

Instytut Agronomii, Akademia Podlaska
ul. B. Prusa 14, 08-110 Siedlce, e-mail: laki@ap.siedlce.pl

GRAŻYNA ANNA CIEPIELA, ROMAN KOLCZAREK,
JOLANTA JANKOWSKA, KAZIMIERZ JANKOWSKI

Efektywność nawożenia runi łąkowej azotem stosowanym w nawozie płynnym i stałym

The efficiency of meadow fertilization with nitrogen applied in the liquid
and solid fertilizer

Streszczenie. W latach 1999–2001 w ścisłym doświadczeniu polowym badano reakcje runi łąkowej na nawożenie roztworami mocznika o 20, 30 i 40% stężeniu, w odniesieniu do nawożenia saletrą amonową w formie stałej. Badania prowadzono w aspekcie efektywności nawożenia azotem runi łąkowej. Uzyskane w pracy wyniki wskazują, że wzrastające dawki azotu w sposób istotny zwiększały pobranie azotu z plonem roślin. Najwięcej tego składnika pobrała runi nawożona 40% roztworem mocznika. Efektywność rolnicza i fizjologiczna nawożenia runi azotem istotnie malała wraz ze wzrostem dawki azotu. Ponadto większą efektywność rolniczą i mniejszą efektywność fizjologiczną uzyskano pod wpływem stosowania płynnej formy nawozu. Wykorzystanie azotu z nawozów nie zmieniło się istotnie pod wpływem zastosowanych w doświadczeniu dawek azotu. Natomiast dolistne stosowanie azotu zwiększało wykorzystanie tego składnika w stosunku do nawożenia stałą formą nawozu. Wykorzystanie azotu z roztworu mocznika było o 8,1% większe niż z saletry amonowej.

Słowa kluczowe: nawozy azotowe, pobranie azotu, efektywność nawożenia, współczynnik wykorzystania azotu

WSTĘP

Elementem agrotechniki decydującym w najwyższym stopniu o wielkości i jakości plonów z użytków zielonych jest nawożenie. Szczególną rolę w tym zakresie przypisuje się nawozom azotowym. Azot modyfikuje właściwości morfologiczne i chemiczne roślin istotne z punktu widzenia ich plonowania i wartości paszowej. Jednakże pomimo wzrostu plonu pod wpływem większego nawożenia azotem zmniejsza się efektywność jego działania [Czapla 2000, Dembek 2001, Kitczak 1997]. Z tego względu nawożenie azotem należy optymalizować w zakresie wielkości dawki i doboru formy nawozu.

Do pogłównego nawożenia łąk i pastwisk wykorzystuje się przeważnie tradycyjne nawozy w formie stałej. Dowiedzione w badaniach naukowych korzystne działanie dolistnego dokarmiania azotem kukurydzy [Kruczek 2000a, Kruczek i Szulc 2000] zachęca do sprawdzenia reakcji runi łąkowej na ten sposób nawożenia.

Z doświadczeń Czuby [1993a, 1993b] oraz Świerczewskiej i Sztuder [1997] wynika, że spośród nawozów azotowych najlepsze efekty w dolistnym nawożeniu daje mocznik. Autorzy ci stwierdzili, że nawóz ten jako łatwo rozpuszczalny w wodzie jest najszybciej pobierany przez rośliny po zastosowaniu dolistnym.

Skuteczność nawożenia roślin azotem zdaniem wielu autorów [Fotyma 1997, Korona i in. 1994, Kruczek i Szulc 2000, Małecka i Blecharczyk 2005] powinna być wyrażana nie tylko zmianami ilościowymi i jakościowymi plonu użytecznego, ale także za pomocą innych mierników. Zalicza się do nich: efektywność rolniczą – przyrost plonu na jednostkę N zastosowanego w nawozach, efektywność fizjologiczną – zdolność rośliny do przetwarzania azotu pobranego z gleby i nawozów na polon użytkowy, wykorzystanie azotu z nawozów – ilość azotu pobranego przez roślinę na jednostkę azotu zastosowanego w nawozach.

Wymienione wskaźniki pomimo dużej przydatności nie są zbyt często stosowane w badaniach nad efektywnością nawożenia. Wykorzystując wyniki uzyskane w doświadczeniu nad nawożeniem runi łąkowej azotem stosowanym w nawozie płynnym i stałym, i posługując się wspomnianymi miernikami, podjęto próbę oceny skuteczności tego nawożenia.

MATERIAŁ I METODY

Badania polowe prowadzono w latach 1999–2001 na łące trwałej. Doświadczenie założono na glebie gruntowo-glejowej właściwej wytworzonej z piasku słabo gliniastego na glinie średniej pylastej. Gleba ta charakteryzowała się wysoką zawartością N ogólnego ($4,5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$), średnią zawartością magnezu ($51 \text{ mg Mg w kg gleby}$), bardzo niską fosforu ($34 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ w kg gleby}$) i potasu ($30 \text{ mg K}_2\text{O w kg gleby}$) oraz zasadowym odczynem ($\text{pH w 1n KCL} = 7,15$).

Doświadczenie założono wiosną 1999 r. w czterech powtórzeniach w układzie split-plot na poletkach o powierzchni 9 m^2 . Uwzględniono następujące czynniki badawcze (tab. 1): dawka azotu, forma nawozu azotowego.

Pierwszy odrost na wszystkich poletkach, z wyjątkiem obiektów kontrolnych (bez nawożenia), nawożono Polifoską 15 w ilości $400 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, wnosząc do gleby po 60 kg N, P, i K . Drugi i trzeci odrost nawożono wyłącznie azotem według schematu zamieszczonego w tabeli 1.

W każdym sezonie wegetacyjnym zbierano trzy pokosy. Bezpośrednio po skoszeniu wazono zielonkę z każdego poletka i pobierano po $0,5 \text{ kg}$ próby zielonej masy w celu ustalenia plonu suchej masy, a następnie wykonania analiz chemicznych. Zawartości azotu ogólnego w materiale roślinnym oznaczono metodą Kjeldahla. Na podstawie plonów suchej masy przedstawionych w publikacji Jodełki i in. [2005] i zawartości N ogólnego w materiale roślinnym [Jankowski i Nowak 2002] obliczono pobranie tego składnika z plonem i wskaźniki efektywności nawożenia. Wskaźniki efektywności nawożenia obliczono według wzorów [Fotyma i Mercik 1995]:

$$E_r = (Y_N - Y_0)/N$$

$$E_f = (Y_N - Y_0)/(P_N - P_0)$$

$$W = (E_r/E_f) \times 100$$

gdzie: E_r – efektywność rolnicza,
 E_f – efektywność fizjologiczna,
 W – wykorzystanie azotu,
 Y_N – plon w obiekcie z zastosowaną dawką azotu,
 Y_0 – plon w obiekcie kontrolnym bez azotu,
 N – wniesiona dawka azotu w obiekcie Y_N ,
 P_N – pobranie azotu z plonem roślin w obiekcie Y_N ,
 P_0 – pobranie azotu z plonem roślin w obiekcie kontrolnym Y_0 .

Wyniki doświadczenia opracowano statystycznie, wykorzystując analizę wariancji dla doświadczeń dwuczynnikowych wielokrotnych w układzie split-plot. W doświadczeniu zastosowano modele matematyczne zaproponowane do tego typu doświadczeń przez Trętowskiego i Wójcika [1991]. Istotność różnic pomiędzy średnimi charakteryzującymi badane czynniki oszacowano za pomocą testu Tukeya na poziomie istotności $\alpha \leq 0,05$.

Tabela 1. Schemat nawożenia runi łąkowej azotem
 Table 1. Scheme of nitrogen fertilization of meadow sward

Całkowita dawka N Total N dose (kg · ha ⁻¹)	Pokos – Cut				
	I	II		III	
	Polifoska 15* (kg · ha ⁻¹ N)	saletra** amonowa (forma stała) ammonium nitrate** (solid form)	roztwór*** mocznika (forma płynna) urea solution*** (liquid form) (kg · ha ⁻¹ N)	saletra** amonowa (forma stała) ammonium nitrate** (solid form)	roztwór*** mocznika (forma płynna) urea solution*** (liquid form) (kg · ha ⁻¹ N)
0	-	-	-	-	-
115,2	60	-	27,6 (20%)	-	27,6 (20%)
115,2	60	27,6	-	27,6	-
142,8	60	-	41,4 (30%)	-	41,4 (30%)
142,8	60	41,4	-	41,4	-
170,4	60	-	55,2 (40%)	-	55,2 (40%)
170,4	60	55,2	-	55,2	-

*Polifoska stosowana po ruszeniu wegetacji – Polifoska applied after beginning of vegetation

**Saletra amonowa stosowana bezpośrednio po zbiorze pierwszego i drugiego pokosu – Ammonium nitrate applied immediately after harvesting of first and second cut

***Mocznik stosowany w 12–14 dni po zbiorze pierwszego i drugiego pokosu, w nawiasach podano stężenie roztworu mocznika stosowanego zawsze w 300 dm³ wody · ha⁻¹ – Urea applied in 12–14 days after harvesting of first and second cut, in brackets has stated the concentration of urea solution applied always in 300 dm³ water · ha⁻¹

Tabela 2. Warunki meteorologiczne w latach 1999–2001 i średnia z lat 1987–1999 wg stacji meteorologicznej w Siedlcach; a) temperatura, b) opady
 Table 2. Meteorological condition in years 1999–2001 and mean from years 1987–1999 by meteorological station in Siedlce; a) temperature, b) rainfalls

Lata Years	Średnia dobowa temperatura powietrza Mean air temperatures (°C)						Średnia dobowa temperatura powietrza w okresie wegetacyjnym (IV–IX) Mean air temperatures in vegetative season (IV–IX) (°C)
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
1999	9,9	12,9	20,5	21,8	18,7	16,1	16,7
2000	12,9	16,4	19,5	19,0	19,1	11,8	16,3
2001	8,7	15,5	17,1	23,8	20,6	12,1	14,7
Średnia z lat 1987–1999 Mean from years 1987–1999	7,8	12,5	17,2	19,2	18,5	13,1	14,7

Lata Years	Suma miesięcznych opadów Monthly precipitations (mm)						Suma opadów w okresie wegetacyjnym (IV–IX) Sum precipitations in vegetative season (IV–IX) (mm)
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
1999	87,5	26,4	121,7	21,9	77,4	27,8	362,5
2000	47,5	24,6	17,0	155,9	43,6	61,1	349,7
2001	69,8	28,0	36,0	55,4	24,0	108,0	321,2
Średnia z lat 1987–1999 Mean from years 1987–1999	38,6	44,1	52,4	49,8	43,0	47,3	275,2

W czasie badań warunki pogodowe były zróżnicowane (tab. 2). Okres wegetacyjny 1999 r. charakteryzował się wyższymi w porównaniu z wieloleciami temperaturami powietrza (średnio o 2°C), jak również znacznie większą sumą opadów atmosferycznych (o 87,3 mm). Jednakże rozkład opadów w okresie wegetacyjnym był bardzo nierównomierny. Podobny układ warunków meteorologicznych w stosunku do średnich z wielolecia zanotowano w kolejnych latach. Należy jednak zaznaczyć, że w 2000 r. rozkład opadów był wyjątkowo niekorzystny dla wzrostu i rozwoju roślin łąkowych. Najmniej opadów, przy dość wysokich temperaturach powietrza, zanotowano w maju i czerwcu. Z kolei w lipcu opady trzykrotnie przewyższyły średnią z wielolecia dla tego miesiąca i stanowiły 44,5% sumy opadów w całym sezonie wegetacyjnym. Również w okresie wegetacji w 2001 r. suma opadów była większa niż średnia z wielolecia. Jednakże w maju, czerwcu i sierpniu opady były znacznie mniejsze od średniej z wielolecia, a temperatury powietrza (w maju i sierpniu) wyższe.

WYNIKI I DYSKUSJA

Pobranie azotu z plonem runi łąkowej było zróżnicowane i zależało od zastosowanego w doświadczeniu nawożenia, a mianowicie od dawki azotu i formy fizycznej nawozu azotowego. Większe pobranie tego składnika stwierdzono przy nawożeniu formą płynną niż stałą, chociaż nie dla wszystkich kombinacji, w poszczególnych latach badań różnice te były udowodnione statystycznie (tab. 3). Należy także podkreślić, że niezależnie od formy nawozu pobranie N z plonem było zawsze wyższe od ilości tego pierwiastka dostarczonego roślinom w nawozach. Ponadto stwierdzono, że wzrastające dawki azotu w sposób istotny zwiększały pobranie azotu z plonem roślin. Najwięcej tego składnika, biorąc pod uwagę średnią z lat, pobrała ruń nawożona 40% roztworem mocznika ($204,9 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$). Uzyskane wyniki znajdują potwierdzenie w badaniach Ciepeli [2004], gdzie wykazano, że pobranie azotu z plonem traw rośnie w miarę wzrostu dawki azotu i jest większe przy nawożeniu roztworem mocznika niż saletrą amonową stosowaną w formie stałej.

Pobranie azotu przez ruń łąkową było największe w 2001 r. Było to spowodowane najlepszym w badanym trzyleciu plonowaniem roślin i największą ich zasobnością w azot ogólny. Przyczyny tego stanu rzeczy nie należy jednak upatrywać w warunkach meteorologicznych, bowiem ilość opadów atmosferycznych w tym sezonie wegetacyjnym była mniejsza niż w latach poprzednich (tab. 2). Natomiast mogło to być związane ze zmianami w składzie botanicznym runi łąki odłogowanej przez 20 lat, jakie zaszły pod wpływem zastosowanego w doświadczeniu nawożenia mineralnego. Skład botaniczny badanej runi łąkowej został zamieszczony w pracy Jodelki i in. [2005]. Z przedstawionych przez autorów danych wynika, że w 2001 r. udział wartościowych traw, takich jak: *Dactylis glomerata*, *Festuca pratensis*, *Arrhenatherum elatius*, *Poa pratensis* i *Festuca rubra*, wzrósł w porównaniu z 1999 r. średnio o 28%, a udział ziół i chwastów zmniejszył się o 18,5%. Wymienione gatunki dobrze reagują na nawożenie azotem, zwiększając tym samym plon suchej masy i pobranie tego składnika z gleby i nawozów.

Miarą skuteczności nawożenia roślin azotem jest efektywność rolnicza wyrażona przyrostem plonu na jednostkę azotu zastosowanego w nawozach. W trzyletnim okresie badań (tab. 4) wartość tego wskaźnika kształtowała się w granicach od $19,1 \text{ kg s.m.} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ N}$ (1999 – $170,4 \text{ kg N ha}^{-1}$ – forma stała) do $39,0 \text{ kg s.m.} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ N}$ (2001 – $115,2 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ – forma płynna). Zastosowane w doświadczeniu dawki i formy azotu nie zawsze istotnie różnicowały wielkość tego parametru. Jednakże średnie wyniki z trzech lat badań wskazują, że efektywność rolnicza nawożenia runi łąkowej dawką $115,2$ i $170,4 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$ była wyższa w warunkach stosowania roztworu mocznika. Natomiast biorąc pod uwagę średnią z dawek azotu i lat badań należy stwierdzić, że efektywność nawożenia roztworem mocznika była niewiele większa niż saletrą amonową, jednak różnica między tymi średnimi była udowodniona statystycznie. Również Jodelka i in. [2001] wykazali, że dolistne nawożenie runi łąkowej roztworem mocznika (10%) zwiększa efektywność rolniczą nawożenia azotem w porównaniu z taką samą dawką tego składnika zastosowanego w saletrze amonowej w formie stałej. Podobne efekty uzyskano przy nawożeniu azotem traw w uprawie polowej, stosowanym w nawozie płynnym i stałym [Ciepela 2004] oraz kukurydzy [Kruczek 2000a]. Z kolei z innych badań [Kruczek i Szulc 2000] wynika, że forma fizyczna nawozu azotowego nie wpływa na efektywność rolniczą nawożenia azotem kukurydzy. Analizując efektywność rolniczą nawożenia azotem badanej runi łąkowej w zależności od dawki tego składnika można stwierdzić, że wartość tej efektywności istotnie malała wraz ze wzrostem poziomu nawożenia. Otrzymane wyniki są zgodne z wynikami uzyskanymi przez Kitzaka [1997] dla stokłósy obiedkowatej.

Tabela 3. Pobranie azotu przez ruń łąkową ($\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$) w zależności od formy nawozu azotowego, dawki azotu i lat badań
 Table 3. Nitrogen uptake by meadow sward depending on form of nitrogenous fertilizer, nitrogen dose and investigated years ($\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$)

Lata Years	Dawka azotu – N dose ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)												Średnia Mean		Forma nawozu Form of fertilizer	
	115,2				142,8				170,4							
	0		forma nawozu form of fertilizer		średnia mean		forma nawozu form of fertilizer		średnia mean		forma nawozu form of fertilizer		średnia mean			
	P	S	P	S	P	S	P	S	P	S	P	S	P	S		
1999	87,8	153,0	148,7	171,2	171,1	171,2	171,2	191,0	188,8	189,9	189,9	171,7	169,6			
2000	90,8	159,1	158,4	178,8	177,9	178,4	196,9	192,3	194,6	155,6	178,3	176,2				
2001	68,3	198,9	187,5	213,3	210,6	212,0	226,8	225,0	225,9	174,8	213,0	207,7				
Średnia Mean	82,3	170,3	164,8	167,6	186,5	187,2	204,9	202,1	203,5	160,1	187,7	184,5				
NIR $p \leq 0,05$ dla – LSD $p \leq 0,05$ for: formy – form (A) – 3,0 dawki – dose (B) – 16,2 lat – years (C) – 19,0																
współdziałania – interaction (A × B) – 1,2 (A × C) – 2,0 (B × C) – 13,8 (A × B × C) – 1,7																

Objaśnienia: P – płynna; S – stała; Explanation: P – liquid S – solid

Tabela 4. Efektywność rolnicza nawożenia azotem runi łąkowej
(kg s. m. · kg⁻¹ N) w zależności od formy nawozu azotowego, dawki azotu i lat badań
Table 4. Agricultural efficiency of nitrogen fertilization of meadow sward depending on form
of nitrogenous fertilizer, nitrogen dose and investigated years (kg d.m. · kg⁻¹ N)

Dawka azotu N dose (kg · ha ⁻¹)	Forma nawozu Form of fertilizer	Lata – Years			Średnia Mean
		1999	2000	2001	
115,2	P	24,8	24,0	39,0	29,3
	S	19,2	22,3	38,5	26,7
	średnia – mean	22,0	23,2	38,8	28,0
142,8	P	23,0	23,9	33,5	26,8
	S	20,8	23,6	35,2	26,5
	średnia – mean	21,9	23,7	34,4	26,7
170,4	P	20,6	23,6	31,8	25,3
	S	19,1	21,6	31,4	24,0
	średnia – mean	19,9	22,6	31,6	24,7
Średnia Mean	P	22,8	23,9	34,8	27,1
	S	19,7	22,5	35,0	25,7
Średnia – Mean		21,2	23,2	34,9	26,4
NIR p ≤ 0,05 dla: – LSD p ≤ 0,05 for: formy – form (A) – 1,3 dawki – dose (B) – 1,2 lat – years (C) – 1,8				współdziałania – interaction (A × B) – 1,2 (A × C) – 1,3 (B × C) – 1,0 (A × B × C) – 1,4	

Objaśnienia jak w tabeli 3 – Explanations like in Table 3

Tabela 5. Efektywność fizjologiczna nawożenia azotem runi łąkowej
(kg s. m. · kg⁻¹ N pobranego) w zależności od formy nawozu azotowego, dawki azotu i lat badań
Table 5. Physiological efficiency of nitrogen fertilization of meadow sward depending on form of
nitrogenous fertilizer, nitrogen dose and investigated years (kg d.m. · kg⁻¹ N absorbed)

Dawka azotu N dose (kg · ha ⁻¹)	Forma nawozu Form of fertilizer	Lata – Years			Średnia Mean
		1999	2000	2001	
115,2	P	36,6	37,7	40,0	38,1
	S	43,8	41,0	41,7	42,2
	średnia – mean	40,2	39,3	40,8	40,1
142,8	P	35,6	38,3	35,4	36,4
	S	39,3	39,2	37,4	38,6
	średnia – mean	37,5	38,7	36,4	37,5
170,4	P	31,6	36,2	34,1	34,0
	S	34,7	38,0	34,2	35,6
	średnia – mean	33,2	37,1	34,2	34,8
Średnia Mean	P	34,6	37,4	36,5	36,2
	S	39,3	39,4	37,8	38,8
Średnia – Mean		36,9	38,4	37,1	37,5
NIR p ≤ 0,05 dla: – LSD p ≤ 0,05 for: formy – form (A) – 2,5 dawki – dose (B) – 2,5 lat – years (C) – 1,4				współdziałania – interaction (A × B) – 1,5 (A × C) – 1,1 (B × C) – 1,5 (A × B × C) – 1,6	

Objaśnienia jak w tabeli 3 – Explanations like in Table 3

Tabela 6. Wykorzystanie azotu przez run łąkową (%) w zależności od formy nawozu azotowego, dawki azotu i lat badań

Table 6. Nitrogen use by meadow sward (%) depending on form of nitrogenous fertilizer, nitrogen dose and investigated years

Dawka azotu N dose (kg · ha ⁻¹)	Forma nawozu Form of fertilizer	Lata Years			Średnia Mean
		1999	2000	2001	
115,2	P	67,8	63,8	97,4	76,3
	S	43,8	54,4	92,4	63,5
	średnia – mean	55,8	59,1	94,9	69,9
142,8	P	64,5	62,4	94,7	73,9
	S	52,9	60,3	94,2	69,1
	średnia – mean	58,7	61,3	94,7	71,5
170,4	P	65,2	65,2	93,2	74,5
	S	55,1	56,8	91,8	67,9
	średnia – mean	60,1	61,0	92,5	71,2
Średnia Mean	P	65,8	63,8	95,1	74,9
	S	50,6	57,2	92,8	66,8
Średnia – Mean		58,2	60,5	94,0	70,9
NIR p ≤ 0,05 dla – LSD p ≤ 0,05 for: formy – form (A) – 7,9 dawki – dose (B) – n.s. lat – years (C) – 33,4			współdziałania – interaction (A × B) – 4,7 (A × C) – 2,2 (B × C) – n.s. (A × B × C) – 2,0		

n.s. – różnica nieistotna – differences not significant

Inne objaśnienia jak w tabeli 3 – Other explanations like in Table 3

Efektywność fizjologiczna rozumiana jako przyrost plonu na jednostkę azotu pobranego przez rośliny z gleby i nawozów jest miarą zdolności roślin do przetwarzania pobranego azotu na plon użytkowy i świadczy o wydajności procesów gospodarowania tym pierwiastkiem w roślinie. Efektywność fizjologiczna nawożenia azotem była większa niż rolnicza, co świadczy o tym, że run łąkowa dobrze przetwarzała pobrany azot na plon. Szczegółowa analiza wartości tego wskaźnika, uwzględniająca współdziałanie form nawozu, dawek azotu i lat badań, wykazała, że dla większości kombinacji wartość ta była istotnie niższa w warunkach nawożenia runi roztworami mocznika i malała w miarę wzrostu dawki azotu (tab. 5). Brak danych w literaturze przedmiotu dotyczących efektywności fizjologicznej nawożenia runi łąkowej azotem uniemożliwia wnikliwą dyskusję na ten temat. Jednakże badania dotyczące nawożenia azotem traw w uprawie polowej [Ciepiela 2004] i kukurydzy [Fotyma1994] wskazują, że efektywność fizjologiczna tego nawożenia maleje w miarę wzrostu dawki azotu. Udowodniony w badaniach własnych spadek efektywności fizjologicznej nawożenia runi łąkowej roztworem mocznika w porównaniu z nawożeniem saletrą amonową znajduje potwierdzenie w literaturze. Z badań Kruczka [2000a] wynika, iż mniejszą wartość tego parametru dla kukurydzy uzyskuje się przy nawożeniu dolistnym roztworem mocznika niż przy nawożeniu doglebowym tym nawozem w formie stałej. Podobne zależności wykazano rów-

nież w uprawie traw na gruntach ornych [Ciepiela 2004]. Zdaniem Kocoń [2003] mniej efektywne przetwarzanie pobranego azotu z roztworów mocznika na plon może być wynikiem szybkiego wchłaniania azotu przez liście, co powoduje, że duża jego ilość w krótkim czasie wnika do tkanek liści i łodyg. Wysokie stężenie azotu w tych organach może prowadzić do ich częściowej destrukcji. Dlatego też nie wszystkiej azot pobrany z roztworu mocznika może być wykorzystywany w dalszych przemianach metabolicznych, bowiem część tego składnika może ulec trwałej blokadzie. Wskazuje na to udowodniona przez autorkę większa zawartość znakowanego azotu w słomie pszenicy ozimej z obiektów dokarmianych dolistnie azotem w porównaniu z analogicznymi obiektami nawożonymi doglebowo.

Wykorzystanie azotu z nawozów wyraża skuteczność jego pobrania przez rośliny i jest określane jako stosunek azotu pobranego do azotu zastosowanego w nawozach. Uzyskane w badaniach własnych wyniki wskazują, że wartość tego współczynnika zależała od formy nawozu i lat badań. Natomiast dawki azotu nie miały istotnego wpływu na wykorzystanie tego składnika przez runię łąkową (tab. 6). Fakt ten nie znajduje potwierdzenia w publikacjach innych badaczy [Nielsen i in. 1988, Fotyma i in. 1992, Fotyma 1994, Szmigiel 1998, Kruczek 2000b]. Zdaniem tych autorów wykorzystanie azotu przez kukurydzę maleje w miarę wzrostu dawki tego składnika. Biorąc pod uwagę zastosowane w doświadczeniu formy nawozu należy stwierdzić, że azot aplikowany dolistnie, w każdej dawce, był lepiej wykorzystywany przez rośliny niż dostarczany w nawozie stałym. Wykorzystanie azotu z saletry amonowej było średnio o 8,1% mniejsze niż z roztworu mocznika. Ponadto należy podkreślić, że największą wartość tego współczynnika dla wszystkich dawek azotu i form nawozu azotowego zanotowano w 2001 r. (średnio 94%).

WNIOSKI

1. Badana runię łąkowa nawożona roztworami mocznika pobierała z gleby i nawozu więcej azotu niż nawożona saletrą amonową w formie stałej. Pobranie tego składnika z plonem roślin zwiększało się w miarę wzrostu dawki azotu. Pobrany azot nie był jednak racjonalnie przetwarzany przez rośliny na biomasę, bowiem efektywność fizjologiczna nawożenia była mniejsza w warunkach stosowania roztworów mocznika i malała pod wpływem wzrastających dawek azotu.

2. Efektywność rolniczą nawożenia runię łąkowej azotem można zwiększyć, zastępując nawóz stały (saletrę amonową) roztworem mocznika. Jednakże, niezależnie od formy fizycznej nawozu, produktywność 1 kg azotu maleje wraz ze wzrostem dawki azotu.

3. Współczynnik wykorzystania azotu z nawozów przez runię łąkową był wyższy przy nawożeniu roztworami mocznika niż przy nawożeniu saletrą amonową. Stosowane w doświadczeniu dawki azotu nie miały istotnego wpływu na wielkość tego parametru.

PIŚMIENNICTWO

Ciepiela G. A., 2004. Reakcja wybranych gatunków traw na nawożenie azotem stosowanym w roztworze mocznika i w saletrze amonowej. Rozpr. nauk., 76, Wyd. AP, Siedlce.

- Czapla J., 2000. The effects of nitrogen and potassium fertilization on yield and quality of rescue-grass grown on arable land. Part 1. Yield and content of some nitrogen forms. *Natur. Sci.*, 5, 83–94.
- Czuba R., 1993a. Efekty dolistnego dokarmiania roślin uprawnych. Cz. I. Reakcje roślin na dolistne stosowanie azotu. *Rocz. Glebozn.*, 44, 3/4, 69–78.
- Czuba R., 1993b. Efekty dolistnego dokarmiania roślin uprawnych. Cz. II. Reakcja roślin na dolistne stosowanie mikroelementów i azotu łącznie z mikroelementami. *Rocz. Glebozn.* 44, 3/4, 79–87.
- Dembek R., 2001. Wpływ koniczyny białej i nawożenia azotem na plonowanie jej mieszanek z życią trwałą i zawartość azotu w runi. *Pam. Puł.*, 125, 57–64.
- Fotyma E., 1994. Reakcja roślin uprawy polowej na nawożenie azotem, III. Kukurydza. *Frag. Agron.*, (11), 4 (44), 20–35.
- Fotyma E., 1997. Efektywność nawożenia azotem podstawowych roślin uprawnych. *Frag. Agron.*, 1, 46–66.
- Fotyma E., Fotyma M., Pietraszak-Kęsik G., 1992. Wykorzystanie azotu z nawozów przez rośliny uprawy polowej. *Pam. Puł.*, 101, 7–33.
- Fotyma M., Mercik S., 1995. Nawożenie a technologie uprawy roślin. [W:] *Chemia rolna*, PWN, Warszawa, 233–295.
- Jankowski K., Nowak M., 2002. Wpływ azotu stosowanego dolistnie i doglebowo na plonowanie i niektóre cechy jakościowe runi łąkowej. *Zesz. Nauk. AP*, 62, 79–84.
- Jodełka J., Jankowski K., Ciepiela G.A., 2001. Ocena efektywności produkcyjnej różnych wariantów i sposobów nawożenia łąki trwałej. *Pam. Puł.*, 125, 439–444.
- Jodełka J., Jankowski K., Nowak M., 2005. Wykorzystanie różnych form nawozów azotowych do odnawiania zdegradowanego zbiorowiska łąkowego. *Frag. Agron.*, (22), 1 (85), 429–435.
- Kitczak T., 1997. Plonowanie lucerny siewnej (*Medicago sativa* L.) i stokłosa obiedkowatej (*Bromus unioloides* Humb. et Kunth) w siewie czystym i mieszanym w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotowego i nawadniania. *Biul. Oceny Odm.*, 29, 167–172.
- Kocój A., 2003. Efektywność wykorzystania azotu mocznika (^{15}N) stosowanego dolistnie lub doglebowo przez pszenicę ozimą. *Acta Agroph.*, 85, 55–63.
- Korona E., Budzyński W., Fedejko B., 1994. Rolnicza i energetyczna ocena różnych sposobów nawożenia azotem pszenżyta jarego. *Zesz. Nauk. AR Szczecin, Rol.*, 58, 162, 79–84.
- Kruczek A., 2000a. Wpływ wielkości dawki i dolistnego dokarmiania kukurydzy azotem i mikroelementami na wybrane wskaźniki efektywności nawożenia. *Frag. Agron.*, 3 (67), 5–17.
- Kruczek A., 2000b. Effectiveness of foliar fertilization of maize with nitrogen and micronutrients depending on the level of nitrogen supply. *Sci. Papers Agric.*, 2, 37–50.
- Kruczek A., Szulc P., 2000. Wpływ dolistnego stosowania mocznika na pobieranie i wykorzystanie azotu przez kukurydzę. *Frag. Agron.*, 3 (67), 18–29.
- Małecka I., Bleharczyk A., 2005. Efektywność nawożenia azotem w różnych systemach uprawy roli. *Frag. Agron.*, (22), 1 (85), 503–511.
- Nielsen N. E., Schjørring J. K., Jensen H. E., 1988. Efficiency of fertilizer nitrogen uptake by spring barley. [In:] *Nitrogen efficiency in agricultural soil*. Jenkinson D., Smith K. (ed.), *Els. App. Sci.*, London, New York, 62–72.
- Świerczewska M., Sztuder H., 1997. Stosowanie płynnych nawozów mineralnych w nowych systemach nawożenia roślin uprawnych. *Bibl. Frag. Agron.*, 3, 159–164.

- Szmigiel A., 1998. Badania nad plonowaniem roślin i wykorzystaniem azotu w zbożowym członie zmianowania na tle dawki i sposobu nawożenia. *Zesz. Nauk. AR Kraków*, 131.
- Trętowski J., Wójcik A.R., 1991. *Metodyka doświadczeń rolniczych*. Wyd. WSRP Siedlce, 331–334.

Summary. In years 1999–2001 in a field experiment the meadow sward reactions to fertilization with urea solutions of 20, 30 and 40% concentrations were studied in reference to fertilization with ammonium nitrate in the solid form. The investigations were conducted in the aspect of estimation of the efficiency of nitrogen fertilization of meadow sward. The obtained results show that increasing doses of nitrogen significantly increased the nitrogen uptake with the yield of plants. The majority of this component, the mean calculated during the research period, was taken by the sward fertilized with a 40% solution of the urea. Agricultural and physiological nitrogen fertilization efficiency of sward significantly decreased with the growth of nitrogen dose. Moreover, higher agricultural efficiency and lower physiological efficiency was obtained using a liquid form of fertilizer application. Nitrogen doses applied in the research did not cause significant changes in nitrogen utilization from fertilizers. The utilization of nitrogen with urea solutions was larger by 8.1% than with ammonium nitrate.

Key words: nitrogen fertilizers, nitrogen uptake, efficiency of fertilization, coefficient of nitrogen use