

Wykorzystanie azotu przez run łąkową zastosowanego w roztworze mocznika i w saetrze amonowej

G.A. CIEPIELA, J. JANKOWSKA, R. KOLCZAREK, K. JANKOWSKI

Instytut Agronomii, Akademia Podlaska w Siedlcach

The nitrogen use by the meadow sward applied in the urea solution and in ammonium nitrate

Abstract. The aim of led investigations was the comparison of nitrogen utilization by the meadow sward in depend on the dose of this component and the physical form of the nitrogenous fertilizer applied to the fertilization of the permanent meadow. The investigations were couried out in 1999–2001 on the permanent meadow located on the gley soil. Every year of investigations the first regrowth was fertilized with NPK in the quantity: N – 60 kg ha⁻¹, P – 60 kg ha⁻¹, K – 60 kg ha⁻¹. In the experience the control combination was also applied (without mineral fertilization). The second and third regrowth was fertilized exclusively with nitrogen, applying on individual regrowths the equal doses of this component (27.6; 41.4; 55.2 kg ha⁻¹). The nitrogen was delivered to the plants as foliar, apply respectively 20, 30 and 40% the urea solution in the volume 300 dm³ per hectare or top-dressing as ammonium nitrate in the solid form. The results obtained in the work showed that the applied in the experience the nitrogen doses hadn't the significant influence on the agricultural and physiological efficiency. However the higher value of those coefficients was got under the influence of applying of the urea solutions in the comparison with ammonium nitrate. Utilization of the nitrogen from the fertilizer carried out average 74.8% and it was higher in the conditions of fertilization with the urea solutions than by fertilization with ammonium nitrate.

Key words: nitrogen fertilizers, foliar fertilization, nitrogen uptake, agricultural efficiency, physiological efficiency, coefficient of the nitrogen use

1. Wstęp

Azot jest jednym z głównych pierwiastków plonotwórczych, stąd prawidłowe jego stosowanie wymaga poznania mierników określających wykorzystanie tego składnika z gleby i nawozu. W przedstawionym artykule podjęto próbę oceny skuteczności nawożenia runi łąkowej azotem stosowanym w nawozie płynnym i stałym. Zagadnienie dolistnej aplikacji mocznika zostało dość dobrze zbadane i opisane w wielu publikacjach (CZUBA, 1993a; 1993b; KORONA i wsp., 1994; MAŁECKA i BLECHARCZYK 2005; ŚWIERCZEWSKA i SZTUDER, 1997). Nie odnosi się to jednak do użytków zielonych. Niedostatek prac w literaturze przedmiotu z zakresu dolistnego nawożenia runi łąkowej azo-

tem stanowi przyczynek do zbadania efektywności tego nawożenia w odniesieniu do tradycyjnego, nawozem stałym.

Celem prowadzonych badań była ocena efektywności nawożenia azotem runi łąkowej w zależności od dawki tego składnika i formy fizycznej nawozu azotowego.

2. Materiał i metody

Prace badawcze przeprowadzono w latach 1999–2001 na terenie wsi Chodów nad rzeką Liwiec, koło Siedlec. Doświadczenie nawozowe o charakterze produkcyjnym założono w czterech powtórzeniach, w układzie split-plot na łące trwałej, nie użytkowanej rolniczo przez 20 lat. Łąka ta położona jest na glebie gruntowo-glejowej właściwej, która przed założeniem doświadczenia charakteryzowała się wysoką zawartością N-ogólnego (0,45%), średnią zawartością magnezu (5,1 mg Mg w 100 g gleby), bardzo niską fosforu (3,4 mg P₂O₅ w 100 g gleby) i potasu (3,0 mg K₂O w 100 g gleby) oraz zasadowym odczynem (pH w 1n KCL = 7,15).

Pierwszy wiosenny odrost po ruszeniu wegetacji na wszystkich poletkach z wyjątkiem obiektów kontrolnych (bez nawożenia) nawożono NPK w ilości:

- N – 60 kg ha⁻¹, w formie saletry amonowej,
- P – 60 kg ha⁻¹, w formie superfosfatu potrójnego,
- K – 60 kg ha⁻¹, w formie 60% soli potasowej.

Drugi i trzeci pokos nawożono wyłącznie azotem w zróżnicowanych dawkach i formach nawozu. W doświadczeniu uwzględniono następujące czynniki badawcze:

1. Dawka azotu stosowana na drugi i trzeci odrost: 0 (kontrola); 27,6 kg ha⁻¹; 41,4 kg ha⁻¹; 55,2 kg ha⁻¹.
2. Forma nawozu azotowego:
 - roztwór mocznika (RM), stosowany w objętości 300 dm³ ha⁻¹ o stężeniu: 20% (27,6 kg ha⁻¹ N); 30% (41,4 kg ha⁻¹ N); 40% (55,2 kg ha⁻¹ N),
 - saletra amonowa w formie stałej (SA) w ilości: 81,2 kg ha⁻¹ (27,6 kg ha⁻¹ N); 121,8 kg ha⁻¹ (41,4 kg ha⁻¹ N); 162,3 kg ha⁻¹ (55,2 kg ha⁻¹ N).

Ustalenie jednorazowej dawki azotu na drugi i trzeci odrost determinowały stężenia roztworów mocznika. Saletrę amonową stosowano 2–3 dni po zbiorze pierwszego i drugiego pokosu. Roztwór mocznika, ze względu na dolistny system oprysku aplikowano na drugi i trzeci odrost dopiero po wytworzeniu przez rośliny blaszek liściowych, czyli po 12–14 dniach od zbioru pierwszego i drugiego pokosu. Przy trzech odrostach łące dostarczano następujące ilości azotu: N₁ – 115,2 kg ha⁻¹, N₂ – 142,8 kg ha⁻¹, N₃ – 170,4 kg ha⁻¹.

W każdym sezonie zbierano trzy pokosy. Bezpośrednio po skoszeniu ważono zielonkę z każdego poletka i pobierano po 0,5 kg próby zielonej masy do określenia współczynnika podsuszenia i wyliczenia plonu suchej masy, a następnie do wykonania analiz chemicznych. Zawartości azotu ogólnego w materiale roślinnym oznaczono metodą Kjeldahla. Na podstawie plonów suchej masy runi łąkowej i zawartości N ogólnego w materiale roślinnym dokonano oceny skuteczności dolistnego i doglegowego nawożenia runi łąkowej azotem. Kryterium tej oceny stanowiły wskaźniki efektywności

nawożenia takie jak: efektywność rolnicza i fizjologiczna oraz wykorzystanie azotu z nawozów. Wskaźniki efektywności nawożenia obliczono według wzorów (FOTYMA i MERCIK 1995):

$$\begin{aligned}P &= Y \times Z_N \\E_r &= (Y_N - Y_0) / N \\E_f &= (Y_N - Y_0) / (P_N - P_0) \\W &= (E_r / E_f) \times 100\end{aligned}$$

gdzie:

- P – pobranie azotu z plonem roślin
- E_r – efektywność rolnicza
- E_f – efektywność fizjologiczna
- W – wykorzystanie azotu
- Y – plon roślin
- Z_N – zawartość 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

Wszystkie wskaźniki liczono w oparciu o sumę plonu z trzech pokosów, średnią z trzech pokosów zawartość azotu ogólnego i całkowitą (roczną) dawkę azotu.

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 Tuckey'a na poziomie istotności $\alpha \leq 0,05$.

W okresie prowadzenia badań warunki pogodowe były zróżnicowane (tab. 1). Okres wegetacyjny 1999 roku charakteryzował się wyższymi w porównaniu z wielolecie temperaturami powietrza (średnio o 2 °C), jak również znacznie wyższą 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 roku rozkład opadów był wyjątkowo niekorzystny dla wzrostu i rozwoju roślin łąkowych. Największy niedostatek wody przy dość wysokich temperaturach powietrza zanotowano w maju i czerwcu tego roku. Z kolei w lipcu 2000 roku opady trzykrotnie przewyższyły średnią z wielolecia i stanowiły 44,5% sumy opadów w całym sezonie wegetacyjnym. Najmniej opadów w badanym trzyleciu zanotowano w 2001 roku, jednak ich suma była wyższa niż w wielolecie. W maju, czerwcu i sierpniu tego roku opady były znacznie niższe od średniej z wielolecia, a temperatury powietrza (w maju i sierpniu) przewyższały tę średnią.

Tabela 1. Warunki meteorologiczne w latach 1999–2001 wg stacji meteorologicznej w Siedlcach
 Table 1. Meteorological condition in years 1999–2001 by meteorological station in Siedlce

Lata – Years	Średnie miesięczne dobowe temperatury powietrza Means air temperatures (°C)						Średnio w okresie wegetacyjnym Means in growing season
	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 wielolecia Means of many years (1987–1999)	7,8	12,5	17,2	19,2	18,5	13,1	14,7
Lata – Years	Sumy miesięcznych opadów Monthly precipitations (mm)						Suma w okresie wegetacyjnym Sum in growing season
	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 wielolecia Means of many years (1987–1999)	38,6	44,1	52,4	49,8	43,0	47,3	275,2

3. Wyniki i dyskusja

Nawożenie azotem od 0 do 170,4 kg ha⁻¹ w sposób istotny różnicowało pobranie tego składnika przez run łąkową i to niezależnie od formy nawozu azotowego (tab. 2). Stwierdzono również istotne współdziałanie dawek azotu i lat badań, polegające jedynie na różnej sile jego działania, przy podobnym kierunku zmian. Dlatego też wyniki tej interakcji wskazują, że wzrastające dawki azotu zwiększają pobranie tego składnika w każdym roku badań. Najmniej azotu wyniesiono z plonem roślin w 2000 roku. Można by sądzić, że było to spowodowane wyjątkowo nierównomiernym rozkładem opadów w sezonie wegetacyjnym tego roku (tab. 1). Niekorzystne warunki meteorologiczne mogły być przyczyną niższych w porównaniu do roku 2001 plonów suchej masy (tab. 3) i niższej, w odniesieniu do pozostałych lat badań zawartości azotu ogólnego w roślinach (tab. 4). Natomiast najwyższe pobranie azotu przez run rosnącą na nawożonych obiektach odnotowano w 2001 roku (ryc. 1). Przyczyn tego stanu rzeczy nie należy jednak upatrywać w warunkach meteorologicznych, bowiem ilość opadów atmosferycznych w tym sezonie była niższa w porównaniu do lat poprzednich. Prawdopodobnie było to wynikiem korzystnych zmian w składzie botanicznym runi łąkowej (wzrost procentowego udziału wartościowych gatunków traw), jakie zaszły pod wpływem nawożenia mineralnego. Skład botaniczny badanej runi został przedstawiony w pracy JODEŁKI i wsp., (2005).

Analizując pobranie azotu w zależności od formy nawozu azotowego przy określonej dawce tego składnika należy stwierdzić, że w wyniku tej interakcji istotnie więcej

Tabela 2. Pobranie azotu przez ruń łąkową (kg ha^{-1}) w zależności od formy nawozu azotowego, dawki azotu i lat badańTable 2. Nitrogen uptake by meadow sward depending on form of nitrogenous fertilizer, nitrogen dose and investigated years (kg ha^{-1})

Lata Years	Dawka azotu – N dose										Śred- nia Mean
	0	N ₁			N ₂			N ₃			
		Forma nawozu Form of fertili- zer		Śred- nia Mean	Forma nawozu Form of fertili- zer		Śred- nia Mean	Forma nawozu Form of fertili- zer		Śred- nia Mean	
RM	SA	RM	SA		RM	SA					
1999	87,8	183,8	162,3	173,0	194,8	189,3	192,0	211,9	208,9	210,4	165,8
2000	90,8	159,1	155,8	157,5	182,0	171,8	176,9	204,8	192,4	198,6	156,0
2001	68,3	171,2	172,6	171,9	204,3	192,4	198,4	227,2	217,2	222,2	165,2
Średnia Mean	82,3	171,4	163,5	167,5	193,7	184,5	189,1	214,6	206,2	210,4	162,3
NIR $p \leq 0,05$ dla: – LSD $p \leq 0,05$ for: formy – form (A) – 8,8 dawki – dose (B) – 21,2 lat – years (C) – 9,2					współdziałania – interaction (A x B) – 8,2 (A x C) – 6,7 (B x C) – 18,3 (A x B x C) – 9,8						

RS – roztwór mocznika – urea solution; SA – saletra amonowa – ammonium nitrate

azotu pobrała ruń nawożona roztworami mocznika. Takie same prawidłowości dotyczyły pobrania N w poszczególnych latach badań i średnio z lat (ryc. 1). Uzyskane wyniki są spójne z rezultatami badań CIEPIELI (2004), w których udowodniono, że pobranie azotu z plonem traw zwiększa się w miarę wzrostu dawki azotu i jest wyższe przy nawożeniu roztworem mocznika w porównaniu do saletry amonowej stosowanej w formie stałej.

Tabela 3. Plon suchej masy roślin (t ha^{-1}) w zależności od formy nawozu azotowego, dawki azotu i lat badań (suma z trzech pokosów)Table 3. Yield of dry matter of plant (t ha^{-1}) depending on form of nitrogenous fertilizer, nitrogen dose and investigated years (sum from three cuts)

Lata Years	Dawka azotu – N dose							
	0	N ₁		N ₂		N ₃		
		Forma nawozu Form of fertilizer		Forma nawozu Form of fertilizer		Forma nawozu Form of fertilizer		
	RM	SA	RM	SA	RM	SA		
1999	3,88	7,00	6,01	7,40	6,52	7,70	7,04	
2000	3,75	6,24	6,03	7,33	6,86	8,01	7,45	
2001	3,31	6,69	6,55	7,68	7,53	8,56	8,02	

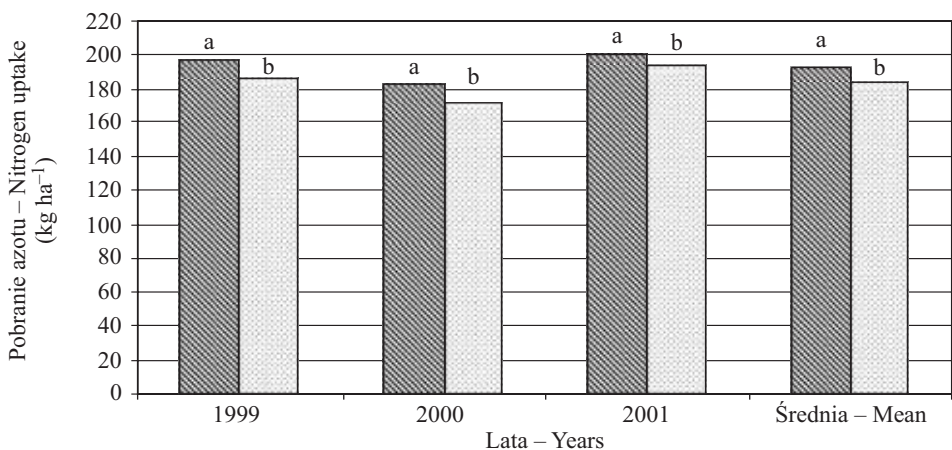
Objaśnienia jak w tabeli 2 – Explanation see Table 2

Tabela 4. Zawartość azotu ogólnego w roślinach (g kg^{-1} s. m.) w zależności od formy nawozu azotowego, dawki azotu i lat badań (średnia z trzech pokosów)Table 4. Content of total nitrogen in plant (g kg^{-1} DM) depending on form of nitrogenous fertilizer, nitrogen dose and investigated years (mean from three cuts)

Lata Years	Dawka azotu – N dose						
	0	N ₁		N ₂		N ₃	
		Forma nawozu Form of fertilizer		Forma nawozu Form of fertilizer		Forma nawozu Form of fertilizer	
		RM	SA	RM	SA	RM	SA
1999	22,63	26,26	27,00	26,32	29,03	27,52	29,67
2000	24,21	25,50	25,84	24,83	25,04	25,57	25,83
2001	20,63	25,59	26,35	26,60	25,55	26,54	27,08

Objaśnienia jak w tabeli 2 – Explanation see Table 2

Ważnym wskaźnikiem produkcyjnej skuteczności nawożenia jest efektywność rolnicza wyrażona przyrostem plonu na jednostkę azotu zastosowanego w nawozach (FOTYMA, 1997). W badaniach własnych (tab. 5), wartość tego wskaźnika kształtowała się w granicach 18,5 do 30,8 kg s.m. kg^{-1} N. Stosowane w doświadczeniu dawki azotu, generalnie nie miały istotnego wpływu na efektywność rolniczą nawożenia tym składnikiem. Jednakże w 2000 roku pomiędzy dawką N₁ a N₂ nastąpiło zachwianie tych tenden-



▨ Roztwór mocznika – Urea solution ▩ Saletra amonowa – Ammonium nitrate

Wartości w poszczególnych latach i średnie z lat oznaczone różnymi literami różnią się istotnie
Values from individual years and means from years estimated with different letters differ significantly

Ryc. 1. Pobranie azotu przez ruń łąkową w zależności od formy nawozu azotowego i lat badań
Fig. 1. Nitrogen uptake by meadow sward depending on form of nitrogenous fertilizer and investigated years

cji. Uzyskane wyniki nie znajdują potwierdzenia w publikacjach innych autorów. Z badań KITCZAKA (1997) wynika, że efektywność rolnicza nawożenia azotem stokłosa obiedkowatej maleje wraz ze wzrostem dawki tego składnika. Taki sam kierunek zmian pod wpływem nawożenia azotem kukurydzy udowodnili FOTYMA i wsp., (1992) oraz FOTYMA (1994). Zróżnicowanie wielkości tej efektywności w prowadzonych badaniach wystąpiło natomiast w zależności od formy nawozu azotowego. Z danych zamieszczonych w tabeli 5 i na rycinie 2 wynika, że wartość tego wskaźnika była wyższa w warunkach dolistnego stosowania azotu w roztworze mocznika i to niezależnie od dawki N. Podobne efekty uzyskano w doświadczeniu prowadzonym przez JODEŁKĘ i wsp., (2001). Autorzy ci wykazali, że dolistne nawożenie runi łąkowej 10% roztworem mocznika zwiększa efektywność rolniczą nawożenia azotem w porównaniu do takiej samej dawki tego składnika stosowanej w saetrze amonowej w formie stałej. Wyższą efektywność rolniczą nawożenia azotem stosowanym w roztworze mocznika w odniesieniu do saetry amonowej wykazano także dla traw w uprawie polowej (CIEPIELA, 2004). Bardziej efektywne było również dolistne nawożenie kukurydzy roztworami mocznika w porównaniu do formy stałej tego nawozu (KRUCZEK, 2000a). Jednakże opinie na temat wpływu dolistnego i doglebowego nawożenia azotem roślin uprawnych nie są do końca zgodne, bowiem z innych badań (KRUCZEK i SZULC, 2000) wynika, że forma fizyczna nawozu azotowego nie miała wpływu na efektywność rolniczą nawożenia azo-

Tabela 5. Efektywność rolnicza nawożenia azotem runi łąkowej (kg s. m. kg⁻¹ N) w zależności od formy nawozu azotowego, dawki azotu i lat badań

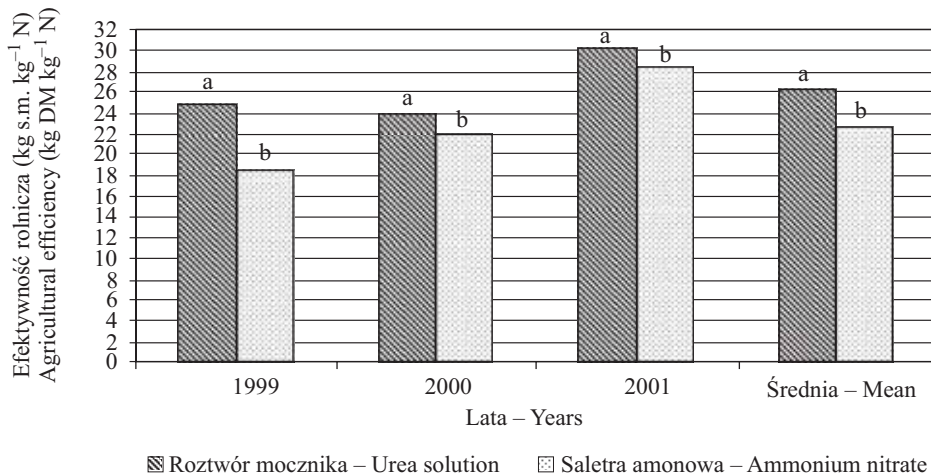
Table 5. Agricultural efficiency of nitrogen fertilization of meadow sward depending on form of nitrogenous fertilizer, nitrogen dose and investigated years (kg DM kg⁻¹ N)

Dawka azotu N dose	Forma nawozu Form of fertilizer	Lata – Years			Średnia Mean
		1999	2000	2001	
N ₁	RM	27,1	21,6	29,3	26,0
	SA	18,5	19,8	28,1	22,1
	Średnia – Mean	22,8	20,7	28,7	24,1
N ₂	RM	24,6	25,1	30,6	26,8
	SA	18,5	21,8	29,5	23,3
	Średnia – Mean	21,6	23,4	30,1	25,0
N ₃	RM	22,4	25,0	30,8	26,1
	SA	18,5	21,7	27,6	22,6
	Średnia – Mean	20,5	23,4	29,2	24,3
Średnia – Mean		21,6	22,5	29,3	24,5
NIR p ≤ 0,05 dla: – LSD p ≤ 0.05 for:		współdziałania – interaction (A x B) – 3,4			
formy – form (A) – 3,4		(A x C) – 1,6			
dawki – dose (B) – n.s.		(B x C) – 2,6			
lat – years (C) – 6,7		(A x B x C) – 1,0			

n.s. – różnica nieistotna – difference not significant

Objaśnienia jak w tabeli 2 – Explanation see Table 2

tem kukurydzy. Również KOZŁOWSKI i wsp., (2006) wykazali, że efekty produkcyjne pastwiska trwałego jak i krótkotrwałego nawożonego dolistnie RSM i tradycyjnie saletrą amonową są zbliżone.



Wartości w poszczególnych latach i średnie z lat oznaczone różnymi literami różnią się istotnie
Values from individual years and means from years estimated with different letters differ significantly

Ryc. 2. Efektywność rolnicza nawożenia azotem runi łąkowej w zależności od formy nawozu azotowego i lat badań

Fig. 2. Agricultural efficiency of nitrogen fertilization of meadow sward depending on form of nitrogenous fertilizer and investigated years

Badania efektywności fizjologicznej nawożenia azotem runi łąkowej dają podstawę do stwierdzenia, że stosowane w doświadczeniu formy nawozu azotowego różnicowały tę efektywność. Zdolność roślin do przetwarzania pobranego z gleby i nawozów azotu na plon była wyższa przy nawożeniu roztworami mocznika (tab. 6), chociaż w 2001 rok wartości efektywności fizjologicznej dla poszczególnych form nawozu nie były istotnie zróżnicowane (ryc. 3). Brak danych w literaturze przedmiotu, dotyczących tej efektywności w odniesieniu do runi łąkowej uniemożliwia wnikliwą dyskusję na ten temat. Jednakże badania nad efektywnością nawożenia azotem kukurydzy (KRUCZEK i SZULC, 2000) wskazują, że efektywność fizjologiczna tego nawożenia (wyliczona w oparciu o plon całych roślin) podobnie jak w badaniach własnych była wyższa w warunkach stosowania roztworu mocznika w porównaniu do nawożenia nawozem stałym. Natomiast w innych badaniach dotyczących nawożenia kukurydzy (KRUCZEK, 2000a) i traw w uprawie polowej (CIEPIELA, 2004) wykazano, że przy dolistnej aplikacji azotu efektywność fizjologiczna była niższa niż przy nawożeniu doglebowym. Odnosząc uzyskane w pracy wyniki do rezultatów otrzymanych przez CIEPIELĘ (2004) można stwierdzić, że run łąkowa posiada lepszą zdolność do przetwarzania pobranego przez liście azotu na plon niż trawy uprawiane w monokulturze.

Tabela 6. Efektywność fizjologiczna nawożenia azotem runi łąkowej (kg s. m. kg⁻¹ N pobranego) w zależności od formy nawozu azotowego, dawki azotu i lat badańTable 6. Physiological efficiency of nitrogen fertilization of meadow sward depending on form of nitrogenous fertilizer, nitrogen dose and investigated years (kg DM kg⁻¹ N absorbed)

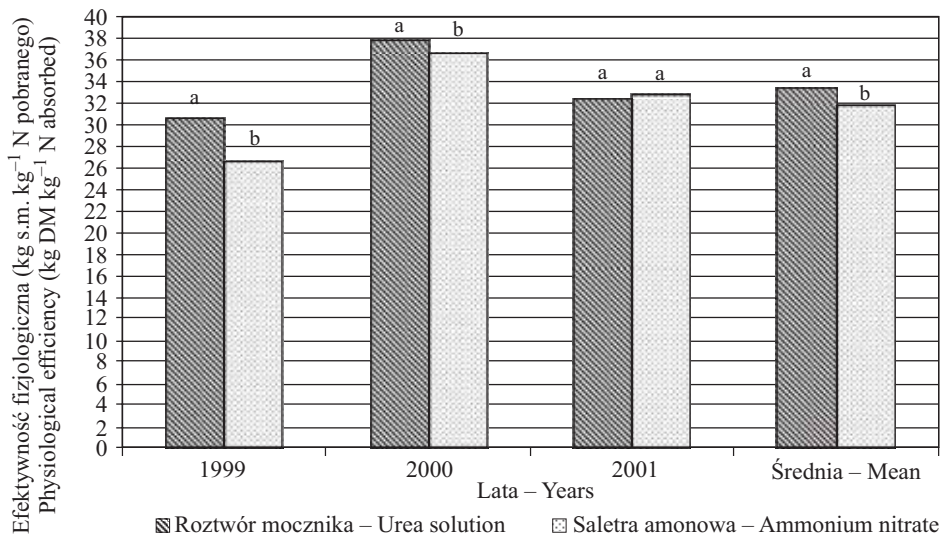
Dawka azotu N dose	Forma nawozu Form of fertilizer	Lata – Years			Średnia Mean
		1999	2000	2001	
N ₁	RM	32,5	36,4	32,9	33,9
	SA	28,6	35,1	31,1	31,6
	Średnia – Mean	30,5	35,8	32,0	32,8
N ₂	RM	32,9	39,3	31,0	34,4
	SA	26,0	38,4	35,2	33,2
	Średnia – Mean	29,4	38,8	33,1	33,8
N ₃	RM	25,5	37,4	33,0	32,0
	SA	31,5	36,4	31,6	33,2
	Średnia – Mean	28,5	36,9	32,3	32,6
Średnia – Mean		29,5	37,1	32,5	33,0
NIR p ≤ 0,05 dla: – LSD p ≤ 0.05 for: formy – form (A) – 1,4 dawki – dose (B) – n.s. lat – years (C) – 2,9			współdziałania – interaction – (A x B) – 1,1 (A x C) – 1,0 (B x C) – 2,9 (A x B x C) – 1,2		

n.s. – różnica nieistotna – difference not significant

Objaśnienia jak w tabeli 2 – Explanation see Table 2

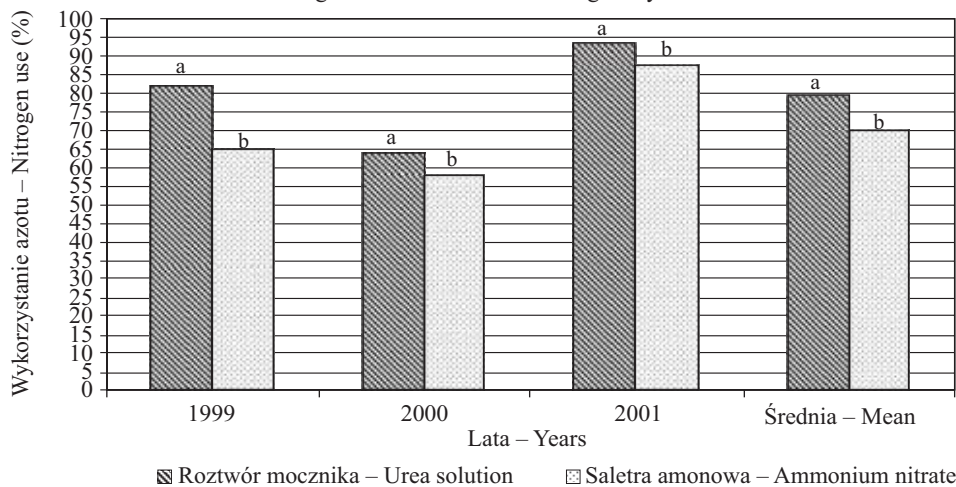
Stosowane w doświadczeniu dawki azotu generalnie nie miały istotnego wpływu na efektywność fizjologiczną nawożenia tym składnikiem. Wyjątek stanowił 2000 rok, kiedy to efektywność fizjologiczna przy dawce N₂ była istotnie wyższa niż przy dawce N₁. Uzyskane wyniki nie są zgodne z badaniami innych autorów, bowiem wartość tego wskaźnika dla traw z uprawy polowej (CIEPIELA, 2004) i kukurydzy (FOTYMA, 1994) malała w miarę wzrostu dawki azotu.

Stosunek efektywności rolniczej do efektywności fizjologicznej wyrażony w procentach nazywany jest wskaźnikiem wykorzystania azotu z nawozów (FOTYMA i MERCIK, 1995). W badaniach własnych efektywność fizjologiczna była wyższa niż rolnicza, co świadczy o dobrym przetwarzaniu przez ruń łąkową pobranego azotu na plon. Średnia wartość tego współczynnika wynosiła 74,8%, chociaż w 2000 roku wartość ta dla większości analizowanych kombinacji kształtowała się poniżej 60% (tab. 7). Świadczy to o małym pobraniu azotu z nawozów w tym sezonie wegetacyjnym, bowiem wykorzystanie tego składnika jest procentowym stosunkiem pobranego z nawozu azotu do zastosowanej dawki N. Wykorzystanie azotu przez badaną ruń łąkową było zróżnicowane w zależności od lat badań i formy nawozu azotowego. Dolistna aplikacja azotu istotnie zwiększała wykorzystanie tego składnika w porównaniu do nawożenia pogłównego nawozem stałym. Wykorzystanie azotu z nawozu płynnego było o 13,9% wyższe niż z saletry amonowej. Największe wykorzystanie azotu z nawozów przez ruń łąkową



Wartości w poszczególnych latach i średnie z lat oznaczone różnymi literami różnią się istotnie
 Values from individual years and means from years estimated with different letters differ significantly
 Ryc. 3. Efektywność fizjologiczna nawożenia azotem runi łąkowej w zależności od formy nawozu azotowego i lat badań

Fig. 3. Physiological efficiency of nitrogen fertilization of meadow sward depending on form of nitrogenous fertilizer and investigated years



Wartości w poszczególnych latach i średnie z lat oznaczone różnymi literami różnią się istotnie
 Values from individual years and means from years estimated with different letters differ significantly
 Ryc. 4. Wykorzystanie azotu przez runi łąkową w zależności od formy nawozu azotowego i lat badań

Fig. 4. Nitrogen use by meadow sward depending on form of nitrogenous fertilizer and investigated years

Tabela 7. Wykorzystanie azotu przez ruń łąkową (%) w zależności od formy nawozu azotowego, dawki azotu i lat badań

Table 7. Nitrogen use by meadow sward (%) depending on form of nitrogenous fertilizer, nitrogen dose and investigated years

Dawka azotu N dose	Forma nawozu Form of fertilizer	Lata – Years			Średnia Mean
		1999	2000	2001	
N ₁	RM	83,4	59,3	89,1	77,3
	SA	64,7	56,4	90,4	70,5
	Średnia – Mean	74,0	57,9	89,7	73,9
N ₂	RM	74,8	63,9	98,7	79,1
	SA	71,2	56,8	83,8	70,6
	Średnia – Mean	73,0	60,3	91,2	74,8
N ₃	RM	87,8	66,8	93,3	82,7
	SA	58,7	59,6	87,3	68,5
	Średnia – Mean	73,2	63,2	90,3	75,6
Średnia – Mean		73,4	60,5	90,4	74,8
NIR $p \leq 0,05$ dla: – LSD $p \leq 0.05$ for: formy – form (A) – 7,5 dawki – dose (B) – n.s. lat – years (C) – 6,0			współdziałania – interaction (A x B) – 6,5 (A x C) – 5,5 (B x C) – n.s. (A x B x C) – 3,5		

n.s. – różnica nieistotna – difference not significant

Objaśnienia jak w tabeli 2 – Explanation see Table 2

zanotowano w 2001 roku (ryc. 4). Prawdopodobnie było to związane ze wzrostem procentowego udziału wartościowych gatunków traw (*Dactylis glomerata*, *Festuca pratensis*, *Arrhenatherum elatius*), które dobrze reagują na nawożenie azotem, zwiększając tym samym plon suchej masy.

Analizując wpływ dawki azotu na wykorzystanie tego składnika przez ruń łąkową należy stwierdzić, że czynnik ten nie miał istotnego wpływu na badany parametr. Uzyskane w pracy wyniki nie korespondują z rezultatami badań dotyczącymi nawożenia azotem kukurydzy. Z prac poświęconych temu zagadnieniu (FOTYMA, 1997; KRUCZEK, 2000 b; NIELSEN i wsp., 1988; SZMIGIEL, 1998) wynika, że wykorzystanie azotu przez kukurydź maleje wraz ze wzrostem dawki tego składnika.

4. Wnioski

- Dolistne nawożenie runi łąkowej roztworem mocznika zwiększało w stosunku do nawożenia dogłębowego saletrą amonową pobranie azotu z plonem roślin. Pobrany przez liście azot był również racjonalniej przetwarzany na plon, bowiem efektywność fizjologiczna nawożenia roślin roztworem mocznika była wyższa niż saletrą amonową.

- Wyższa efektywność rolnicza nawożenia badanej runi łąkowej roztworem mocznika i wyższy współczynnik wykorzystania azotu z tego nawozu wskazują, że plon roślin łąkowych przy tej samej dawce azotu można zwiększyć zastępując saletrę amonową roztworem mocznika.
- Zastosowane w doświadczeniu dawki azotu nie miały istotnego wpływu na wartość analizowanych wskaźników efektywności nawożenia tym składnikiem badanej runi łąkowej.

Literatura

- CIEPIELA G.A., 2004. Reakcja wybranych gatunków traw na nawożenie azotem stosowanym w roztworze mocznika i w saletrze amonowej. Rozprawa naukowa, 76, Wydawnictwo AP, Siedlce.
- CZUBA R., 1993a. Efekty dolistnego dokarmiania roślin uprawnych. Cz. I. Reakcje roślin na dolistne stosowanie azotu. Roczniki Gleboznawcze, T. XLIV, 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. Roczniki Gleboznawcze, T. XLIV, 3/4, 79–87.
- FOTYMA E., FOTYMA M., PIETRASZAK-KĘSIK G., 1992. Wykorzystanie azotu z nawozów przez rośliny uprawy polowej. Pamiętnik Puławski, 101, 7–33.
- FOTYMA E., 1994. Reakcja roślin uprawy polowej na nawożenie azotem, III. Kukurydza. Fragmenta Agronomica, (XI), 4 (44), 20–35.
- FOTYMA E., 1997. Efektywność nawożenia azotem podstawowych roślin uprawnych. Fragmenta Agronomica, 1, 46–66.
- FOTYMA M., MERCIK S., 1995. Nawożenie a technologie uprawy roślin. W: Chemia rolna, PWN, Warszawa, 233–295.
- JODEŁKA J., JANKOWSKI K., CIEPIELA G.A., 2001. Ocena efektywności produkcyjnej różnych wariantów i sposobów nawożenia łąki trwałej. Pamiętnik Puławski, 125, 439–444.
- JODEŁKA J., JANKOWSKI K., NOWAK M., 2005. Wykorzystanie różnych form nawozów azotowych do odnawiania zdegradowanego zbiorowiska łąkowego. Fragmenta Agronomica, (XXII), 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. Biuletyn Oceny Odmian, 29, 167–172.
- KORONA E., BUDZYŃSKI W., FEDEJKO B., 1994. Rolnicza i energetyczna ocena różnych sposobów nawożenia azotem pszenżyta jarego. Zeszyty Naukowe AR Szczecin, Rolnictwo LVIII, 162, 79–84.
- KOZŁOWSKI S., GOLIŃSKI P., ZIELEWICZ W., BINIAŚ J., 2006. Badania nad nawożeniem pastwiska nawozami płynnymi. Annales UMCS, Sectio E, LXI, 341–352.
- KRUCZEK A., 2000a. Wpływ wielkości dawki i dolistnego dokarmiania kukurydzy azotem i mikroelementami na wybrane wskaźniki efektywności nawożenia. Fragmenta Agronomica, 3 (67), 5–17.

- KRUCZEK A., 2000b. Effectiveness of foliar fertilization of maize with nitrogen and micronutrients depending on the level of nitrogen supply. *Scientific Papers of Agriculture*, 2, 37–50.
- KRUCZEK A., SZULC P., 2000. Wpływ dolistnego stosowania mocznika na pobieranie i wykorzystanie azotu przez kukurydzę. *Fragmenta Agronomica*, 3 (67), 18–29.
- MAŁECKA I., BLECHARCZYK A., 2005. Efektywność nawożenia azotem w różnych systemach uprawy roli. *Fragmenta Agronomica*, (XXII), 1 (85), 503–511.
- NIELSEN N.E., SCHJØRRING J.K., JENSEN H.E., 1988. Efficiency of fertilizer nitrogen uptake by spring barley. In: D. JENKINSON and K. SMITCHE (eds). *Nitrogen efficiency in agricultural soil*. Elsevier Applied Science London, New York, 64, 62–72.
- ŚWIERCZEWSKA M., SZTUDER H., 1997. Stosowanie płynnych nawozów mineralnych w nowych systemach nawożenia roślin uprawnych. *Biblioteka Fragmenta Agronomica*, 3, 159–164.
- SZMIGIEL A., 1998. Badania nad plonowaniem roślin i wykorzystaniem azotu w zbożowym członie zmianowania na tle dawki i sposobu nawożenia. *Zeszyty Naukowe AR Kraków, Rozprawa*, ss. 131.
- TRĘTOWSKI J., WÓJCIK A.R., 1991. *Metodyka doświadczeń rolniczych*. Wydawnictwo WSRP Siedlce, 331–334.

The nitrogen use by the meadow sward applied in the urea solution and in ammonium nitrate

G.A. CIEPIELA, J. JANKOWSKA, R. KOLCZAREK, K. JANKOWSKI

Institute of Agronomy, University of Podlasie of Siedlce

Summary

The investigations were led in 1999–2001 on the permanent meadow located on the gley soil. The dose of nitrogen and the form of the nitrogenous fertilizer were experimental factors. Every year of investigations the first regrowth was fertilized with NPK in the quantity: N – 60 kg ha⁻¹, P – 60 kg ha⁻¹, K – 60 kg ha⁻¹. In the experience the control combination was also applied (without mineral fertilization). The second and third regrowth was fertilized exclusively with nitrogen, applying on individual regrowths the equal doses of this component (27.6; 41.4; 55.2 kg ha⁻¹ N). The nitrogen was delivered to the plants as foliar: apply respectively 20, 30 and 40% the urea solution in the volume 300 dm³ per hectare or top-dressing as ammonium nitrate in the solid form. In the work counted the agricultural and physiological efficiency of the nitrogen fertilization and the utilization of this component from fertilizers. The results obtained in the work showed that the applied in the experience the nitrogen doses hadn't the significant influence on the agricultural efficiency. However, the higher value of this coefficient was got under the influence of applying of the urea solutions in the comparison with ammonium nitrate. The physiological efficiency of nitrogen fertilization was higher for the use of the liquid fertilizer in the comparison with ammonium nitrate. However, it was not showed the significant influence of the nitrogen doses of on the value of this coefficient. Utilization of the nitrogen from the fertilizer carried out average 74.8% and it was higher in the conditions of fertilization with the urea solutions than by fertilization with

ammonium nitrate. However, the applied in the experience the nitrogen doses hadn't the significantly influence on the value of this coefficient.

Recenzent – Reviewer: *Janusz Igras*

Adres do korespondencji – Address for correspondence:

Dr hab. Grażyna Anna Ciepiera
Zakład Agroturystyki, Akademia Podlaska
ul. Prusa 14, 08-110 Siedlce
tel. 025 643 13 73
e-mail: ciepiela@poczta.onet.pl