

## EFEKTYWNOŚĆ WYKORZYSTANIA AZOTU Z MOCZNIKA ( $^{15}\text{N}$ ) STOSOWANEGO DOLISTNIE LUB DOGLEBOWO PRZEZ PSZENICĘ OZIMĄ I BOBIK

*A. Kocoń*

Zakład Żywienia Roślin i Nawożenia, Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa  
ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy; e-mail: akocon@iung.pulawy.pl

**S t r e s z c z e n i e:** Badania wazonowe nad efektywnością wykorzystania przez pszenicę oraz bobik azotu z mocznika znakowanego  $^{15}\text{N}$ , stosowanego doglebowo lub dolistnie przeprowadzono w 1997 roku. Efektywność wykorzystania azotu mocznika w plonie ziarna pszenicy ozimej była znacznie większa niż w plonie nasion bobiku. Efekt dokarmiania, w zależności od sposobu podania N, był różny dla badanych gatunków roślin. Lepszym sposobem dokarmiania pszenicy okazało się doglebowe podanie N natomiast w przypadku bobiku korzystniejsze było dolistne nawożenie tym składnikiem.

**S ł o w a k l u c z o w e:** wykorzystanie azotu, mocznik  $^{15}\text{N}$ , pszenica ozima, bobik

### WSTĘP

Azot zaliczany jest do głównych pierwiastków plonotwórczych w żywieniu roślin. Efektywność nawożenia N ma bezpośredni związek z wielkością i jakością plonów [12,13,15,16] opłacalnością produkcji rolnej [9] oraz ochroną środowiska. Mimo, że badań nad wykorzystaniem azotu przeprowadzono już wiele to nadal sprawa jest otwarta, zwłaszcza jeśli chodzi o dokarmianie roślin tym pierwiastkiem. Wydaje się, że efektywność nawożenia doglebowego czy dolistnego N zależy nie tylko od fazy rozwojowej rośliny ale również od gatunku rośliny uprawnej.

W świetle tym, badania porównawcze nad efektywnością nawożenia azotem wybranych gatunków roślin tj. pszenicy ozimej i bobiku, wydają się ciekawe także z tego względu, iż badane rośliny mają zupełnie odmienne wymagania nawozowe względem tego składnika. Pszenica wymaga dostarczania azotu mineralnego w

formie nawozu, natomiast bobik zaopatruje się głównie w ten składnik poprzez symbiotyczne wiązanie azotu atmosferycznego  $N_2$ . Badania Hardarsona i in. [3], Wojcieszkiej i in. [17] oraz własne [5,7] dowodzą, iż bobik w fazie generatywnej cierpi na niedobór azotu i dlatego winien być w tej fazie dokarmiany tym składnikiem. Z badań między innymi Wojcieszkiej i in. [17] oraz autorki [5-7] wynika, że w przypadku bobiku korzystniej działa azot podany dolistnie, w porównaniu z doglebowym.

Celem podjętych badań było określenie stopnia wykorzystania azotu mocznika podawanego roślinom pszenicy i bobiku dolistnie lub doglebowo. Ilościowe określenie stopnia wykorzystania azotu możliwe było poprzez znakowanie odpowiednich dawek nawozu azotem –  $^{15}N$ .

#### MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w kulturach glebowych, w 7 kg wazonach Mitscherlicha, w hali vegetacyjnej IUNG w Puławach w 1997 roku, w pięciu powtórzeniach. Obiektem badań była pszenica ozima odm. Kobra oraz bobik odm. Nadwiślański. Podłoże stanowiła gleba (piasek słabo gliniasty) zasilona przed-siewnie pożywką mineralną o jednakowym składzie, odpowiednim dla uprawianego gatunku rośliny, w ilościach zapewniających prawidłowy wzrost i rozwój roślin (z wyjątkiem azotu). Azot pod pszenicę podano przed-siewnie w formie saletry amonowej, w dawce 0,75 g N na wazon. Bobiku przed-siewnie azotem mineralnym nie nawożono, rośliny korzystały więc głównie z  $N_2$  – atmosferycznego.

Nasiona bobiku przed wysiewem szczepiono aktywnym szczepem *Rhizobium leguminosarum* i wysiewano do wazonów, podobnie jak i pszenicę, w terminach optymalnych dla ich wzrostu i rozwoju. Pszenica w wazonach docelowo rosła po 10 a bobik po 5 sztuk. Rośliny podlewano wodą zdemineralizowaną do 60% polowej pojemności wodnej.

Podczas wegetacji, część roślin pszenicy i bobiku (z wyjątkiem obiektów kontrolnych) otrzymała dodatkowo dolistnie lub doglebowo N, w formie znakowanego  $^{15}N$  mocznika [1]. Tak więc, w wyniku dokarmiania N rośliny pszenicy dostały dodatkowo, w fazie [2] po wykłoszeniu (58-59 wg skali Zadoksa) po 100 mg N na wazon, w tym 50 mg  $^{15}N$  o wzbogaceniu 49,9 at.% a bobik w fazie [2] początku kwitnienia (62 wg BBA) po 250 mg  $^{15}N$  na wazon, całość w formie znakowanego mocznika o wzbogaceniu 99,0 at.%. Uwzględniając przewidywane straty azotu (określone przez autorkę po uprzednich próbach), zwiększono nominalną dawkę azotu podawaną dolistnie zarówno w przypadku bobiku jak i

pszenicy o 30%. Do opryskiwania roślin używano opryskiwacza wytwarzającego drobno kropelkowy aerozol roztworu mocznika. W celu obniżenia napięcia powierzchniowego roztworu mocznika zastosowano substancję zwilżającą Sandovit. Na czas zabiegu glebę w obiektach, w których rośliny dokarmiano dolistnie osłaniano ligniną. Doglebowe dawki azotu w formie wodnego roztworu mocznika wprowadzano w tym samym czasie co dawki dolistne.

Rośliny zbierano w fazie pełnej dojrzałości, dzielono na odpowiednie organy, następnie materiał suszono, ważono, łączono według obiektów doświadczalnych, mielono. W tak przygotowanym materiale oznaczano, zawartość N ogólnego (metodą podbrominową) i  $^{15}\text{N}$  metodą spektrometrii emisyjnej przy zastosowaniu NOI-6e PC [4]. Wyniki opracowano statystycznie z zastosowaniem analizy wariancji oceniając istotność różnic testem Tukey'a, na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ .

Przy wyliczaniu rzeczywistego wykorzystania azotu posłużono się następującymi wzorami [4]:

$$\%N_{dff} = \frac{at\%exc_s}{at\%exc_f} \times 100 \quad (1)$$

$$TN_f = \frac{TN \times \%N_{dff}}{100} \quad (2)$$

$$WW_n = \frac{TN_f}{N_a} \times 100 \quad (3)$$

gdzie:  $\%N_{dff}$  (nitrogen derived from fertilizer) procent azotu w próbce pochodzący z nawozu wzbogaconego izotopem,  $at\%exc_s$  – atomowy procent wzbogacenia próby,  $at\%exc_f$  – atomowy procent wzbogacenia nawozu,  $TN_f$  – ilość azotu ( $\text{mg } ^{15}\text{N}$ ) pochodzącego z nawozu wzbogaconego izotopem pobrana przez plon,  $TN$  – całkowita ilość azotu pobrana przez plon,  $WW_n$  – współczynnik wykorzystania azotu z nawozu wzbogaconego izotopem,  $N_a$  – ilość azotu podanego w nawozie wzbogaconego izotopem.

## WYNIKI I DYSKUSJA

W przeprowadzonych badaniach stwierdzono pozytywny wpływ pogłównego dokarmiania azotem na plon pszenicy ozimej odm. Kobra i bobiku odm. Nadwiślański. Zastosowany mocznik, w formie nawożenia pogłównego, zawsze prowadził do wzrostu plonu nasion, całej biomasy roślin jak również wzrostu akumulacji N w badanych roślinach (Tabela 1). Efekt dokarmiania, jeśli chodzi o

sposób podania N, był różny w przypadku badanych gatunków roślin. Dla pszenicy lepszym sposobem dokarmiania okazało się doglebowe podanie N natomiast w przypadku bobiku korzystniejsze było dolistne nawożenie tym składnikiem. Należy dodać, że mocznik wprowadzony w formie oprysku, w dawkach i terminach podanych w metodyce, nie powodował uszkodzeń opryskiwanych roślin.

**Tabela 1.** Wpływ sposobu dokarmiania mocznikiem na plon oraz akumulację azotu w pszenicy i bobiku

**Table 1.** The effect of the method of urea's top dressing on the yield and nitrogen accumulation in winter wheat and faba bean

Obiekt	Dokarmianie mocznikiem mg N na waz.		Plon p s m. g x wazon <sup>-1</sup>			Pobranie N mg N x wazon <sup>-1</sup>		
	N- dogl.	N- dolist	nasiona	słoma	razem	nasiona	słoma	razem
Pszenica ozima								
1. O *	-	-	29,6	33,6	63,2	406,7	76,3	483,9
2. ( <sup>15</sup> N-G)	100	-	33,6	35,3	68,9	505,5	79,9	585,4
3. ( <sup>15</sup> N-L)	-	100	30,6	34,0	64,6	450,7	84,5	535,2
	NIR (0,05)		3,1	r.n.	r.n.			
Bobik								
1. O *	-	-	67	99	166	2789	845	3634
2. ( <sup>15</sup> N-G)	250	-	71	100	171	2841	902	3743
3. ( <sup>15</sup> N-L)	-	250	78	102	180	3086	902	3988
	NIR (0,05)		2,8	r.n.	5,2			

\* - obiekty kontrolne, bez dokarmiania mocznikiem.

Najbardziej miarodajnym i bezpośrednim kryterium oceny wykorzystania przez rośliny stosowanego dolistnie bądź doglebowo azotu była analiza jego zawartości w roślinie, przy zastosowaniu azotu mocznika znakowanego <sup>15</sup>N. Wyliczono procentowe udziały azotu w próbach pochodzących z nawozu wzbogaconego izotopem – %N<sub>dff</sub> dla poszczególnych organów roślin. Porównując wartości N<sub>dff</sub> w poszczególnych organach roślin otrzymujemy informację dotyczącą kierunków przemieszczania i dystrybucji oraz siły akceptorów azotu dostarczonego roślin w formie mocznika w wyniku dokarmiania. Na podstawie wartości %N<sub>dff</sub> oraz innych parametrów (Tabela 2 i 3) można stwierdzić, że zawsze

**Tabela 2.** Plony, pobranie N-ogólnego, %*Ndff*, akumulacja <sup>15</sup>N mocznika oraz współczynniki wykorzystania N (*WW<sub>n</sub>*) dla poszczególnych organów roślin pszenicy

**Table 2.** Yield, N total uptake, %*Ndff*, <sup>15</sup>N accumulation of urea and nitrogen utilization coefficients for different organs of wheat plants

Parametr	Obiekt	Ziarno			Słoma		Plewy + osadki	
		Pędy główne	Pędy boczne	Pędy główne	Pędy boczne	Pędy płone	Pędy główne	Pędy boczne
Plon w g na waz.	<sup>15</sup> N-G	18,63	15,02	15,58	12,09	0,19	4,11	3,35
	<sup>15</sup> N-L	18,46	12,16	16,04	10,44	0,62	4,08	2,79
Pobranie N w mg na wazon	<sup>15</sup> N-G	288,1	217,4	29,4	23,9	0,02	15,3	11,3
	<sup>15</sup> N-L	273,0	177,7	35,4	25,2	0,26	14,7	8,9
% <i>Ndff</i> (1)*	<sup>15</sup> N-G	7,05	7,16	1,34	2,27	0,89	1,16	1,57
	<sup>15</sup> N-L	4,04	4,37	2,93	4,33	3,75	2,61	3,27
mg <sup>15</sup> N z mocznika (2)*	<sup>15</sup> N-G	20,31	15,56	0,34	0,54	0,001	0,17	0,17
	<sup>15</sup> N-L	11,02	7,76	1,03	1,04	0,01	0,40	0,29
<i>WW<sub>n</sub></i> (3)*	<sup>15</sup> N-G	40,6	31,1	0,7	1,1	0,002	0,3	0,3
	<sup>15</sup> N-L	22,0	15,5	2,1	2,1	0,02	0,8	0,6

\*- parametry wyliczone wg wzorów podanych w metodyce.

niezależnie od sposobu podawania N oraz badanego gatunku, zasadnicza część azotu zastosowana w nawożeniu pogłównym przemieszczana jest do nasion.

Największe procentowe udziały azotu znakowanego, pochodzącego z dokarmiania roślin w przypadku ziarna pszenicy występują, w roślinach nawożonych N doglebowo, w nasionach pędów głównych i bocznych (Tabela 2) Znacznie mniej znajduje się w pozostałych analizowanych organach tj. w słomie, osadkach i plewach. Procentowe wartości *Ndff* dla ziarna pszenicy z obiektów dokarmianych dolistnie są znacznie mniejsze w porównaniu z dokarmianymi doglebowo.

Wykorzystanie azotu mocznika w plonie ziarna pszenicy było wysokie, szczególnie w przypadku doglebowego dokarmiania N i wynosiło 71%. Dokarmianie dolistne roślin tym składnikiem, okazało się znacznie gorsze. Wartości

współczynnika wykorzystania azotu dla ziarna z tych obiektów były blisko połowę niższe i wynosiły 37% (Tabela 2).

Oznaczone dla ziarna pszenicy wykorzystanie azotu mocznika mieści się w przedziale wartości uzyskanych we wcześniejszych badaniach przez autorkę i in. [8], Skibę i in. [13,14] oraz Rutkowską [12]. W badaniach wymienionych autorów pszenica ozima, podobnie jak w prowadzonych przez autorkę badaniach własnych, efektywniej wykorzystywała azot z dawek doglebowych niż dolistnych. Zastanawiające jest słabe, około dwukrotnie niższe, wykorzystanie N z dawek dolistnych, szczególnie przez ziarno, w porównaniu z dawkami doglebowymi (Tabela 2). Wskazują na to wskaźniki wykorzystania azotu dla ziarna, przede wszystkim % wartości  $Ndff$  i współczynniki wykorzystania azotu ( $W/Wn$ ). Biorąc pod uwagę fakt szybkiego wchłaniania azotu mocznika przez liście [10] można przyjąć, że duża część azotu w krótkim czasie wniknęła do tkanek liści i łodyg i została w tych organach zablokowana i nie przemieszczona do ziarna. O ile mocznik szybko wnika do tkanek liści, to przemieszczanie tego składnika jest procesem bardzo powolnym [10,11] i prawdopodobnie doszło w roślinach do trwałej jego blokady w tkankach tych roślin. Wskazują na to, wyższe wskaźniki  $Ndff$  dla słomy roślin z obiektów dokarmianych N dolistnie, w porównaniu do analogicznych obiektów dokarmianych N doglebowo.

Tymczasem, przeprowadzone badania nad wykorzystaniem azotu przez bobik z zastosowaniem znakowanego  $^{15}N$ , potwierdziły wcześniejsze doniesienia autorki [6,7] o korzystniejszym wpływie dokarmiania dolistnego w porównaniu do doglebowego. Losy azotu  $^{15}N$  podawanego roślinom bobiku w formie mocznika dolistnie lub doglebowo wyglądają trochę inaczej niż w przypadku pszenicy ozimej. Główna pula  $^{15}N$  pochodząca z mocznika, podobnie jak w pszenicy, gromadzona jest w nasionach (Tabela 3). Różnica zasadnicza polega na tym, że w nasionach roślin bobiku dokarmianych dolistnie gromadzona jest większa ilość znakowanego N niż w nasionach z obiektów dokarmianych doglebowo. Z tego wniosek, że korzystniejszą formą dokarmiania bobiku, jak już wcześniej donosiła autorka [6,7] było dolistne nawożenie tych roślin mocznikiem.

Azot podany dolistnie roślinom bobiku, jak wykazały wcześniejsze badania Wojcieszkiej i in. [17] oraz autorki [6] prawdopodobnie w mniejszym stopniu, w porównaniu z doglebowym, hamował symbiotyczne wiązanie  $N_2$  oraz likwidował niedobory tego składnika w tym okresie, stanowiąc uzupełnienie N związanego symbiotycznie [5,6], co w konsekwencji prowadziło do lepszej efektywności wykorzystania tego składnika z dawek dolistnych.

O korzystniejszym wpływie N z dawek dolistnych, w przeprowadzonych badaniach świadczą wskaźniki  $\%Ndff$  (Tabela 3), których wartości dla poszczególnych organów w przypadku tej rośliny układają się korzystniej dla dokarmiania dolistnego niż doglebowego. Siła nasion, największych akceptorów składników odżywczych była większa dla dolistnego dokarmiania N mocznikiem. Dlatego też nasiona roślin bobiku dokarmianych mocznikiem gromadziły więcej azotu w porównaniu z nasionami roślin dokarmianymi tym składnikiem doglebowo.

Oznaczone dla nasion bobiku, wykorzystanie azotu mocznika wynosi 26-28% (Tabela 3), wyższe wartości dla dolistnego dokarmiania N i mieści się w przedziałach wartości uzyskanych dla roślin strączkowych przez Muraokę i in. [10]. Niskie wykorzystanie azotu z dokarmiania związane jest z tym, iż roślina ta zaopatrywała się głównie w ten składnik w wyniku symbiotycznego wiązania  $N_2$  a azot mocznika stanowił tylko uzupełnienie.

**T a b e l a 3.** Plony, pobranie N-ogólnego,  $\%Ndff$ , akumulacja  $^{15}N$  mocznika oraz współczynniki wykorzystania N ( $WW_n$ ) dla poszczególnych organów roślin bobiku

**T a b l e 3.** Yield, N total uptake,  $\%Ndff$ ,  $^{15}N$  accumulation of urea and nitrogen utilization coefficients for different organs of faba bean plants

Parametr	Obiekt	Organy roślin				
		nasiona	liście	lodygi	lupiny	korzenie
Plon w g na wazon	$^{15}N-G$	71,2	26,1	44,2	23,3	5,2
	$^{15}N-L$	78	23,8	46,4	26,3	5,9
Pobranie N w mg N na wazon	$^{15}N-G$	2841	463	195	193	51
	$^{15}N-L$	3086	457	176	192	77
$\% Ndff(1)^*$	$^{15}N-G$	24,5	3,7	4,5	3,2	7,9
	$^{15}N-L$	25,3	5,9	4,0	3,4	4,1
mg $^{15}N$ z mocznika (2)*	$^{15}N-G$	66,97	17,08	8,64	6,17	4,01
	$^{15}N-L$	71,02	26,58	6,96	6,50	3,08
$WW_n(3)^*$	$^{15}N-G$	26,79	6,83	3,46	2,47	1,60
	$^{15}N-L$	28,41	10,63	2,78	2,60	1,23

\*- parametry wyliczone wg wzorów podanych w metodyce.

## WNIOSKI

1. Efektywność wykorzystania azotu mocznika  $^{15}\text{N}$  zależy od gatunku uprawianej rośliny. Pszenica ozima w plonie nasion znacznie lepiej wykorzystuje azot mocznika w porównaniu z bobikiem.

2. Efektywność wykorzystania azotu w pszenicy jest większa z dawek doglebowych niż dolistnych, a w przypadku bobiku odwrotnie, nieco lepiej ten składnik jest wykorzystywany z dawek dolistnych niż doglebowych.

## PIŚMIENNICTWO

1. Alexander A.: Optimum timing of foliar nutrient sprays. In: Foliar fertilization (Ed. A. Alexander). Berlin, Martinus Nijhoff Publ., 44-60, 1986.
2. Gąsowski A., Ostrowska D.: Klucz do oznaczania stadiów rozwojowych niektórych roślin rolniczych. Wyd. SGGW, Warszawa, 1993.
3. Hardarson G., Danso S.K.A., Zapata F., Reichard K.: Measurements of nitrogen fixation in faba bean at different N fertilizer rates using the  $^{15}\text{N}$  isotope dilution and: A-value methods. Plant and Soil, 131, 161-168, 1991.
4. Kalembasa S.: Zastosowanie izotopów  $^{15}\text{N}$  i  $^{13}\text{N}$  w badaniach gleboznawczych i chemiczno-rolniczych. Wyd. Nauk.-Techn., Warszawa, 1995.
5. Kocoń A.: Reakcje roślin bobiku na stres azotowy: Ekofizjologiczne aspekty reakcji roślin na działanie abiotycznych czynników stresowych (Eds S. Grzesiak, Z. Miszalski). PAN. Kraków, 305-310, 1996.
6. Kocoń A.: Wskaźniki symbiotycznego wiązania  $\text{N}_2$  w zależności od zróżnicowanego sposobu żywienia bobiku azotem. Fragmenta Agronomica, 2, 50-61, 1999.
7. Kocoń A.: Wpływ żywienia azotem na plon nasion i wykorzystanie potencjału plonotwórczego bobiku. Bibliotheca Fragmenta Agronomica, 8, 125-134, 2000.
8. Kocoń A., Skiba T., Sykut M., Próchniak A.: Wykorzystanie azotu stosowanego dolistnie lub doglebowo w plonie pszenicy jarej i ozimej. Fragmenta Agronomica, 4, 90-99, 1999.
9. Kubsik K.: Produkcyjna i ekonomiczna ocena technik stosowania nawozów azotowych w pszenicy ozimej i jęczmieniu jarym. Fragmenta Agronomica, 1, 98-107, 2000.
10. Muraoka T., Daghlian C., Boaretto A.E., Matsui E.: Absorption and translocation of foliar applied urea  $^{15}\text{N}$  in bean plants. Proceeding of a symposium Vienna 1990 Stable isotopes in plant nutrition, soil fertility and environmental studies, 411-413, 1991.
11. Palta J.A., Fillery I.R., Mathews E.L., Turner N.C.: Assessing the use of  $^{15}\text{N}$ - $^{13}\text{C}$ - urea for studying the long term storage and remobilization of carbon and nitrogen in wheat. Proceeding of a symposium Vienna 1990 Stable isotopes in plant nutrition, soil fertility and environmental studies, 441-452, 1991.
12. Rutkowska A.: Efektywność późnych dawek azotu w nawożeniu pszenicy jakościowej. Pamiętnik Puławski, 130/II, 647-652, 2002.
13. Skiba T.: Akumulacja azotu nawozowego w pszenicy jarej. Pamiętnik Puławski, 69, 109-118, 1978.
14. Skiba T., Próchniak A., Sykut M.: Zastosowanie  $^{15}\text{N}$  w badaniach nad doglebowym i dolistnym nawożeniem roślin. Mat. Miedzy. Konf. Nauk. Nauki rolnicze w warunkach integracji europejskiej, ART., Olsztyn, II, 140-146, 1995.



15. Stankowski S., Piech M., Podolska G., Mazurek J.: Wpływ różnych sposobów nawożenia azotem na jakość ziarna odmian pszenicy ozimej. Pamiętnik Puławski, 118, 405-413, 1999.
16. Sulek A., Cacak-Pietrzak G., Ceglińska T., Haber T.: Wartość technologiczna wybranych odmian pszenicy jarej w zależności od sposobu nawożenia azotem. Pamiętnik Puławski, 130/II, 709-718, 2002.
17. Wojcieszka U., Kocoń A.: Reaction of faba bean plants to soil and foliar N application and K nutrition. Acta Physiologiae Plantarum, 19, 1, 23-28, 1997.

## EFFICIENCY OF NITROGEN UTILIZATION FROM UREA ( $^{15}\text{N}$ ) APPLIED TO SOIL OR LEAVES BY WINTER WHEAT AND FAB BEAN PLANTS

*A. Kocoń*

Department of Plant Nutrition and Fertilization, Institute of Soil Science and Plant Cultivation  
8 Czartoryskich str., 24-100 Puławy, Poland; e-mail: [akocon@iung.pulawy.pl](mailto:akocon@iung.pulawy.pl)

**S u m m a r y.** The paper presents results of a pot experiment (conducted in 1997) on the utilization of nitrogen –  $^{15}\text{N}$  labeled urea by winter wheat cv. Kobra and faba bean cv. Nadwiślański were studied. The fertilizer was applied either to soil or to leaves of the experimental plants. Better utilization of N with urea showed winter wheat in comparison to faba bean. Fertilization efficiency of N from urea in wheat was higher when applied to the soil. However the results were contrary in the case of faba bean plants. The best results were found in the objects where urea was applied to leaves.

**K e y w o r d s:** nitrogen utilization,  $^{15}\text{N}$  labeled urea, winter wheat, faba bean

