

Jacek SOSNOWSKI

WPŁYW UŻYŹNIACZA GLEBOWEGO NA EFEKTYWNOŚĆ NAWOŻENIA AZOTEM MIESZANEK *FESTULOLIUM BRAUNII* Z KONICZYNĄ ŁĄKOWĄ I LUCERNĄ MIESZAŃCOWĄ

THE EFFECT OF SOIL'S MEDIUM AMENDMENT ON EFFICIENCY OF NITROGEN FERTILIZATION OF *FESTULOLIUM BRAUNII* MIXTURES WITH RED CLOVER AND ALFALFA

Katedra Łąkarstwa i Kształtowania Terenów Zieleni, Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach
ul. Bolesława Prusa 14, 08-110 Siedlce, e-mail: laki@uph.edu.pl

Abstract. In order to determine the effects of soil fertilizer and species composition and quantitative of *Festulolium braunii* mixtures with red clover and alfalfa on the efficiency of nitrogen fertilization, on the experimental object of Grassland Department and Green Areas Creation the experiment with these species was established. Surface plot was 6 m². The period of full, three – cuts using of this objects was in 2008–2010. The first experimental factor were three grass – legume mixtures with different grass species composition and quantity. The second factor was the soil's fertilizer, which was used for a once watering plants in the phase of grasses shooting in the first regrowth as a solution at a dose of 0,9 l · ha⁻¹ diluted in 350 l of water. In the order to determine the efficiency of nitrogen utilization, the following levels of this factor were introduced: N0 – no nitrogen and N1 – nitrogen in dose 60 kg N · ha⁻¹rocznie (34% ammonium nitrate). In addition to all plots potassium fertilization at 40 kg K₂O · ha⁻¹ and phosphorus in a dose of 80 kg P₂O₅ · ha⁻¹ were used. During the full utilization of the objects, the detailed study included: plant dry matter yield (t · ha⁻¹) and total protein content (%). Based on these characteristics, it was calculated the nitrogen taken with the yield and the following indicators: Er – agricultural efficiency (agronomic), Ef – the physiological efficiency and W – the nitrogen utilization. The study showed that application of soil's fertilizer to supply the analyzed mixtures did not resulted the increase of nitrogen utilization from fertilizer caused only an increase of its uptaking which resulted in a higher value agronomic and physiological efficiency of crops. While the nitrogen utilization supplied with mineral fertilizer was the highest on the objects with two–components mixtures.

Słowa kluczowe: *Festulolium*, mieszanka, użyźniacz glebowy, wykorzystanie azotu.

Key words: *Festulolium*, mixture, nitrogen utilization, soil's medium amendment.

WSTĘP

Głównym elementem agrotechniki, decydującym o wielkości i jakości plonów uzyskiwanych z upraw łąkarskich, jest nawożenie, zwłaszcza azotem. Azot modyfikuje właściwości morfologiczne i chemiczne roślin istotne z punktu widzenia ich plonowania i wartości paszowej (Ciepiela i in. 2008). Jednakże nadmierne zwiększanie dawek azotu, pomimo wzrostu plonu, może przyczynić się do zmniejsza efektywność jego wykorzystania przez rośliny (Czapla 2000, Dembek 2001). Z tego względu nawożenie tym składnikiem należy optymalizować szczególnie w zakresie wielkości dawki oraz, jak wskazują badania Ciepieli i in. (2009), doboru formy nawozu.

Ocena skuteczności nawożenia roślin, zwłaszcza azotem, powinna być wyrażana nie tylko zmianami ilościowymi i jakościowymi plonu, ale także za pomocą mierników empirycznych. Zdaniem wielu autorów (Korona i in. 1994, Fotyma 1997, Kruczek i Szulc 2000, Małecka i Blecharczyk 2005), w ocenie takiej można wykorzystać efektywność agronomiczną, która określa przyrost plonu na jednostkę azotu, zastosowanego w nawozach, i efektywność fizjologiczną, odnoszącą się do zdolności roślin do przetwarzania azotu pobranego z gleby i nawozów na plon użytkowy.

W ostatnim czasie w literaturze prezentowano badania dotyczące zasilania gleby preparatami opartymi na mikroorganizmach (Sulewska i in. 2009, Klama i in. 2010, Sosnowski i Jankowski 2010, Wojtała-Łozowska i Parylak 2010), które jak podaje Sulewska i in. (2009), korzystnie wpływają na jej żyzność oraz zdrowotność i plonowanie roślin. Ponadto jak wykazały badania Sosnowskiego i Jankowskiego (2010), użyźnianie mikrobiologiczne przyczyniło się do wzrostu produktywności mieszanek *Festulolium braunii* z lucerną mieszańcową i koniczyną łąkową.

Celem pracy było określenie wpływu użyźniacza glebowego oraz składu gatunkowego i ilościowego mieszanek *Festulolium braunii* z koniczyną łąkową i lucerną mieszańcową na efektywność nawożenia azotem.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie z uprawą *Festulolium* w mieszankach z koniczyną łąkową i lucerną mieszańcową, założono w kwietniu 2007 roku w układzie losowanych bloków w trzech powtórzeniach na obiekcie doświadczalnym Katedry Łąkarstwa i Kształtowania Terenów Zieleni UP-H w Siedlcach (współrzędne geograficzne: 52.169°N, 22.280°E). Gleba pod doświadczenie należała do rzędu kulturoziemnych, typu hortisole, wytworzonych z piasku słabo gliniastego (tab. 1).

Tabela 1. Skład granulometryczny gleby. Procentowy udział frakcji ziemistych (średnica w mm)
Table 1. Grain composition of soil. Percentage share of earth fractions (diameter in mm)

1–0,1	0,1–0,05	0,05–0,02	0,02–0,06	0,06–0,002	<0,002	Suma frakcji Sum of fraction 0,1–0,02	Suma frakcji Sum of fraction <0,02	Grupa granulometryczna Grain group
76	9	5	4	4	2	14	10	psg

Analizę chemiczną gleby wykonano w Okręgowej Stacji Chemicznej w Wesolej. Gleba odznaczała się odczynem obojętnym (tab. 2), średnio wysokim poziomem próchnicy, bardzo wysoką zawartością fosforu, wysoką magnezu oraz średnią przyswajalnych form potasu, azotu ogólnego, azotanowego i amonowego.

Tabela 2. Skład chemiczny gleby
Table 2. Chemical composition of soil

pH	Zawartość składników przyswajalnych w $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ gleby Content of assimilated components in $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ of soil			Zawartość w $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ Content in $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$		Zawartość w $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. Content $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ DM	
	KCl	P_2O_5	K_2O	Mg	N- ogółem N- total	Próchnica Humus	N- NO_3
6,99	900	190	84	0,18	3,78	10,10	7,47

Powierzchnia poletka doświadczalnego wynosiła 6 m². W roku siewu prowadzono jedynie cztery pokosy odchwaszczające. Okres pełnego, trzykośnego użytkowania eksperymentu przypadał na lata 2008–2010.

W doświadczeniu przyjęto następujące czynniki doświadczalne:

I czynnik – użyźniacz glebowy, występujący w sprzedaży pod nazwą UGmax. Skład użyźniacza podano w tabeli 3.

Tabela 3. Skład użyźniacza glebowego użytego w doświadczeniu
Table 3. Composition of soil's medium amendment used in experiment

Zawartość makro- i mikroelementów mg · l ⁻¹ Content of macro and microelements mg · l ⁻¹						Mikroorganizmy Microorganisms
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	Na	Mn	
1200	500	3500	100	200	0,3	drożdże – yeast, promieniowce – actinomycetes, bakterie kwasu mlekowego – lactic acid bacteria, bakterie fotosyntetyczne – photosynthetic bacteria, <i>Azotobacter</i> , <i>Pseudomonas</i>

Użyźniacz wykorzystano do jednorazowego podlewania roślin w fazie strzelania w źdźbło traw w pierwszym odroście jako roztwór w dawce 0,9 l · ha⁻¹, rozcieńczony w 350 l wody. Obiekty z użyźniaczem oznaczono jako UG, a bez użyźniacza BUG.

II czynnik – mieszanki o następującym składzie:

- M1 – *Festulolium braunii* (odmiana Felopa) – 50%, *Trifolium pratense* (odmiana Tenia) – 50%,
- M2 – *Festulolium braunii* (odmiana Felopa) – 50%, *Medicago sativa ssp. media* (odmiana Tula) – 50%,
- M3 – *Festulolium braunii* (odmiana Felopa) – 50%, *Trifolium pratense* (odmiana Tenia) – 25%, *Medicago sativa ssp. media* (odmiana Tula) – 25%.

Przyjęta ilość wysiewu nasion poszczególnych komponentów wynosiła: *Festulolium braunii* – 40 kg · ha⁻¹, *Trifolium pratense* – 21 kg · ha⁻¹, *Medicago sativa ssp. media* – 26 kg · ha⁻¹.

W celu określenia efektywności wykorzystania azotu, dostarczonego z nawozem, równocześnie prowadzono uprawę mieszanek z dawką 60 kgN · ha⁻¹ rocznie – N1 (34% saletra amonowa) i bez azotu – N0.

Ponadto na wszystkie poletka zastosowano nawożenie potasowe (60% sól potasowa) w ilości K₂O 40 kg · ha⁻¹, którym wysiano odrosty. Fosfor (46% superfosfat) w dawce P₂O₅ 80 kg · ha⁻¹ zastosowano jednorazowo, wczesną wiosną.

W latach pełnego użytkowania obiektów doświadczalnych określono:

- plon suchej masy roślin (t · ha⁻¹),
- zawartość białka ogólnego (% s.m.) w poszczególnych pokosach, którą oznaczono w Instytucie Technologiczno-Przyrodniczym w Falentach.

Na podstawie plonów suchej masy, przedstawionych w publikacji Sosnowskiego i Jankowskiego (2010), i zawartości N ogólnego w materiale roślinnym (zawartość białka ogólnego podzielona przez 6,25), obliczono pobranie tego składnika z plonem i następujące wskaźniki efektywności nawożenia (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:

- Er – efektywność rolnicza (agronomiczna),
- Ef – efektywność fizjologiczna,
- W – wykorzystanie azotu,
- YN – plon z obiektu z zastosowaną dawką azotu (obiekt N1),
- Y0 – plon z obiektu kontrolnego bez azotu (obiekt N0),
- N – wniesiona dawka azotu na obiekt YN ($N1 = 60 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$),
- PN – pobranie azotu z plonem roślin z obiektu YN,
- P0 – pobranie azotu z plonem roślin z obiektu kontrolnego Y0.

Warunki klimatyczne obszaru prowadzenia badań były typowe dla IX – wschodniej dzielnicy rolniczo-klimatycznej Polski. Średnia roczna temperatura powietrza waha się tu w granicach 6,7–6,9°C, a w okresie letnim średnia dobowa temperatura wynosi 15°C. Opady roczne kształtują się na poziomie 550–650 mm, przy czym nie należą one do częstych, lecz obfitych. Okres wegetacyjny rozpoczyna się w pierwszej dekadzie kwietnia i kończy w trzeciej października, a więc trwa od 200 do 220 dni. Dane meteorologiczne z lat prowadzenia badań uzyskano ze Stacji Hydrologiczno-Meteorologicznej w Siedlcach. Natomiast w celu określenia czasowej i przestrzennej zmienności elementów meteorologicznych oraz ich wpływu na przebieg wegetacji roślin, obliczono współczynnik hydrometryczny Sielianinowa (Bac i in. 1993).

Najkorzystniejszym rozkładem i wielkością opadów, przy optymalnych temperaturach powietrza przypadających na okres wegetacyjny roślin, charakteryzował się 2009 rok (tab. 4). W roku tym nie występowały miesiące posuszne. Z kolei w pozostałych latach eksperymentu odnotowano miesiące z silną i słabą posuchą.

Tabela 4. Wartość współczynnika hydrometrycznego Sielianinowa (K) w poszczególnych miesiącach okresu wegetacyjnego i latach użytkowania

Table 4. Value of hydrometrical index of Sielianinow (K) in individual months of vegetation

Rok badań Study years	Miesiąc – Month						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
2008	0,82	1,34	1,08	1,23	0,54	0,69	1,72
2009	1,03	2,24	1,03	1,26	1,36	1,01	1,73
2010	0,40	2,21	1,19	1,18	1,79	2,81	0,53

K < 0,5 silna posucha – high drought; 0,51–0,69 posucha – drought; 0,70–0,99 słaba posucha – week drought.

Uzyskane wyniki oceniono statystycznie, wykonując analizę wariancji dla doświadczeń wieloczynnikowych. Zróżnicowanie średnich weryfikowano testem Tukeya przy poziomie istotności $p \leq 0,05$. Przeprowadzona analiza statystyczna nie wykazała istotnego zróżnicowania średnich w obrębie omawianych cech w odniesieniu do lat badań.

WYNIKI

Roczne pobranie azotu z plonem suchej masy roślin było bardzo zróżnicowane i zależało od składu gatunkowego mieszanki, dawki azotu oraz użyźniacza glebowego zastosowanego w eksperymencie (tab. 5). Niezależnie od mieszanki i dawki azotu, rośliny

uprawiane na obiektach zasilanych mikrobiologicznie pobrały średnio o 20% więcej azotu ($247,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) od tych nawożonych tylko mineralnie ($196,1 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$). Zastosowana w eksperymencie dawka azotu również przyczyniła się do wzrostu pobrania, średnio z $198,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (N0) do $245,6 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (N1). Zróżnicowanie tych wartości było statystycznie istotne. Przeprowadzone badania wykazały również, że najwięcej azotu w plonie suchej masy zawierały mieszanki posiadające w swoim składzie koniczynę łąkową – mieszanka M1 i M3. Wartość pobrania azotu dla tych obiektów wahała się w granicach od 232,8 do $221,4 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Tendencja ta występowała na wszystkich obiektach, niezależnie do nawożenia.

Tabela 5. Roczne pobranie azotu ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) przez mieszanki *Festulolium* z roślinami motylkowatymi w zależności od użyźniacza glebowego (średnia z lat)

Table 5. Annual nitrogen uptaking ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) by a mixture of *Festulolium* with legume plants in depend on the soil's medium amendment (average from years)

Mieszanka Mixture	Dawka azotu Nitrogen dose						\bar{x}	Użyźniacz Soil's medium amendment	
	N0		\bar{x}	N1		\bar{x}		UG	BUG
	UG	BUG		UG	BUG				
M1	244,7	171,8	208,3	287,4	227,2	257,3	232,8	266,0	199,5
M2	208,1	167,2	187,7	257,3	214,6	236,0	211,9	232,7	190,9
M3	221,3	177,5	199,4	268,4	218,3	243,4	221,4	244,9	197,9
\bar{x}	224,7	172,2	198,5	271,0	220,0	245,6	222,0	247,5	196,1

NIR_{0,05} dla – LSD_{0,05} for :

Dawka azotu – Nitrogen dose (A) – 45,70

Użyźniacz glebowy – Soil's medium amendment (B) – 50,60

Mieszanka – Mixture (C) – 20,43

Interakcje – Interaction:

(AxB) – 49,81

(AxC) – 20,12

(BxC) – 33,18

(AxBxC) – 30,09

Efektywność agronomiczna, określająca przyrost plonu suchej masy roślin na kilogram azotu zastosowanego w nawożeniu, podobnie jak pobranie, zależała od rodzaju mieszanki i użyźniacza glebowego (tab. 6).

Tabela 6. Efektywność agronomiczna ($\text{kg s.m.} \cdot \text{kg}^{-1}\text{N}$) nawożenia azotem mieszanek *Festulolium* z roślinami motylkowatymi w zależności od zastosowania użyźniacza glebowego (średnia z lat)

Table 6. Agronomic efficiency ($\text{kg DM} \cdot \text{kg}^{-1}\text{N}$) of nitrogen fertilization of *Festulolium* mixtures with legume plants in depend on the to soil's medium amendment (average from years)

Mieszanka Mixture	Użyźniacz glebowy Soil's medium amendment		\bar{x}
	UG	BUG	
M1	39,5	31,7	35,6
M2	37,9	33,0	35,5
M3	43,2	34,1	38,7
\bar{x}	40,2	32,9	

NIR_{0,05} dla – LSD_{0,05} for :

Użyźniacz glebowy – Soil's medium amendment (B) – 7,27

Mieszanka – Mixture (C) – 3,08

Interakcje – Interaction:

(BxC) – 5,66

Najwyższa wartość tego wskaźnika ($43,2 \text{ kg s.m.} \cdot \text{kg}^{-1}\text{N}$) wystąpiła w mieszankach *Festulolium* z koniczyną łąkową i lucerną mieszańcową – M3, zasilanych mikrobiologicznie, zaś najniższa ($31,7 \text{ kg s.m.} \cdot \text{kg}^{-1}\text{N}$) dla obiektów nawożonych tylko mineralnie i obsianych mieszanką M1 – *Festulolium* z koniczyną łąkową. Na uwagę zasługuje fakt, że użyźnianie gleby, niezależnie do rodzaju mieszanki, przyczyniło się do około 18-procentowego wzrostu efektywności rolniczej.

Badania wykazały, że efektywność fizjologiczna analizowanych mieszanek, związana z przetwarzaniem azotu pobranego przez rośliny na plon, była wyższa od efektywności rolniczej. Istotnie najwyższy plon suchej masy przypadający na 1 kg azotu pobranego przez rośliny (tab. 7) uzyskano z mieszanek *Festulolium* z koniczyną łąkową – M1 oraz *Festulolium* z koniczyną łąkową i lucerną mieszańcową – M3 zasilanych użyźniaczem. Wartość efektywności fizjologicznej dla obiektów z tymi zasiewami kształtowała się na poziomie około $55 \text{ kg s.m.} \cdot \text{kg}^{-1}\text{N}$ pobranego. Warto podkreślić, że podobnie jak w przypadku efektywności agronomicznej, zastosowanie użyźniacza glebowego, niezależnie od rodzaju uprawy, spowodowało ponad 22-procentowy wzrost efektywności fizjologicznej (z $42,2$ do $51,9 \text{ kg s.m.} \cdot \text{kg}^{-1}\text{N}$ pobranego). Natomiast niezależnie od nawożenia, istotnie najwyższą wartością tego wskaźnika odznaczała się trójkomponentowa mieszanka *Festulolium* z koniczyną łąkową i lucerną mieszańcową ($52,6 \text{ kg s.m.} \cdot \text{kg}^{-1}\text{N}$ pobranego).

Tabela 7. Efektywność fizjologiczna ($\text{kg s.m.} \cdot \text{kg}^{-1}\text{N}$ pobranego) nawożenia azotem mieszanek *Festulolium* z roślinami motylkowatymi w zależności od zastosowania użyźniacza glebowego (średnia z lat)

Table 7. Physiological efficiency ($\text{kg DM} \cdot \text{kg}^{-1}\text{N}$ taken) of nitrogen fertilization of *Festulolium* mixtures with legume plants in depend on the to soil's medium amendment (average from years)

Mieszanka Mixture	Użyźniacz glebowy Soil's medium amendment		\bar{x}
	UG	BUG	
M1	55,6	34,4	45,0
M2	45,2	41,9	33,6
M3	55,0	50,2	52,6
\bar{x}	51,9	42,2	

NIR_{0,05} dla – LSD_{0,05} for :

Użyźniacz glebowy – Soil's medium amendment (B) – 9,53

Mieszanka – Mixture (C) – 7,29

Interakcje – Interaction:

(BxC) – 9,40

Wykorzystanie azotu zastosowanego w nawożeniu mineralnym, w całym cyklu doświadczalnym, zależało głównie od rodzaju mieszanki (tab. 8). Najwyższą, ponad 81-procentową wartość omawianego parametru, uzyskano, uprawiając mieszanki dwukomponentowe (M1 – *Festulolium* z koniczyną łąkową i M2 – *Festulolium* z lucerną mieszańcową). Zastosowanie użyźniacza glebowego, tylko w mieszankach z udziałem lucerny (M2 i M3), spowodowało wzrost wykorzystania azotu. Analizując wpływ użyźniacza glebowego, niezależnie od mieszanek, należy stwierdzić, że czynnik ten nie miał istotnego znaczenia na zróżnicowanie wartości badanego parametru.

Tabela 8. Wykorzystanie azotu (%) przez mieszanki *Festulolium* z roślinami motylkowatymi w zależności od zastosowanego użyźniacza glebowego (średnia z lat)Table 8. The nitrogen utilization (%) by *Festulolium* mixtures with legume plants in depend on the to soil's medium amendment (average from years)

Mieszanka Mixture	Użyźniacz glebowy Soil's medium amendment		\bar{x}
	UG	BUG	
M1	71,0	92,2	81,6
M2	83,8	78,8	81,3
M3	78,3	67,9	73,1
\bar{x}	77,7	79,6	

NIR_{0,05} dla – LSD_{0,05} for :
 Użyźniacz glebowy – Soil's medium amendment (B) – r.n.
 Mieszanka – Mixture (C) – 7,29
 Interakcje – Interaction:
 (BxC) – 5,16

r.n. – różnica nieistotna – not significant differences.

DYSKUSJA

Według Ciepeli i in. (2009), pobranie azotu z plonem roślin użytków zielonych zależy nie tylko od dawki azotu, ale i formy fizycznej nawozu. Większe pobranie tego składnika, jak wykazały badania przeprowadzone przez autorów, stwierdzono przy nawożeniu formą płynną niż stałą, chociaż nie dla wszystkich obiektów, w poszczególnych latach badań różnice te były udowodnione statystycznie. Najwięcej azotu pobrały rośliny nawożone 40-procentowym roztworem mocznika. Ponadto wcześniejsze publikacje donoszą (Ciepiela 2004), 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.

Zawartość azotu w masie roślinnej, a więc i pobranie, zależy także od warunków meteorologicznych (Ciepiela i in. 2008, 2009), szczególnie od ilości i rozkładu opadów atmosferycznych w sezonie wegetacyjnym. Ponadto istotnym elementem decydującym o wyniesieniu azotu z plonem roślin, w przypadku użytków zielonych, jest skład botaniczny runi, a ściślej zmiany jakie w nim zachodzą pod wpływem zastosowanego nawożenia. Z przeprowadzonych przez Jodełkę i in. (2005) badań wynika, że znaczący udział w runi łąkowej wartościowych traw, takich jak *Dactylis glomerata*, *Festuca pratensis*, *Arrhenatherum elatius*, *Poa pratensis* i *Festuca rubra*, przyczynił się do wzrostu wyniesienia azotu w stosunku do obiektów o niższym ich udziale, a wyższym (ponad 12%) ziół i chwastów. Autorka twierdzi, że wymienione trawy, jako gatunki nitrofilne, dobrze reagują na nawożenie azotem, zwiększając tym samym plon suchej masy i pobranie azotu z gleby i nawozów.

Obok pobrania, miarą skuteczności nawożenia roślin azotem jest efektywność rolnicza wyrażona przyrostem plonu na jednostkę azotu zastosowanego w nawozach (Fotyma 1997). W trzyletnim okresie badań nad runią łąkową, opisanych przez Ciepelię i in. (2008), wartość tego wskaźnika kształtowała się w granicach od 19,1 do 39,0 kg s.m. · kg⁻¹ N.

Natomiast w późniejszej pracy autorów (Ciepiela i in. 2009), również dotyczącej tej problematyki, efektywność agronomiczna runi wielogatunkowej wynosiła od 18,5 do 30,8 kg s.m. kg⁻¹ N i jak podano, jej wartości nie zależały istotnie od dawek azotu stosowanych w eksperymencie. Wyniki te nie znalazły potwierdzenia w publikacjach innych autorów.

Z badań Kitczaka (1997) wynika, że efektywność rolnicza nawożenia azotem stokłosy obiedkowatej malała wraz ze wzrostem dawki tego składnika. Taki sam kierunek zmian pod wpływem nawożenia azotowego kukurydzy uzyskali Fotyma i in. (1992) oraz Fotyma (1994). Na uwagę jednak zasługuje fakt, że zróżnicowanie wielkości tej efektywności, w badaniach opisywanych w literaturze przedmiotu, wystąpiło w zależności od formy nawozu azotowego. W warunkach dolistnego stosowania azotu w roztworze mocznika, wartości tego wskaźnika były wyższe, i to niezależnie od dawki N. Podobne efekty uzyskano w doświadczeniu prowadzonym przez Jodelkę i in. (2005), Nielsena i in. (1988), Fotymę i in. (1992), Fotymę (1994), Szmigiel (1998) i Kruczka (2000a, 2000b).

Efektywność fizjologiczna nawożenia azotem w wielu badaniach (Ciepiela 2004, Jodelka i in. 2005, Ciepiela i in. 2008, 2009) była większa od rolniczej, co świadczy o tym, że roślinność łąkowa dobrze przetwarzała pobrany azot na plon. Podobne wyniki uzyskano w badaniach własnych.

Brak danych w literaturze przedmiotu dotyczących efektywności fizjologicznej nawożenia mieszanek trawiasto-motylikowatych azotem i użyźniaczem glebowym uniemożliwia przeprowadzenie wnikliwszej dyskusji. Jednakże badania dotyczące nawożenia azotem traw w uprawie polowej (Ciepiela 2004) i kukurydzy (Fotyma 1994) wskazują, że efektywność fizjologiczna i wykorzystanie tego nawożenia maleje w miarę wzrostu dawki azotu. Istotny wpływ na te parametry mają także rodzaj i forma nawozu, co udowodniono w badaniach Kruczka 2000a oraz Ciepiela i in. 2008.

WNIOSKI

1. Zastosowanie użyźniacza glebowego do zasilania mieszanek *Festulolium* z koniczyną łąkową i lucerną mieszańcową nie spowodowało wzrostu wykorzystania azotu z nawożenia, przyczyniło się jedynie do zwiększenia jego pobrania przez rośliny, co pozytywnie przełożyło się na efektywność agronomiczną i fizjologiczną upraw.

2. Najwięcej azotu z plonem pobrały mieszanki posiadające w swoim składzie koniczynę łąkową jako jeden z komponentów. Natomiast wykorzystanie azotu dostarczonego z nawozem mineralnym było najwyższe na obiektach obsianych mieszankami dwukomponentowymi.

3. Najwyższym przyrostem plonu suchej masy roślin na kilogram azotu zastosowanego w nawożeniu (Er) i pobranego (Ef), w całym cyklu badawczym, odznaczały się zasiewy z trójkomponentową mieszanką *Festulolium* z koniczyną łąkową i lucerną mieszańcową.

PIŚMIENNICTWO

Bac S., Koźmiński C., Rojek M. 1993. Agrometeorologia. PWN, Warszawa, 32–33.

Ciepiela G.A., Kolczarek R., Jankowska J., Jankowski K. 2009. Efektywność nawożenia runi łąkowej azotem stosowanym w nawozie płynnym i stałym. Ann. UMCS, Vol. LXIV (2) Sect. E, 67–77.

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

Ciepiela G.A., Jankowska J., Kolczarek R., Jankowski K. 2008. Wykorzystanie azotu przez ruń łąkową zastosowanego w roztworze mocznika i w saetrze amonowej. Łąk. Pol. 11, 43–56.

- Czapla J.** 2000. The effects of nitrogen and potassium fertilization on yield and quality of rescuegrass grown on arable land. Part 1. Yield and content of some nitrogen forms. *Natur. Sci.*, 5, 83–94.
- Dembek R.**, 2001. Wpływ koniczyny białej i nawożenia azotem na plonowanie jej mieszanek z życiłą trwałą i zawartość azotu w runi. *Pam. Puł.*, 125, 57–64.
- Fotyma E.** 1994. Reakcja roślin uprawy polowej na nawożenie azotem, III. Kukurydza. *Fragm. Agron.* 4 (44), 20–35.
- Fotyma E.**, 1997. Efektywność nawożenia azotem podstawowych roślin uprawnych. *Fragm. 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.
- Jodelka J., Jankowski K., Nowak M.** 2005. Wykorzystanie różnych form nawozów azotowych do odnawiania zdegradowanego zbiorowiska łąkowego. *Fragm. Agron.* 23 (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.
- Klama J., Jędrzycka M., Wiśniewska H., Gajewski P.** 2010. Ocena stopnia rozwoju oraz kondycji fizjologicznej ozimych roślin pszenicy i rzepaku w uprawie z zastosowaniem efektywnych mikroorganizmów. *Nauka, Przynr., Techn.*, t. 4, z. 6, 1–8.
- 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. *Fragm. 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. *Fragm. Agron.*, 3 (67), 18–29.
- Małecka I., Blecharczyk A.** 2005. Efektywność nawożenia azotem w różnych systemach uprawy roli. *Fragm. Agron.*, 23 (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.
- Sosnowski J., Jankowski K.** 2010. Wpływ użyźniacza glebowego na skład florystyczny i plonowanie mieszanek kostrzycy Brauna z koniczyną łąkową i lucerną mieszańcową. *Łąk. Pol.* 13, 157–166.
- Sulewska H., Szymańska G., Pecio A.** 2009. Ocena efektów stosowania użyźniacza glebowego UGmax w uprawie kukurydzy na ziarno i kiszonkę. *J. Res. App. Agric. Eng.*, 54 (4), 120–125.
- Szmigiel A.**, 1998. Badania nad plonowaniem roślin i wykorzystaniem azotu w zbożowym członie zmianowania na tle dawki i sposobu nawożenia. *Zesz. Nauk. AR Kraków, Rozpr.*, 131.
- Wojtala-Łozowska L., Parylak D.** 2010. Porażenie pszenicy ozimej przez choroby podsuszkowe w zależności od przedplonu, zastosowania użyźniacza glebowego i materiału siewnego. *Postępy Ochr. Rośl.* 50 (4), 2057–2064.