

EFEKTYWNOŚĆ AZOTU MINERALNEGO I ORGANICZNEGO W NAWOŻENIU RUNI ŁĄKOWEJ

GRAŻYNA A. CIEPIELA, JOLANTA JANKOWSKA, KAZIMIERZ JANKOWSKI

Studium Turystyki i Rekreacji, Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach

ciepiela@poczta.onet.pl

Synopsis. W doświadczeniu ścisłym, prowadzonym w latach 1999–2001 na łące trwałej badano efektywność nawożenia runi łąkowej nawozem mineralnym, obornikiem i niekonwencjonalnymi nawozami organicznymi (kompostem popieczarkowym, wermikompostem i kompostem „Dano”). Określano efektywność fizjologiczną i rolniczą nawożenia azotem zawartym w tych nawozach oraz wykorzystanie azotu przez runi łąkową. Nawożenie organiczne stosowano jednorazowo, wczesną wiosną w 1999 r. w ilości 10 ton substancji organicznej na hektar. Nawożenie mineralne stosowano w każdym roku w następujących dawkach: N – 180 kg·ha⁻¹ (saletra amonowa), P – 110 kg·ha⁻¹ P₂O₅ (superfosfat potrójny), K – 150 kg·ha⁻¹ K₂O (sól potasowa). Uzyskane w pracy wyniki wskazują, że efektywności fizjologiczna azotu pochodzącego z nawozów organicznych nie była istotnie zróżnicowana w zależności od rodzaju nawozu (średnia z 3 lat). Natomiast efektywność azotu z saletry amonowej była podobna jak z obornika i niższa niż z niekonwencjonalnych nawozów organicznych. Efektywność rolnicza nawożenia azotem runi łąkowej kształtowała się w granicach 21,8–32,5 kg s.m.·kg⁻¹ N i była najwyższa na obiekcie z obornikiem, a najniższa na obiektach z kompostem popieczarkowym i saletrą amonową. Wykorzystanie azotu z nawozów przez runi łąkową było zróżnicowane w zależności od rodzaju nawozu. Najwyższe było z obornika (86,2%), a najniższe z kompostu popieczarkowego (52,9%). Ponadto wartość tego współczynnika była większa po zastosowaniu wermikompostu i kompostu „Dano” niż saletry amonowej.

Słowa kluczowe – *key words*: nawożenie mineralne – *mineral fertilizers*, obornik – *farmyard manure*, kompost popieczarkowy – *champost*, wermikompost – *vermicompost*, kompost „Dano” – *compost „Dano”*, efektywność fizjologiczna – *physiological efficiency*, efektywność rolnicza – *agricultural efficiency*, wykorzystanie azotu – *nitrogen utilization*

WSTĘP

Badaniom nad wpływem nawożenia łąk trwałych na plonowanie i skład botaniczny runi łąkowej poświęcono w literaturze przedmiotu wiele uwagi. Dotyczyły one głównie nawożenia mineralnego. Nawożenie organiczne użytków zielonych, szczególnie obornikiem jest rzadko stosowane ze względu na ograniczoną ilość tego nawozu w gospodarstwach rolnych i pierwszeństwo jego wykorzystania na gruntach ornych. Poprawę bilansu nawozów organicznych można uzyskać poprzez wykorzystanie odpowiedniej jakości odpadów organicznych, zwanych niekonwencjonalnymi substancjami nawozowymi. Powodują one korzystne zmiany właściwości fizycznych i chemicznych gleb [Gallardo-Lara i Nogales 1987, Gasco i in. 2005, Glaub i Golueke 1989, Kalembasa i Wiśniewska 2004]. Zdaniem Cabrera i in. [1989] oraz Mazura [2002], rolnicze zagospodarowanie odpadów, nieskażonych chemicznie i bakteriologicznie ma duże znaczenie przyrodniczo-ekologiczne.

Do niekonwencjonalnych nawozów organicznych zaliczane są różnego rodzaju komposty [Baran i Martyn 1996, Bauduin i in. 1987, Cheng i in. 2007, Lekman i in. 1997]. Od wielu lat

w Polsce stosuje się nową biotechnologię produkcji wysokowartościowego nawozu organicznego zwanego wermikompostem. Powstaje on w procesie kompostowania odpadów organicznych i przemysłowych przy pomocy zagęszczonych populacji dżdżownic gatunku *Eisenia fetida* Sav., znanych pod nazwą kalifornijskich [Kalembasa 1998]. Badania dotyczące produkcji i oceny wartości nawozowej wermikompostów dowodzą, że nawóz ten otrzymany z osadów ściekowych czy z obornika zawiera znaczne ilości związków próchnicznych i składników pokarmowych dla roślin [Kalembasa i Wiśniewska 2007a, Wiśniewska i Kalembasa 2008].

Innym odpadowym materiałem organicznym, powstającym ostatnio w dużej ilości jest zużyte podłoże w produkcji pieczarek, które po usunięciu poza obręb pieczarkarni powinno być kompostowane, a następnie wykorzystane do rekultywacji gleb i nawożenia roślin uprawnych [Kalembasa i Wiśniewska 2004 i 2009]. Według Szudygi i Maszkiewicza [1987] prawidłowo przygotowany kompost popieczarkowy nie zawiera szkodników, grzybów chorobotwórczych i nasion chwastów, a pod względem cech fizycznych i biologicznych jest zbliżony do próchnicy i stanowi wartościowy nawóz organiczny. Przydatność kompostowanego podłoża po uprawie pieczarek do nawożenia *Lolium multiflorum*, została potwierdzona w badaniach Kalembasy i Wiśniewskiej [2007b, 2008, 2009]. Uzyskane przez autorki wyniki wskazują, że efekty nawożenia kompostem popieczarkowym są podobne jak nawożenia obornikiem.

Zastosowanie w rolnictwie znajduje także kompost „Dano”, produkowany z odpadów komunalnych metodą „Dano” [Lekman i in. 1997, Stępień i in. 2006]. Technologia jego produkcji polega na wstępnej, biotermicznej obróbce w specjalnej komorze zwanej biostabilizatorem, a następnie „dojrzwaniu” masy w stosach na otwartej powierzchni przez około 3 miesiące [Przywarska 1993]. Z badań Jankowskiego i Ciepeli [1995] oraz Jankowskiego [1997] wynika, że kompost „Dano” produkowany z odpadów miejskich Warszawy jest cennym nawozem organicznym, nadającym się do nawożenia łąk.

Skuteczność nawożenia, zdaniem wielu autorów [Fotyma 1997, Kruczek i Szulc 2000, Małeczka i Blecharczyk 2005] powinna być wyrażana nie tylko zmianami ilościowymi i jakościowymi plonu użytkowego, 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 nawozów na plon użytkowy,
- wykorzystanie azotu z nawozów – ilość azotu pobranego z nawozu na jednostkę azotu zastosowanego w nawozach.

Wymienione wskaźniki mają dużą przydatność w badaniach nad efektywnością nawożenia roślin azotem.

Celem prowadzonych badań było porównanie efektywności nawożenia runi łąkowej azotem zawartym w saetrze amonowej i w nawozach organicznych.

MATERIAŁ I METODY

Prace badawcze przeprowadzono w latach 1999–2001 na łące trwałej, nieużytkowanej rolniczo przez 20 lat, położonej na glebie gruntowo-glejowej właściwej w miejscowości Chodów nad rzeką Liwiec, koło Siedlec. Gleba obiektu doświadczalnego, przed założeniem doświadczenia, charakteryzowała się wysoką zawartością N-ogólnego (4,5 g·kg⁻¹s.m.), średnią zawartością magnezu (51 mg Mg·kg⁻¹gleby), bardzo niską fosforu (34 mg P₂O₅·kg⁻¹ gleby) i potasu (30 mg K₂O·kg⁻¹ gleby) oraz zasadowym odczynem (pH w 1n KCL = 7,15).

Doświadczenie założono metodą losowanych bloków, w czterech powtórzeniach. Powierzchnia każdego poletka wynosiła 9 m².

W doświadczeniu zastosowano następujące obiekty nawozowe:

- bez nawożenia – kontrola,
- NPK
- obornik
- wermikompost z osadów ściekowych
- kompost popieczarkowy
- kompost „Dano”.

Skład chemiczny nawozów organicznych, zastosowanych w doświadczeniu podano w tabeli 1.

Tabela 1. Skład chemiczny obornika i nawozów organicznych
Table 1. Chemical composition of manure and organic fertilizer

Składniki – Elements		Nawóz – Fertilizers			
		Obornik <i>Farmyard manure</i>	Kompost popieczarkowy <i>Champost</i>	Wermikompost <i>Vermicompost</i>	Kompost <i>Compost</i> „Dano”
Substancja organiczna <i>Organic matter</i>	g·kg ⁻¹ s.m.–DM	735	365	529	442
N		25,1	14,0	13,7	13,5
P		4,8	1,5	10,5	5,1
K		16,7	17,4	16,8	3,8
Ca		13,8	5,0	1,7	31,5
Mg		5,3	0,4	0,04	2,7
Na		1,1	0,2	0,1	3,3
Zn	mg·kg ⁻¹ s.m.–DM	178	2,68	220	740
Cu		41,0	18,0	20,0	280
Cd		0,6	0,3	0,6	5,4
Pb		9,0	7,4	9,0	290
Cr		7,0	6,0	7,0	52,0
pH _{KCl}		7,0	6,4	7,0	7,8

Nawożenie organiczne zastosowano jednorazowo wczesną wiosną w 1999 r. w ilości 10 ton substancji organicznej na hektar. Nawożenie mineralne stosowano w każdym roku w następujących dawkach: N – 180 kg·ha⁻¹ (saletra amonowa), P – 110 kg·ha⁻¹ P₂O₅ (superfosfat potrójny), K – 150 kg·ha⁻¹ K₂O (sól potasowa). Roczną dawkę azotu i potasu dzielono na 3 równe części i stosowano pod każdy odrost. Fosfor dostarczono roślinom jednorazowo wiosną.

Ilość azotu dostarczonego roślinom w nawozach organicznych wyliczono w oparciu o zawartość substancji organicznej i azotu ogólnego w suchej masie nawozu (tab. 2).

We wszystkich badanych sezonach zbierano trzy pokosy. Bezpośrednio po skoszeniu wzięto zielonkę z każdego poletka i pobrano po 0,5 kg próby zielonej masy w celu określenia zawartości suchej masy w roślinach oraz wykonania analiz chemicznych. Ponadto z pierwszych odrostów pobrano 1-kilogramowe próby zielonej masy w celu wykonania analizy botaniczno-

Tabela 2. Ilość azotu dostarczona roślinom w nawozach ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)Table 2. The amount of nitrogen applied in fertilizers ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)

Obiekty – <i>Treatments</i>	Rok – <i>Year</i>		
	1999	2000	2001
Nawożenie mineralne – <i>Mineral fertilizers</i>	180	180	180
Obornik – <i>Farmyard manure</i>	342	–	–
Kompost popieczarkowy – <i>Champost</i>	384	–	–
Wermikompost – <i>Vermicompost</i>	259	–	–
Kompost „Dano” – <i>Compost „Dano”</i>	305	–	–

wagowej. Zawartości azotu ogólnego w materiale roślinnym oznaczono metodą Kjeldahla. Na podstawie plonów suchej masy roślin i zawartości N-ogólnego w materiale roślinnym dokonano oceny skuteczności nawożenia runi łąkowej azotem zastosowanym w nawozach.

Wskaźniki efektywności nawożenia azotem obliczono według wzorów zamieszczonych w pracy Fotymy i Mercika [1995]. Pobranie azotu i efektywność fizjologiczną nawożenia wyliczono w oparciu o sumę plonu suchej masy roślin z trzech pokosów (w każdym roku) i średnią (z trzech pokosów) zawartość azotu ogólnego. Do wyliczenia efektywności rolniczej nawożenia, ze względu na jednorazowe zastosowanie nawozów organicznych (w pierwszym roku badań) wykorzystano sumę plonu suchej masy roślin z trzech lat badań (1999–2001) i dawkę azotu dostarczoną roślinom w nawozach.

Wyniki doświadczenia opracowano statystycznie wykorzystując analizę wariancji dla doświadczeń jednoczynnikowych, wielokrotnych w układzie split-blok. 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 $\alpha \leq 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Efektywność nawożenia badanej runi łąkowej wyliczono w oparciu o dawkę azotu wniesioną w nawozach (tab. 2), plon suchej masy roślin (tab. 3) oraz zawartość azotu ogólnego w roślinach (tab. 4). Dane zamieszczone w tabelach 2, 3 i 4 nie są omawiane w tej pracy, bowiem zostały opublikowane we wcześniejszych artykułach autorstwa Ciepieli i in. [2007 i 2008] oraz Jankowskiego i in. [2004].

Wyniesienie azotu z plonem roślin było zróżnicowane w zależności od rodzaju nawozu (tab. 5). Runi łąkowa nawożona saletrą amonową (NPK) pobrała z gleby i nawozów (w ciągu trzech lat) średnio o 86,4 do 160,0 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ azotu więcej niż nawożona organicznie, przy czym pobranie tego składnika z obiektu z obornikiem było istotnie wyższe niż z obiektów z innymi nawozami organicznymi. Ponadto rośliny nawożone kompostem „Dano” pobrały więcej azotu niż nawożone wermikompostem i kompostem popieczarkowym.

Pobranie azotu w poszczególnych latach badań nie zawsze było istotnie zróżnicowane. Jednakże w 1999 roku, wyniesienie tego pierwiastka z plonem roślin było najmniejsze. Przyczyną tego stanu rzeczy był niższy w porównaniu do pozostałych lat badań plon suchej masy roślin i mniejsza zawartość azotu ogólnego w roślinach. Było to prawdopodobnie spowodowane nie-

Tabela 3. Plon suchej masy roślin ($t \cdot ha^{-1}$)
 Table 3. Yield of dry matter of plant ($t \cdot ha^{-1}$)

Obiekty – <i>Treatments</i>	Rok – <i>Year</i>			Razem <i>Total</i>
	1999	2000	2001	
Kontrola – <i>Control</i>	3,88	3,75	3,31	10,9
Nawożenie mineralne – <i>Mineral fertilizers</i>	7,01	7,50	9,57	24,1
Obornik – <i>Farmyard manure</i>	6,37	7,55	8,13	22,1
Kompost popieczarkowy – <i>Champost</i>	5,70	6,22	7,38	19,3
Wermikompost – <i>Vermicompost</i>	6,02	5,83	7,12	19,0
Kompost „Dano” – <i>Compost „Dano”</i>	6,11	6,36	7,89	20,4

Tabela 4. Zawartość azotu ogólnego w roślinach ($g \cdot kg^{-1}$ s.m.)
 Table 4. Content of total nitrogen in plant ($g \cdot kg^{-1}$ D.M.)

Obiekty – <i>Treatments</i>	Rok – <i>Year</i>		
	1999	2000	2001
Kontrola – <i>Control</i>	22,6	24,2	20,6
Nawożenie mineralne – <i>Mineral fertilizers</i>	25,3	29,9	23,6
Obornik – <i>Farmyard manure</i>	23,7	27,6	22,4
Kompost popieczarkowy – <i>Champost</i>	24,1	23,8	22,3
Wermikompost – <i>Vermicompost</i>	23,7	25,2	22,1
Kompost „Dano” – <i>Compost „Dano”</i>	24,6	25,5	20,8

Tabela 5. Pobranie azotu przez runi łąkową ($kg N \cdot ha^{-1}$)
 Table 5. Nitrogen uptake by meadow sward in ($kg N \cdot ha^{-1}$)

Obiekty – <i>Treatments</i>	Rok – <i>Year</i>			Średnia <i>Mean</i>
	1999	2000	2001	
Kontrola – <i>Control</i>	87,8	90,8	68,3	82,3
Nawożenie mineralne – <i>Mineral fertilizers</i>	177,4	224,3	226,0	209,2
Obornik – <i>Farmyard manure</i>	150,7	208,2	182,4	180,4
Kompost popieczarkowy – <i>Champost</i>	137,5	147,9	164,3	149,9
Wermikompost – <i>Vermicompost</i>	142,4	146,6	157,6	148,9
Kompost „Dano” – <i>Compost „Dano”</i>	150,1	162,1	163,9	158,7
Średnia – <i>Mean</i>	141,0	163,3	160,4	154,9
NIR _{0,05} dla – <i>LSD</i> _{0,05} for: nawożenia – <i>fertilization</i> – 8,7; lat – <i>years</i> – 16,3; nawożenie x lata – <i>fertilization x years</i> – 7,6				

korzystnym składem botanicznym runi łąkowej, który ukształtował się przez 20-lecie. Wyniki analizy botaniczno-wagowej wykazały, że w badanej runi, w 1999 r. 31,0% stanowiły chwasty [Jankowski i in. 2005]. Ponadto duży udział miały nisko produktywne trawy takie jak: *Holcus lanatus* i *Festuca rubra* i *Agropyron repens*. Stosowane w doświadczeniu nawożenie korzystnie zmieniło skład florystyczny zbiorowiska w kolejnych latach użytkowania. Znacznie wzrósł udział wartościowych i wysoko produktywnych traw, między innymi *Dactylis glomerata*, *Arrhenatherum elatius*, *Bromus inermis* i *Festuca pratensis*, a udział ziół i chwastów zmniejszył się średnio o 18,5%.

Efektywność fizjologiczna, rozumiana jako przyrost plonu na jednostkę azotu pobranego przez rośliny z nawozów jest miarą zdolności roślin do przetworzenia pobranego azotu na plon użytkowy i świadczy o wydajności procesów gospodarowania tym pierwiastkiem [Kruczek 2000]. W pierwszym roku badań [1999] wartość tego wskaźnika nie była istotnie różnicowana w zależności od rodzaju nawozu (tab. 6). Natomiast w 2000 roku oraz średnio za trzy lata (tab. 7)

Tabela 6. Efektywność fizjologiczna nawożenia azotem runi łąkowej (kg s.m. \cdot kg⁻¹ N pobranego)

Table 6. Physiological efficiency of nitrogen fertilization of meadow sward, kg D.M \cdot kg⁻¹ N uptake by plants

Obiekty – Treatments	Lata – Years		
	1999	2000	2001
Nawożenie mineralne – Mineral fertilizers	34,9	28,1	39,7
Obornik – Farmyard manure	39,6	32,4	42,3
Kompost popieczarkowy – Champost	36,6	43,3	42,4
Wermikompost – Vermicompost	39,2	37,3	42,7
Kompost „Dano” – Compost „Dano”	35,8	36,6	47,9
Średnia – Mean	35,2	35,5	43,0
NIR _{0,05} dla – LSD _{0,05} for: lat – years – 5,7; nawożenie x lata – fertilization x years – 4,8			

Tabela 7. Efektywność rolnicza i fizjologiczna nawożenia azotem runi łąkowej oraz wykorzystanie azotu z nawozów w zależności od nawożenia (średnio 1999–2001)

Table 7. Physiological and agricultural efficiency of nitrogen and nitrogen utilization by meadow sward depending on fertilization (mean of 1999–2001)

Obiekty – Treatments	Efektywność rolnicza (kg s.m. \cdot kg ⁻¹ N) Agricultural efficiency (kg DM \cdot kg ⁻¹ N applied)	Efektywność fizjologiczna (kg s.m. \cdot kg ⁻¹ N pobranego) Physiological efficiency (kg DM \cdot kg ⁻¹ N uptake)	Wykorzystanie azotu Nitrogen utilization (%)
Nawożenie mineralne – Mineral fertilizers	24,3	34,5	70,5
Obornik – Farmyard manure	32,5	37,7	86,2
Kompost popieczarkowy – Champost	21,8	41,2	52,9
Wermikompost – Vermicompost	30,9	40,2	76,8
Kompost „Dano” – Compost „Dano”	30,8	41,1	75,0
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	5,4	5,6	4,2

efektywność ta była niższa przy nawożeniu azotem mineralnym i obornikiem w porównaniu do nawożenia niekonwencjonalnymi nawozami organicznymi. Odnotowano także wzrost efektywności fizjologicznej nawożenia azotem mineralnym i organicznym w 2001 roku. Było to spowodowane znacznie wyższym w tym roku (w porównaniu do lat poprzednich) przyrostem plonu roślin na wszystkich nawożonych obiektach w stosunku do obiektu kontrolnego.

Miarą skuteczności nawożenia roślin azotem jest efektywność rolnicza wyrażona przyrostem plonu na 1 kg N zastosowanego w nawozach [Fotyma 1997]. W badaniach własnych wartości tego wskaźnika kształtowały się w granicach 21,8–32,5 kg s.m.·kg⁻¹ N i różniła się istotnie w zależności od rodzaju nawozu (tab. 7). Największy przyrost plonu suchej masy roślin stwierdzono na obiekcie z obornikiem (32,5 kg s.m.·kg⁻¹ N). Należy jednak podkreślić, że przyrost ten nie różnił się istotnie od uzyskanego na obiektach nawożonych wermikompostem i kompostem „Dano”. Otrzymane w pracy wyniki znajdują potwierdzenie w badaniach innych autorów [Kalembasa i Wiśniewska 2007a], w których również wykazano, że plonotwórcze działanie obornika było podobne jak kompostu i wermikompostu. W prowadzonym doświadczeniu najmniejszą efektywność rolniczą uzyskano w warunkach nawożenia kompostem popieczarkowym (21,8 kg s.m.·kg⁻¹ N) i nawozem mineralnym (24,3 kg s.m.·kg⁻¹ N). Należy jednak zaznaczyć, że ilość azotu dostarczona roślinom w tych rodzajach nawozów była wyższa w porównaniu do pozostałych nawozów i to przypuszczalnie zdecydowało o małej efektywności tych dwóch nawozów. Znajduje to potwierdzenie w innych badaniach [Ciepiela 2004, Ciepiela i in. 2009, Kitzczak 1997], gdzie wartości tego wskaźnika dla runi łąkowej i traw w uprawie polowej w miarę wzrostu dawki azotu malała.

Współczynnik wykorzystania azotu z nawozów określa skuteczność pobrania azotu przez rośliny i jest wyliczany jako procentowy stosunek efektywności rolniczej do fizjologicznej lub jako iloraz azotu pobranego z nawozu do zastosowanego, wyrażony w procentach [Fotyma i Mercik 1995]. Efektywność fizjologiczna stosowanego w doświadczeniu azotu była większa niż rolnicza. Świadczy to o dobrym przetwarzaniu pobranego przez rośliny azotu na plon. Wartość współczynnika wykorzystania azotu przez badaną run łąkową kształtował się w granicach 52,9–86,2%. Najwyższa była z obiektu z obornikiem a najniższa z kompostem popieczarkowym. Podobne efekty uzyskano w badaniach prowadzonych przez Kalembasę i Wiśniewską [2007a] nad nawożeniem *Lolium multiflorum* różnymi nawozami organicznymi. Stosunkowo niskim wykorzystaniem cechował się azot z saletry amonowej plasując się na przedostatnim miejscu. Dane te nie znajdują potwierdzenia w badaniach prowadzonych przez Mercika i in. [2003], gdzie wykorzystanie azotu z nawozów mineralnych w różnych doświadczeniach polowych było wyższe niż z obornika.

WNIOSKI

1. Pobranie azotu z plonem roślin ze wszystkich obiektów nawozowych było znacznie wyższe od zastosowanej dawki tego składnika. Najwięcej azotu poprały rośliny nawożone saletrą amonową i obornikiem, a najmniej wermikompostem i kompostem popieczarkowym.
2. Efektywność fizjologiczna azotu pochodzącego z nawozów niekonwencjonalnych była istotnie wyższa niż z nawozu mineralnego. Świadczy to o tym, że badana run łąkowa lepiej przetwarzała pobrany azot z kompostu popieczarkowego, kompostu „Dano” i wermikompostu na plon użytkowy niż z saletry amonowej.
3. Efektywność rolnicza nawożenia runi łąkowej azotem wniesionym w oborniku, wermikompoście i kompoście „Dano” nie była istotnie różnicowana, natomiast była większa niż azotem wniesionym w saletrze amonowej i kompoście popieczarkowym.

4. Wykorzystanie azotu z nawozów przez runię łąkową było zróżnicowane w zależności od rodzaju nawozu. Najwyższe było z obornika (86,2%), a najniższe z kompostu popieczarkowego (52,9%). Ponadto wartość tego współczynnika była większa po zastosowaniu wermikompostu i kompostu „Dano” niż saletry amonowej.
5. Najmniej efektywny w nawożeniu runi łąkowej był kompost popieczarkowy. Jednakże kompost ten podobnie jak wermikompost i kompost „Dano” może być stosowany na łąki trwałe. Wykorzystanie tych substancji jako nawozów organicznych przyczyni się do rozwiązania problemu ich utylizacji, a także do zmniejszenia zużycia nawozów mineralnych w produkcji paszy z użytków zielonych.

PIŚMIENNICTWO

- Baran S., Martyn W. 1996. Transformacja odpadów organicznych w kompostach. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 429: 33–36.
- Bauduin M., Delcarte E., Impens R. 1987. *Agronomic characterization and evaluation of two new municipal waste composts*. In: *Composts: production, quality and use*. EAS London, New York: 479–486.
- Cabrera F., Diaz E., Madrid L. 1989. Effect of using urban compost as manure on soil: contents of some nutrients and heavy metals. *J. Sci. Food Agric.* 47(2): 159–169.
- Cheng H.F., XU W.P., Liu J.L., Zhao Q.J., He Y.Q., Chen G. 2007. Application of composted sewage sludge (CSS) as a soil amendment for turfgrass growth. *Ecol. Eng.* 29: 96–100.
- Ciepiera G.A. 2004. Reakcja wybranych gatunków traw na nawożenie azotem stosowanym w roztworze mocznika i saletrze amonowej. *Wyd. AP Siedlce, Rozpr. Nauk.* 76: ss. 80.
- Ciepiera G.A., Jankowska J., Jankowski K., Kolczarek R. 2007. Wpływ niekonwencjonalnych nawozów organicznych na jakość paszy z łąki trwałej. *Fragm. Agron.* 24(1): 14–24.
- Ciepiera G.A., Kolczarek R., Jankowska J., Jankowski K. 2009. Efektywność nawożenia runi łąkowej azotem stosowanym w nawozie płynnym i stałym. *Ann. UMCS, Sec. E* 64(2): 67–77.
- Ciepiera G.A., Kolczarek R., Jankowska J., Jodełka J., Jankowski K. 2008. *Influence of organic fertilizers on the dry matter field and microelement content of meadow herbage*. *Grassland Sci. Europe* 13: 570–573.
- Fotyma E. 1997. Efektywność nawożenia azotem podstawowych roślin uprawnych. *Fragm. Agron.* 14(1): 46–66.
- Fotyma M., Mercik S. 1995. Nawożenie a technologie uprawy roślin. W: *Chemia rolna*. PWN Warszawa: 233–295.
- Gallardo-Lara F., Nogales R. 1987. Effect of the application of town refuse compost on the soil – plant system. *Biol. Wastes* 19: 35–62.
- Gasco G., Lobo M.C., Guerrero F. 2005. Land application of sewage sludge: A soil columns study. *Water Resour.* 31: 309–314.
- Glaub J.C., Golueke C.G. 1989. Municipal organic wastes composts for arid areas. *Arid Soil Res. Rehab.* 3: 171–184.
- Jankowski K. 1997. Możliwości wykorzystania kompostu „Dano” z odpadów miejskich do nawożenia użytków zielonych. *Zesz. Nauk. WSRP Siedlce, Ser. Rozpr. Nauk.* 48: 1–63.
- Jankowski K., Ciepiera G.A. 1995. Wpływ nawożenia odpadami miejskimi na plonowanie i skład chemiczny kupkówki pospolitej i lucerny mieszańcowej. *Zesz. Nauk. WSRP Siedlce, Rol.* 37: 139–144.
- Jankowski K., Ciepiera G.A., Jodełka J., Kisielińska B. 2005. Zmiany w składzie botanicznym runi łąki odlogowanej pod wpływem stosowania nawozów mineralnych i organicznych. *Łąk. Pol.* 8: 255–262.
- Jankowski K., Ciepiera G.A., Jodełka J., Kolczarek R. 2004. Możliwość wykorzystania kompostu popieczarkowego do nawożenia użytków zielonych. *Ann. UMCS, Sec. E* 59(4): 1763–1770.
- Kalembasa D., Wiśniewska B. 2004. Wykorzystanie podłoża popieczarkowego do rekultywacji gleb. *Rocz. Glebozn.* 15(2): 209–217.

- Kalembasa D., Wiśniewska B. 2007a. Wpływ nawożenia obornikiem, kompostami i wermikompostami obornikowymi na plon i zawartość azotu w życicy wielokwiatowej (*Lolium multiflorum* Lam.) oraz w glebie. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 6(2): 39–45.
- Kalembasa D., Wiśniewska B. 2007b. Wpływ nawożenia podłożem popieczarkowym na zawartość wybranych makroskładników w życicy wielokwiatowej. *Inż. Ekol.* 18: 78–79.
- Kalembasa D., Wiśniewska B. 2008. Wpływ nawożenia podłożem popieczarkowym na plon i zawartość wybranych makroelementów w życicy wielokwiatowej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 526: 265–275.
- Kalembasa D., Wiśniewska B., 2009. Influence of posts-champignon subsoil fertilization on lead, cadmium and Nickel content in Italia ryegrass. *Fres. Environ. Bull.* 18(7): 1100–1102.
- Kalembasa, D. 1998. Ocena wartości nawozowej wermikompostu. *Zesz. Nauk. AR Kraków* 334. *Sesja Nauk.* 58: 155–160.
- 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.
- Kruczek A. 2000. Wpływ wielkości dawki azotu i dolistnego dokarmiania kukurydzy azotem i mikroelementami na wybrane wskaźniki efektywności nawożenia. *Fragm. Agron.* 17(3): 5–17.
- Kruczek A., Szulc P. 2000. Wpływ dolistnego stosowania mocznika na pobieranie i wykorzystanie azotu przez kukurydzę. *Fragm. Agron.* 17(3): 18–29.
- Lekman S., Winiarska Z., Kacperk K. 1997. Ocena wartości nawozowej kompostu z odpadów miejskich „Dano”. *Pam. Puł.* 109: 73–86.
- Małecka I., Bleharczyk A. 2005. Efektywność nawożenia azotem w różnych systemach uprawy roli. *Fragm. Agron.* 22(1): 503–511.
- Mazur T. 2002. Odpady organiczne a ochrona i produktywność agrocenozy. Część I. *Wyd. Inst. Agrof. PAN Lublin:* 257–263.
- Mercik S., Mazur T., Łabętowicz J., Urbanowski S., Lenart S., Stępień W., Sądej W. 2003. Ocena trzech systemów nawożenia stosowanego w 5 wieloletnich doświadczeniach polowych na podstawie plonowania zbóż i wykorzystania składników pokarmowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 494: 295–303.
- Przywarska R. 1993. Kompostowanie odpadów i perspektywy rozwoju tej metody w Polsce. *Ochr. Pow. Probl. Odp.* 4: 70–73.
- Stępień W., Rutkowska B., Szulc W., Górnik A. 2006. Możliwości wykorzystania kompostu z odpadów komunalnych w rolnictwie. Część I. Wpływ kompostu „Dano” na właściwości fizykochemiczne gleby. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 512(2): 555–562.
- Szudyga K., Maszkiewicz J. 1987. Uprawa grzybów. *PWRiL Warszawa:* 80–81.
- Trętowski J., Wójcik A.R. 1991. *Metodyka doświadczeń rolniczych.* Wyd. WSRP Siedlce: 331–334.
- Wiśniewska B., Kalembasa D. 2008. Zawartość węgla i azotu w wyciągach z różnych materiałów organicznych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 533: 377–384.

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

THE EFFICACY OF MINERAL AND ORGANIC NITROGEN IN FERTILIZATION OF MEADOW SWARD

Summary

In 1999–2001, in the field experiment was investigated meadow sward responses to fertilization with NPK mineral fertilizers, manure and unconventional organic fertilizers (after mushroom's-champost, vermicompost, compost "Dano"). The study was conducted in terms of efficiency of nitrogen fertilization of meadow sward used in these fertilizers. Organic fertilizers were applied in early spring 1999 in quantities of 10 tonnes of organic matter per hectare. Mineral fertilization was used each year in the following quantities: N – 180 kg·ha⁻¹ (ammonium nitrate), P – 110 kg·ha⁻¹ P₂O₅ (triple superphosphate), K – 150 kg·ha⁻¹ K₂O

(potassium salt). Obtained results show that the physiological efficiency of fertilization of studied meadow sward (average from 3 years) was lower than the fertilization with unconventional organic fertilizers and did not differ significantly from the efficiency obtained for manure. Values of this index for organic fertilizers did not significantly differ. The highest agricultural efficiency reported for a combination with manure (32.5 kg DM·kg⁻¹N). By contrast, the smallest value of this index were obtained by fertilization of meadow sward with champost (21.8 kg DM·kg⁻¹N). It should also be noted that the agricultural efficiency of mineral fertilization was significantly lower than the vermicompost, manure and compost "Dano" and did not differ significantly from the efficiency obtained in condition of fertilization with champost. Obtained results show also no significant differences in the increase of yield per unit of applied nitrogen between the combination with manure, and the combination with vermicompost and compost "Dano". The value of coefficient of nitrogen utilization by the study meadow sward was in the border 52.9–86.2% and was the highest for a combination with manure. By contrast, the lowest nitrogen utilization was reported for champost. In addition, it was demonstrated that the utilization of nitrogen from ammonium nitrate (combination with NPK) was significantly lower than that of manure, vermicompost and compost "Dano."