

EFEKTYWNOŚĆ NAWOŻENIA AZOTEM PSZENICY OZIMEJ W ZALEŻNOŚCI OD SPOSOBU UPRAWY ROLI

WIESŁAW KOZIARA, HANNA SULEWSKA, KATARZYNA PANASIEWICZ

Katedra Uprawy Roli i Roślin, Akademia Rolnicza w Poznaniu

Synopsis. W pracy oceniano wpływ nawożenia azotem oraz sposobów uprawy roli na plon ziarna i białka oraz plon energii pszenicy ozimej. Wielkość uzyskanego plonu istotnie modyfikowana była przez sposób uprawy roli. W stosunku do uprawy konwencjonalnej w siewie bezpośrednim uzyskano plon niższy o 20%, a w uprawie uproszczonej o 8%. Efektywność agronomiczna i fizjologiczna azotu zmniejszały się wraz ze wzrostem dawki azotu we wszystkich porównywanych sposobach uprawy roli. W uprawie konwencjonalnej i uproszczonej uzyskano wyższą efektywność nawożenia azotem stosowanego w granicach dawek 50-100 kg N·ha⁻¹, natomiast w siewie bezpośrednim lepszą efektywność obserwowano dla największych z zastosowanych dawek azotu.

Słowa kluczowe – *key words*: nawożenie azotem – *nitrogen fertilization*, uprawa konwencjonalna – *conventional tillage*, uprawa uproszczona – *reduced tillage*, siew bezpośredni – *direct seeding*

WSTĘP

Względy ekonomiczne i organizacyjne coraz częściej przyczyniają się do poszukiwania nowych systemów uprawy roli. Stosowana już od wielu dziesięcioleci tradycyjna płużna uprawa roli jest zabiegiem pracochłonnym oraz energochłonnym [Kordas 1997]. Stąd też wprowadzanie uproszczeń technologicznych pozwala na ograniczenie kosztów poniesionych na uprawę roli o 15-40% [Czarnecki i in. 2006, Włodek in. 1999]. Poszukiwania sposobów zwiększenia produktywności roślin przy minimalizacji kosztów często koncentrują się na zagadnieniach związanych z nawożeniem mineralnym [Borówczak i in. 1998, Klupczyński 1986]. Spośród stosowanych w uprawie roślin makro- i mikroelementów najsilniejsze działanie plonotwórcze przypisuje się azotowi [Delogu i in. 1998, Gonzalez Ponce i in. 1993]. Opracowanie uniwersalnych zasad nawożenia azotem jest zadaniem niełatwym, zwłaszcza dla nowych systemów uprawy. Wynika to z dużej labilności azotu w glebie i różnorodności funkcji tego składnika w roślinie [Fotyma 1990]. W badaniach nad oceną działania azotu zaleca się stosowanie takich mierników skuteczności nawożenia, jak efektywność agronomiczna, efektywność fizjologiczna i wykorzystanie azotu z nawozów [Fotyma 1990, Novoa i Loomis 1981]. Efektywność rolnicza lub inaczej agronomiczna jest miarą produkcyjnej skuteczności nawożenia i wyraża przyrost plonu na jednostkę azotu zastosowanego w nawozach. Efektywność fizjologiczną określa się jako zdolność rośliny do przetworzenia pobranego azotu na plon użytkowy. Świadczy ona o wydajności procesów gospodarowania azotem w roślinie, która to wydajność uzależniona jest od naturalnych i antropogenicznych warunków siedliska, wpływających na kondycję rośliny [Gonzalez Ponce i Salas 1993].

Celem badań było określenie efektywności nawożenia azotem w pszenicy ozimej przy różnych sposobach uprawy roli.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenia polowe przeprowadzono w latach 2003-2006 na polach ZDD Złotniki, k/Poznań. Gleba pola doświadczalnego zaliczana jest do klas bonitacyjnych IVa i IVb, a według przydatności rolniczej do kompleksu 4 (żytni bardzo dobry) i 5 (żytni dobry). Gleby te należą do gleb pływowych utworzonych z piasków gliniastych lekkich i gliny lekkiej silnie spiaszczonej o miąższości poziomu orno-próchnicznego 27-30 cm, zawartości próchnicy 0,9-1,0%. Ich odczyn wynosi 5,7 (pH w 1 M KCl), a zawartość fosforu jest wysoka, potasu i magnezu średnia. Głęboki poziom wody gruntowej i budowa podłoża sprawiają, że bywają one okresowo za suche.

Pszenicę ozimą odmiany Roma uprawiano w czteropolowym zmianowaniu o 50% udziale zbóż: burak cukrowy⁺⁺, pszenżyto jare, groch siewny, pszenica ozima.

Czynnikami I rzędu było nawożenie azotem: 0, 50, 100 i 150 kg N·ha⁻¹, a czynnikami II rzędu sposób uprawy roli (konwencjonalny, uproszczony i siew bezpośredni).

Nawożenie azotem w formie saletry amonowej stosowano w dawkach po 50 kg N·ha⁻¹ w trzech terminach: przed siewem oraz na odpowiednich obiektach w fazie krzewienia (BBCH 21) i w fazie kłoszenia (BBCH 51). Konwencjonalny sposób uprawy roli obejmował pełny zespół upraw późniejszych, orkę siewną i dwukrotne bronowanie. W sposobie uproszczonym orkę zastąpiono gruberem, a w siewie bezpośrednim pominięto wszelkie uprawki mechaniczne, ograniczając się do jednokrotnego stosowania herbicydu Roundup 360 SL w dawce 1,5 l·ha⁻¹, trzy tygodnie przed siewem pszenicy ozimej.

Pozostałe zabiegi uprawowe zostały wykonane zgodnie z zasadami poprawnej agrotechniki gatunku.

Wyliczane wskaźniki syntetyczne:

– efektywność agronomiczna [Grzebisz 1988]

$$EAN = (PZN - PZK)/DN$$

PZN – plon ziarna roślin nawożonych azotem,

PZK – plon ziarna roślin nie nawożonych azotem,

DN – dawka azotu.

– efektywność fizjologiczna

$$EF = (PZN - PZK)/(PNn - PNk)$$

PNn – pobranie azotu przez rośliny nawożone azotem,

PNk – pobranie azotu przez rośliny nie nawożonych azotem,

– wykorzystanie azotu (WN) [Fotyma 1990]

$$WN = A/F \cdot 100 (\%)$$

A – efektywność agronomiczna,

F – efektywność fizjologiczna.

Uzyskane wyniki poddano ocenie statystycznej metodą analizy wariancji dla doświadczeń czynnikowych ortogonalnych i analizy wariancji w układzie split-plot. Test szczegółowy wykonano wg Tukeya na poziomie ufności $P = 0,95$.

WYNIKI BADAŃ

Plon ziarna i białka oraz plon energii modyfikowane były zarówno sposobem uprawy roli, jak i nawożeniem azotem (tab. 1). Istotnie wyższe plonowanie w stosunku do zastosowanego uproszczenia, jak i siewu bezpośredniego, odnotowano w przypadku tradycyjnej uprawy roli. W siewie bezpośrednim uzyskano plon ziarna niższy o 20,0%, plon białka o 16,7%, plon energii o 16%, a w uprawie uproszczonej odpowiednio o 8,0%, 7,6% i 9,5%. Nawożenie azotem powodowało wzrost plonu ziarna i białka oraz plonu energii wraz ze zwiększaniem jego dawki. Istotny wzrost plonu ziarna i plonu energii następował przy tym do dawki 100 kg N·ha⁻¹.

Tabela 1. Plon ziarna, plon białka, plon energii pszenicy ozimej
Table 1. Grain yield, protein yield, energy yield of winter wheat

Czynnik <i>Factor</i>	Poziom <i>Level</i>	Plon ziarna <i>Grain yield</i> (t·ha ⁻¹)	Plon białka <i>Protein yield</i> (kg·ha ⁻¹)	Plon energii <i>Energy yield</i> (GJ·ha ⁻¹)
Sposób uprawy roli <i>Tillage systems</i>	konwencjonalny – <i>conventional</i>	4,86	508,0	64,9
	uproszczony – <i>reduced</i>	4,47	469,4	58,7
	siew bezpośredni – <i>direct seeding</i>	3,89	421,9	54,5
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	0,32	33,6	2,87
Nawożenie azotem <i>Nitrogen fertilization</i> (kg·ha ⁻¹)	0	3,33	316,9	44,5
	50	4,48	444,7	59,4
	100	4,87	536,0	65,7
	150	4,95	568,1	68,0
	NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	0,25	26,3	3,23

Tabela 2. Efektywność agronomiczna azotu
Table 2. Agronomic efficiency

Sposób uprawy roli <i>Tillage systems</i>	Nawożenie azotem <i>Nitrogen fertilization</i> (kg·ha ⁻¹)				
	0-50	0-100	0-150	50-100	100-150
Konwencjonalny <i>Conventional</i>	22,0	19,0	10,7	9,90	0,04
Uproszczony <i>Reduced</i>	26,1	16,5	11,5	6,90	1,54
Siew bezpośredni <i>Direct seeding</i>	20,6	13,5	10,2	6,50	3,44

Efektywność agronomiczna nawożenia azotem zmniejszała się wraz ze wzrostem dawki nawozu dla wszystkich badanych sposobów uprawy (tab. 2). Dla uprawy konwencjonalnej przy dawce 50 kg N·ha⁻¹ wynosiła ona średnio 22 kg, a dla najwyższej dawki 10,7 kg ziarna·ha⁻¹. Dla uproszczenia, przy dawce 50 kg N·ha⁻¹ wynosiła 26,1 kg ziarna·ha⁻¹, a przy dawce 150 kg N·ha⁻¹

11,5 kg ziarna·ha⁻¹, dla siewu bezpośredniego wyliczone wskaźniki efektywności agronomicznej wynosiły odpowiednio 20,6 kg ziarna·ha⁻¹ przy najniższym poziomie nawożenia i 10,2 kg ziarna·ha⁻¹ przy dawce 150 kg N·ha⁻¹. Spośród trzech analizowanych sposobów uprawy roli najwyższą efektywnością przy dawce 50 kg N·ha⁻¹ oraz 150 kg N·ha⁻¹ cechowała się uprawa uproszczona (26,1 kg ziarna·ha⁻¹ i 11,5 kg ziarna·ha⁻¹). Z kolei na obiekcie z dawką 100 kg N·ha⁻¹ najwyższą efektywność odnotowano w warunkach uprawy konwencjonalnej.

Tabela 3. Efektywność fizjologiczna azotu

Table 3. Agronomic efficiency

Sposób uprawy roli <i>Tillage systems</i>	Nawożenie azotem <i>Nitrogen fertilization (kg·ha⁻¹)</i>				
	0-50	0-100	0-150	50-100	100-150
Konwencjonalny <i>Conventional</i>	54,4	50,4	38,6	28,3	0,51
Uproszczony <i>Reduced</i>	56,5	44,9	40,6	25,4	13,3
Siew bezpośredni <i>Direct seeding</i>	56,9	43,7	41,9	25,4	30,7

Efektywność fizjologiczna azotu, podobnie jak efektywność agronomiczna, we wszystkich badanych sposobach uprawy roli zmniejszała się wraz ze wzrostem dawki azotu (tab. 3). Przy uprawie tradycyjnej zmniejszyła się z 54,4 kg ziarna·ha⁻¹ (dawka 50 kg N·ha⁻¹) do 38,6 kg ziarna·ha⁻¹ (najwyższy poziom nawożenia azotem). W przypadku uprawy uproszczonej spadek ten kształtował się z 56,5 kg ziarna·ha⁻¹ do 40,6 kg ziarna·ha⁻¹, a dla siewu bezpośredniego odpowiednio z 56,9 do 41,9 kg ziarna·ha⁻¹.

Tabela 4. Wykorzystanie azotu z nawozu

Table 4. Utilization of nitrogen fertilizer

Sposób uprawy roli <i>Tillage systems</i>	Nawożenie azotem <i>Nitrogen fertilization (kg·ha⁻¹)</i>				
	0-50	0-100	0-150	50-100	100-150
Konwencjonalny <i>Conventional</i>	40,4	37,7	27,7	35,0	7,80
Uproszczony <i>Reduced</i>	46,2	36,7	28,3	27,2	11,6
Siew bezpośredni <i>Direct seeding</i>	36,2	30,9	24,3	25,6	11,2

Stopień odzyskania azotu (współczynnik wykorzystania) wyraża stosunek efektywności agronomicznej do efektywności fizjologicznej. Dla wszystkich porównywanych sposobów uprawy roli wartość tego współczynnika zmniejszała się wraz z dawką zastosowanego nawożenia azotem (tab. 4). Dla dawek 50 i 150 kg N·ha⁻¹ większe wykorzystanie azotu przez pszenicę ozimą odnotowano w przypadku uproszczonej uprawy roli. Z kolei pomiędzy dawkami 50 a 100 kg N·ha⁻¹ najwyższy procent odzyskania azotu stwierdzono w warunkach uprawy tradycyjnej, a pomiędzy dawkami 100 i 150 kg N·ha⁻¹ lepsze efekty w porównaniu do konwencjonalnej uprawy uzyskiwano na obiektach z uprawą uproszczoną i siewem bezpośrednim.

DYSKUSJA

Liczne doniesienia literaturowe podobnie jak w badaniach własnych wskazują, iż w stosunku do uprawy tradycyjnej, stosowanie uproszczeń, a w szczególności siew bezpośredni, przyczyniają się do obniżenia plonowania [Blecharczyk i in. 1999, Blecharczyk i Małecka 2003, Kraska i Pałys 2006].

Odmienne rezultaty uzyskali Blecharczyk i in. [2006] oraz Gawęda [2004]. Autorzy ci wykazali, iż plonowanie w znacznym stopniu kształtowane było warunkami pogodowymi, a w mniejszym stopniu sposobem uprawy roli. Sposób uprawy roli istotnie modyfikował plon białka pszenicy ozimej. W badaniach własnych wyższe wartości uzyskiwano na uprawie tradycyjnej. Wcześniejsze badania Małeckiej [2006] wskazują jednak na większy plon białka w warunkach zastosowania uproszczeń uprawowych, a nawet siewu bezpośredniego, niż w sytuacji uprawy tradycyjnej.

Badania własne wykazały również różnice w plonie energii pszenicy ozimej w zależności od zastosowanej uprawy roli. W stosunku do uprawy konwencjonalnej, uprawa uproszczona i siew bezpośredni przyczyniły się do obniżenia plonu energii, co jest sprzeczne z ustaleniami Małeckiej [2006].

Jednym z mierników skuteczności nawożenia jest efektywność agronomiczna [Panasiewicz i Koziara 2004]. Ocena wpływu badanych czynników na ten miernik wskazuje na znany z literatury [Majkowski in. 1993, Szafranski 1995, Wróbel i Budzyński 1994] spadek efektywności nawożenia wraz ze wzrostem dawki stosowanego składnika. Również w badaniach własnych odnotowano zmniejszanie się wartości tego wskaźnika wraz ze wzrostem nawożenia azotem. Najwyższą efektywność agronomiczną stwierdzono przy dawce $50 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ dla wszystkich porównywanych sposobów uprawy roli.

Wskaźnikiem świadczącym o wydajności procesów gospodarowania azotem w roślinie jest również efektywność fizjologiczna azotu. Jest ona na ogół większa od efektywności agronomicznej, co wykazano również w badaniach własnych. Fakt ten wskazuje na dużą zdolność roślin pszenicy do przetworzenia pobranego azotu na plon użytkowy.

Według Nielsena i in. [1990] odzyskanie azotu w dużym stopniu zależy od sezonu wegetacyjnego oraz fazy rozwojowej roślin. Zdaniem cytowanego autora najwyższe wykorzystanie azotu następuje w okresie tworzenia ziarniaków, a najniższe w czasie dojrzwania. W badaniach własnych dla wszystkich porównywanych sposobów uprawy roli wartość tego wskaźnika zmniejszała wraz z dawką zastosowanego nawożenia azotem, co jest zgodne z badaniami Małeckiej [2003].

WNIOSKI

1. Wielkość plonu pszenicy ozimej istotnie zależała od sposobu uprawy roli. W stosunku do uprawy konwencjonalnej w siewie bezpośrednim uzyskano plon niższy o 20%, a w uprawie uproszczonej o 8%.
2. Efektywność agronomiczna i fizjologiczna azotu zmniejszały się wraz ze wzrostem dawki tego składnika we wszystkich porównywanych sposobach uprawy roli.
3. W uprawie konwencjonalnej i uproszczonej uzyskano wyższą efektywność nawożenia azotem przypadku dawek $50\text{-}100 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, natomiast w siewie bezpośrednim lepszą efektywność w warunkach największej dawki azotu.

PIŚMIENNICTWO

1. Blecharczyk, A., Małecka, I. 2003. Wpływ siewu bezpośredniego na właściwości gleby oraz plonowanie jęczmienia jarego i grochu. Pr. Kom. Nauk Roln. Kom. Nauk Leśn. PTPN 95: 103–109.
2. Blecharczyk, A., Skrzypczak, G., Małecka, I., Piechota, T. 1999. Wpływ zróżnicowanej uprawy roli na właściwości fizyczne gleby oraz plonowanie pszenicy ozimej i grochu. Folia. Univ. Agric. Stein. 195: 171–179.
3. Blecharczyk, A., Śpitalniak, J., Małecka, I. 2006. Wpływ doboru przedplonów oraz systemów uprawy roli i nawożenia azotem na plonowanie pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.* 2: 273–286.
4. Borowczak, F., Koziara, W., Grześ, S., 1998. Produkcyjne i ekonomiczne efekty różnej intensywności uprawy jęczmienia jarego. *Pam. Puław.* 115: 19–25.
5. Czarnocki, Sz., Starczewski, J., Turska, E. 2006. Ocena wybranych technologii uprawy pszenżyta jarego. *Fragm. Agron.* 2: 287–298.
6. Delogu, G., Cattivelli, L., Pecchioni, N., DeFalcis, D., Maggiore, T., Stanca, A.M., 1998. Uptake and agronomic efficiency of nitrogen in winter barley and winter wheat. *Europ. J. Agron.* 9: 11–20.
7. Fotyła, E., 1990. Określenie potrzeb nawozowych roślin w stosunku do azotu na przykładzie jęczmienia jarego. *Fragm. Agron.* 4: 4–77.
8. Gawęda, D. 2004. Wpływ sposobów uprawy roli na plonowanie pszenicy ozimej w 3-polowym zmianowaniu na czarnej glebie. *Annales UMCS* 59: 889–894.
9. Gonzalez Ponce, R., Salas, M.L., 1993. Nitrogen Use efficiency by winter barley under different climatic conditions. *J. Plant Nutr.* 16: 1249–1261.
10. Grzebisz, W., 1988. Środowiskowe i fizjologiczne uwarunkowania produktywności pszenicy ozimej uprawianej w zmianowaniach ze wzrastającym udziałem zbóż. *Rocz. AR w Poznaniu* 182: 8–12.
11. Klupczyński, Z., 1986. Wpływ nawożenia azotem na plon i jakość ziarna zbóż. *Mat. Sym. Olsztyn* 24-25 czerwca. Wpływ nawożenia azotem na plon i jakość plonu. 1: 82–102.
12. Kordas, L. 1997. Wpływ siewu bezpośredniego na plonowanie i zachwaszczenie buraków cukrowych i pszenicy ozimej. *Bibl. Fragn. Agron.* 3: 85–89.
13. Kraska, P., Pałys, E. 2006. Plonowanie jęczmienia jarego uprawianego w warunkach zróżnicowanych poziomów agrotechniki. *Fragm. Agron.* 2:299–308.
14. Majkowski, K., Szempliński, W., Budzyński, W., Wróbel, E., Dubis, B., 1993. Uprawa jęczmienia jarego i owsa w siewie czystym i mieszanym. *Rocz. AR w Poznaniu* 41: 73–84.
15. Małecka, I. 2003. Studia nad plonowaniem pszenicy ozimej w zależności od warunków pogodowych i niektórych czynników agrotechnicznych. *Rocz. AR w Poznaniu.* 335: ss. 121.
16. Małecka, I. 2006. Produktywność roślin w płodozmianie w zależności od systemów uprawy roli. *Fragm. Agron.* 2: 261–272.
17. Nielsen, N.E., Schjørring, J.K., Jensen, H.E., 1990. Efficiency of fertilizer nitrogen uptake by spring barley. Nitrogen efficiency in agricultural soils. *Elsevier applied science* 64: 62–74.
18. Novoa, R., Loomis, R.S., 1981. Nitrogen and plant production. *Plant Soil* 58: 177–204.
19. Panasiewicz, K., Koziara, W. 2004. Wpływ deszczowania, nawożenia azotem oraz stymulatora Bion 50 WG na skład chemiczny i plon energii jęczmienia jarego. *Rocz. AR w Poznaniu* 63: 45–55.
20. Szafranski, W., 1995. Wpływ poziomu i sposobu nawożenia azotowego na plonowanie wybranych odmian jęczmienia jarego i owsa w zróżnicowanych warunkach siedliskowych Pogórza. *Cz. I. Współczynnik zbioru i wysokość plonu ziarna. Zesz. Nauk. AR w Krakowie*, 300: 99–109.
21. Włodek, S., Pabin, J., Biskupski, A., Kaus, A. 1999. Skutki uproszczeń uprawy roli w zmianowaniu. *Zesz. Nauk AR w Szczecinie* 195: 35–45.
22. Wróbel, E., Budzyński, W. 1994. Porównanie różnych technologii uprawy pszenżyta jarego. *Zesz. Nauk. AR w Szczecinie* 162: 293–298.

W. KOZIARA, H. SULEWSKA, K. PANASIEWICZ

**EFFECTIVENESS NITROGEN FERTILIZATION
OF WINTER WHEAT DEPENDING ON TILLAGE SYSTEMS****Summary**

The experiment was carried out at Złotniki Experimental Station that belongs to August Cieszkowski, Agricultural University in Poznan on a sandy loam soil classified as Albic Luvisols in 2002-2005. Treatments included three tillage systems (conventional, simplified soil tillage, direct seeding) and four levels of nitrogen fertilization (0, 50, 100, 150 kg/ha).

The purpose of the study was to determine the effect of tillage systems on effectiveness nitrogen fertilization of winter wheat. Agronomic and physiological efficiency decreased with doses of nitrogen for all estimated tillage systems.

Prof. dr hab. Wiesław Koziara
Katedra Uprawy Roli i Roślin,
Akademia Rolnicza w Poznaniu,
60-623 Poznań, ul. Mazowiecka 45/46
koziara@au.poznan.pl