,05$): lata — 5,7; interakcja: lata \times sposób wiosennego nawożenia azotem — różnice nieistotneLSD ($\alpha = 0,05$): years — 5.7; interaction: years \times method of spring nitrogen application — not significant

Tabela 4

Efektywność rolnicza stosowanego azotu (średnio z 3 lat) — *Agronomical efficiency of nitrogen application (means for 3 years)*

Wyszczególnienie — <i>Item</i>	Sposób wiosennego nawożenia azotem * — <i>Method of spring nitrogen application</i>										
	przed ruszeniem wegetacji — <i>before renewal of growth</i>										
	120 s	60 s	60 s	60r	60 r	160 s	90 s	90 s	90 r	90 r	
	w pełni pąkowania — <i>full of budding stage</i>										
	0	60 s	60 r	60 s	60 r	0	70 s	70 r	70 s	70 r	
Przyrost plonu nasion pod wpływem nawożenia N [dt/ha] <i>Seed yield increment under effect of fertilization</i>	12,5	10,6	10,3	10,2	13,7	11,9	11,3	12,5	11,6	12,6	
Produktywność 1 kg N [kg nasion] <i>Productivity of 1 kg N [kg seed]</i>	10,4	8,8	8,6	8,5	11,4	7,4	7,1	7,8	7,3	7,9	

Tabela 5

Zawartość oraz plon tłuszczu surowego i białka ogólnego (średnio z 3 lat badań)
Content and yield of crude fat and total protein in winter rapeseeds (means for 3 years of the studies)

Wyszczególnienie — <i>Item</i>	Sposób wiosennego nawożenia azotem * <i>Method of spring nitrogen application</i>											NIR (LSD) ($\alpha = 0,05$)
	przed ruszeniem wegetacji — <i>before renewal of growth</i>											
	120 s	60 s	60 s	60r	60 r	160 s	90 s	90 s	90 r	90 r	0	
	w pełni pąkowania — <i>full of budding stage</i>											
	0	60 s	60 r	60 s	60 r	0	70 s	70 r	70 s	70 r	0	
Zawartość białko (% s.m. nasion) <i>Protein content (% dry matter seeds)</i>	18,8	18,7	18,8	18,8	18,7	18,9	19,0	19,1	19,2	19,1	18,0	r.n.
Zawartość tłuszczu (% s.m. nasion) <i>Fat content (% dry matter seeds)</i>	41,8	41,7	41,0	41,3	41,2	41,6	41,5	41,5	41,0	41,0	41,6	r.n.
Plon białka (kg z ha) <i>Protein yield (kg per ha)</i>	691	651	645	639	712	679	667	697	689	691	478	60
Plon tłuszczu (kg z ha) <i>Fat yield (kg per ha)</i>	1558	1486	1436	1432	1620	1533	1510	1550	1512	1572	1105	132

* — opis w metodyce — *described in methods*

Relatywnie wysoka zawartość białka i tłuszczu w nasionach oraz duży plon nasion spowodowały, iż plon biologiczny tych składników był bardzo wysoki (tab. 5). Zróżnicowanie, pod wpływem nawożenia N, plonu białka i tłuszczu wynikało głównie z wpływu tego czynnika na plon nasion, w mniejszym zaś stopniu zależało od samej zawartości tych składników w nasionach. Najniższe plony białka (478 kg z ha) oraz tłuszczu (1105 kg z ha) uzyskano w obiekcie kontrolnym (bez N). Jednorazowe zastosowanie 120 kg azotu na ha powodowało wzrost (w stosunku do kontroli) plonu białka i tłuszczu, odpowiednio o 45 i 41%. Zwiększenie nawożenia ze 120 do 160 kg N/ha nie powodowało już istotnego przyrostu plonu tłuszczu i białka. Podział dawki, niezależnie od jej poziomu, nie zwiększał istotnie zawartości tych składników pokarmowych. Forma stosowanego nawozu (w warunkach podziału dawki) różnicowała plon składników pokarmowych jedynie przy poziomie 120 kg N/ha. W warunkach podziału dawki 120 kg N/ha najwyższe plony składników pokarmowych uzyskano stosując rsm przed ruszeniem vegetacji i w pełni pąkowania.

Wnioski

1. Rzepak nawożony dawką 120 i 160 kg N/ha plonował na statystycznie jednakowym poziomie. Produktywność 1 kg azotu zastosowanego w dawce 120 kg/ha była średnio o 21% wyższa w porównaniu z poziomem 160 kg N/ha.
2. Azot aplikowany jednorazowo przed ruszeniem vegetacji, niezależnie od wysokości dawki, działał plonotwórczo tak samo jak stosowany w dawkach dzielonych (przed ruszeniem vegetacji i w pełni pąkowania).
3. Forma nawozu różnicowała plonowanie rzepaku ozimego jedynie przy poziomie 120 kg N/ha. Z dawek podzielonych najkorzystniej na plon nasion oddziaływał roztwór saletrano–mocznikowy zastosowany przed ruszeniem vegetacji oraz w stadium pełni pąkowania.
4. Zawartość białka ogólnego i tłuszczu surowego nie była istotnie różnicowana sposobem wiosennego nawożenia azotem. Podział dawki azotu, niezależnie od jej poziomu, powodował nieznaczne (statystycznie nieistotne) obniżenie zawartości tłuszczu i zwiększoną syntezę białka w nasionach.

Literatura

- 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, supl. B: 1-56.

- Dembińska H. 1970. Wpływ wiosennych okresowych niedoborów wody na rozwój i strukturę plonu rzepaku ozimego przy różnych sposobach dawkowania azotu. Roczn. Nauk Roln. s. A, 97 (1): 33-47.
- Evans E.J., Islam N. 1987. The influence of late nitrogen on the growth and yield of winter oilseed rape (*B. napus* L.). Proc 7th Inter. Rapessed Congress 11-14.05.1987 Poznań, 4: 918-918.
- Horodyski A. 1971. Porównanie mocznika i saletry przy wiosennym nawożeniu rzepaku ozimego. Pam. Puł., 49: 45-61.
- Jasińska Z., Malarz W., Budzyński W., Toboła P. 1993. Wpływ sposobu wiosennego nawożenia azotem na plonowanie rzepaku ozimego. Post. Nauk Roln., 6: 33-40.
- Muśnicki Cz. 1989. Charakterystyka botaniczno-rolnicza rzepaku ozimego i jego plonowanie w zmienionych warunkach siedliskowo-agrotechnicznych. Roczn. AR Pozn., Rozpr. nauk., 191: 1-154.
- Wojnowska T., Panak H., Sienkiewicz S. 1995. Reakcja rzepaku ozimego na wzrastający poziom nawożenia azotem w warunkach czarnych gleb kętrzyńskich. Rośliny Oleiste, XVI (1): 173-181.