

Beata WIŚNIEWSKA-KADŻAJAN

WPLYW NAWOŻENIA MINERALNEGO NPK, ORGANICZNEGO OBORNIKIEM I PODŁOŻEM POPIECZARKOWYM NA ZAWARTOŚĆ ORAZ POBRANIE POTASU I MAGNEZU PRZEZ RUŃ ŁĄKOWĄ

FERTILIZATION EFFECT OF MINERAL NPK, ORGANIC FARMYARD MANURE AND MUSHROOM'S COMPOST ON THE CONTENT AND UPTAKING OF POTASSIUM AND MAGNESIUM BY THE MEADOW SWARD

Katedra Łąkarstwa i Kształowania Terenów Zieleni, Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach

Abstract. The study was conducted in the years 1999–2001 on a meadow, where the following fertilizers combinations were used: object control (without fertilizer), NPK mineral fertilization, fertilizing with manure, manure with NPK fertilization, fertilizing the with mushroom's compost; fertilization with NPK and mushroom's compost. The aim of this study was to evaluate, the impact of mineral NPK fertilizers manure and mushroom's compost on the content and uptake of potassium and magnesium by the meadow sword. The mushroom's compost used in the experiment was characterized by higher content of potassium and less magnesium magnesium than the manure used as a standard. Mushroom's compost used separately and together with NPK increased on the potassium content in the sward, but dont increased the magnesium content in compare to the alone manure and supplemented with NPK. After taking into account the nutritional needs of the animals, it was also found that in the study sward, potassium content was optimize, but magnesium extremely deficient. The ratio of K : Mg in the meadows hay gathered from the object fertilized with manure including NPK, was much wider than optimal. It was a result of the uptaking by meadow sward too much potassium and inhibition of magnesium uptaking.

Słowa kluczowe: magnez, nawożenie, NPK, obornik, pobranie, podłoże popieczarkowe, potas, ruń łąkowa, zawartość.

Key words: content, farmyard manure, fertilization, magnesium, meadow sword, mushroom's compost, NPK, potassium, uptaking.

WSTĘP

W Polsce ze względu na duży udział gleb lekkich w użytkach rolnych, prowadzenie właściwej gospodarki substancją organiczną w glebach należy do zadań czołowych. Wobec deficytowego nawożenia naturalnego, należy poszukiwać nowych sposobów zwiększania zawartości materii organicznej w glebach uprawnych (Mazur 2000, Wiśniewska-Kadżajan 2012). Jednym z nich jest wykorzystywanie odpadowych materiałów organicznych w tym podłoża po uprawie pieczarki (popieczarkowego) (Kalembasa i Wiśniewska 2004, 2008 a i b), którego ilości zwiększają się z roku na rok.

Adres do korespondencji – Corresponding author: dr inż. Beata Wiśniewska-Kadżajan, Katedra Łąkarstwa i Kształowania Terenów Zieleni, Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach, ul. Bolesława Prusa 14, 08-110 Siedlce, e-mail: laki@uph.edu.pl.

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 roku kwalifikuje odpady pochodzenia rolniczego do grupy 02 tj. odpady z rolnictwa, sadownictwa, upraw hydroponicznych, rybołówstwa, leśnictwa, łowiectwa oraz przetwórstwa żywności, jako „Inne nie wymienione odpady” (Rozporządzenie... 2001).

Zużyte podłoże popieczarkowe charakteryzuje się dużą zawartością materii organicznej, dobrą zasobnością w formy ogólne i przyswajalne składników pokarmowych należących do makro i mikroelementów, obojętnym odczynem, korzystnym wąskim stosunkiem C : N i niską zawartością metali ciężkich (Kalembasa i Wiśniewska 2001, Jordan i in. 2008, Maszkiewicz 2010). Ze względu na korzystne właściwości odpadu popieczarkowego zasadnym wydaje się wykorzystanie substancji organicznej i składników pokarmowych w nim zawartych, które zapewnią uzyskanie wysokich plonów roślin, o dobrych cechach użytkowych. Proponuje się wykorzystywać odpad popieczarkowy w rolnictwie do nawożenia gruntów ornych i trwałych użytków zielonych, w sadownictwie, warzywnictwie oraz przy zakładaniu i utrzymaniu terenów zieleni (Jankowski i in. 2005, 2012 a, b, c, d, Ciepela i in. 2007). Podłoże po uprawie pieczarki znajduje również zastosowanie do rekultywacji i renowacji terenów zdegradowanych (Rak i in. 2001, Kalembasa i Wiśniewska 2004).

Celem przeprowadzonych badań była ocena wpływu nawożenia mineralnego NPK, organicznego obornikiem i podłożem popieczarkowym na zawartość oraz pobranie potasu i magnezu przez ruń łąkową.

MATERIAŁ I METODY

Trwające trzy lata (1999–2001) doświadczenie założono wiosną 1999 roku metodą losowanych bloków w czterech powtórzeniach na łące trwałej mineralnej, nad rzeką Liwiec, oddalonej 7 km od miasta Siedlce. Użytki zielone w obrębie których prowadzone było doświadczenie położone są na Wysoczyźnie Siedleckiej wchodzącej w skład Niżu Środkowo – Podlaskiego.

Poletka o powierzchni 9 m² (1,5 m × 6 m) oddzielone zostały ścieżkami o szerokości 1 m. Ścieżki oraz obrzeża doświadczenia koszone kilkakrotnie w celu utrzymania niskiej runi. Doświadczenie było zlokalizowane na glebie gruntowo – glejowej właściwej wytworzonej z piasku słabo gliniastego na glinie średniej pylastej.

Badana gleba w poziomie próchnicznym miała odczyn lekko zasadowy zarówno w roztworze KCl, jak i H₂O (wartość pH odpowiednio: 7,15 i 7,40) oraz wykazywała wysoką zawartość azotu (4,5 g · kg⁻¹), niską zawartość przyswajalnego fosforu (34,0 P mg · kg⁻¹) i bardzo niską potasu (30,0 K mg · kg⁻¹).

W badaniach wyróżniono następujące obiekty: obiekt kontrolny (bez nawożenia); nawożony mineralnie NPK; nawożony obornikiem; nawożony obornikiem z NPK; nawożony podłożem popieczarkowym; nawożony podłożem popieczarkowym z NPK. Nawożenie obornikiem i podłożem popieczarkowym zastosowano jednorazowo wczesną wiosną 1999 roku w ilości 10 t · ha⁻¹ świeżej masy. Nawożenie mineralne stosowano w każdym roku badań, azot w dawce 180 kg · ha⁻¹ (saletra amonowa), fosfor – 48 kg P · ha⁻¹ (superfosfat potrójny), potas – 125 kg K · ha⁻¹ (sól potasowa). Roczna dawka azotu i potasu podzielono na trzy równe części pod każdy odrost, fosfor zastosowano jednorazowo wiosną.

Corocznie w sezonie wegetacyjnym zbierano trzy odrosty. Bezpośrednio po skoszeniu, ruń z każdego poletka zważono celem określenia plonu i pobrano 0,5 kg próby zielonej masy do określenia współczynnika podsuszenia i wykonania analiz chemicznych na zawartość K i Mg metodą atomowej spektrometrii absorpcyjnej.

Na podstawie zebranego plonu zamieszczonego we wcześniejszej publikacji Jankowskiego i in. (2004), i oznaczonej zawartości badanych makroskładników obliczono ich pobranie. Uzyskane wyniki badań poddano ocenie statystycznej wykorzystując analizę wariancji. Obliczenia wykonano programem Statistica, a porównania średnich dokonano testem Tukey'a na poziomie istotności $\alpha \leq 0,05$.

Według stacji meteorologicznej ZSD Zawady (tab. 1) w badanych okresach wegetacyjnych (IV–X) średnie miesięczne temperatury powietrza oscylowały w granicach 15,4–15,8°C, i były o około 2°C wyższe od średniej temperatury z wielolecia. Sumy opadów atmosferycznych w okresach wegetacyjnych podczas trwania doświadczenia wahały się od 335,5 do 374,1 mm i były wyższe od sumy opadów z wielolecia.

Tabela 1 Średnie miesięczne temperatury powietrza (°C) i sumy opadów atmosferycznych (mm) w sezonie wegetacyjnym w latach 1999–2001 i w wieloleciu

Table 1. Temperature (°C) and rainfalls (mm) during the vegetation periods in years 1999–2001 and in multiyears

Rok Year	Miesiąc – Month							Średnia Mean
	Kwiecień April	Maj May	Czerwiec June	Lipiec July	Sierpień August	Wrzesień September	Październik October	
	Temperatura – Temperature (°C)							
1999	9,9	12,9	20,5	21,8	18,7	16,1	8,0	15,4
2000	12,9	16,4	19,5	19,0	19,1	11,8	11,7	15,8
2001	8,7	15,5	17,1	23,8	20,6	12,1	10,6	15,5
Średnia z wielolecia Mean for multiyears	7,8	12,5	17,2	19,2	18,5	13,1	7,8	13,7
	Opady – Rainfalls (mm)							
1999	87,3	26,4	121,7	21,9	77,4	27,8	11,6	374,1
2000	47,5	24,6	17,0	155,9	43,6	61,1	3,2	352,9
2001	69,8	28,0	36,0	55,4	24,0	108,0	14,3	335,5
Średnia z wielolecia Mean for multiyears	38,6	44,1	52,4	49,8	43,0	47,3	29,3	304,5

WYNIKI I DISKUSJA

Największy wpływ na zawartość potasu i magnezu w paszy miał rodzaj zastosowanego materiału organicznego. Badania Jankowskiej-Huflejt (2000), Mazura (2000), Jankowskiej-Huflejt i Niczyporuk (2001) i Jankowskiej-Huflejt i Wróbel (2008) dowodzą, że większa zawartość makroskładników w nawozach stosowanych na użytki zielone sprzyja większej ich kumulacji w roślinach.

Zawartość badanych pierwiastków w zastosowanych materiałach organicznych była zróżnicowana (tab. 2). Ilość potasu wprowadzona do gleby z podłożem popieczarkowym

(104,4 kg · ha⁻¹), była znacznie większa w porównaniu do obornika (35,0 kg · ha⁻¹). Zastosowanie obornika w dawce 10 t · ha⁻¹ wniosło natomiast znacznie większą ilość magnezu (11,1 kg · ha⁻¹), w porównaniu z odpadem pieczarkowym (2,39 kg · ha⁻¹).

Tabela 2. Ilość K i Mg (kg) wniesionych do gleby z dawką 10 t · ha⁻¹ świeżej masy organicznej
Table 2. The quantity of K and Mg (kg) put to the soil with dose 10 t · ha⁻¹ of fresh organic matter

Materiał organiczny Organic material	K		Mg
	kg		
Obornik Farmyard manure	35,0		11,1
Podłoże pieczarkowe Mushroom's compost	104,4		2,39

Oznaczona ilość potasu w podłożu pieczarkowym była zbliżona do ilości oznaczonych w tym odpadzie w badaniach Kalembasy i Wiśniewskiej (2001), Kalembasy i in. (2001), Kalembasy i Wiśniewskiej (2008 b).

Analiza statystyczna wykazała zróżnicowanie zawartości potasu (tab. 3) w runi łąkowej w zależności od zastosowanego nawożenia. Uwzględniając rodzaj zastosowanego nawożenia stwierdzono, że średnio z trzech lat badań większą zawartością tego makroelementu charakteryzowała się ruń pochodząca z obiektów nawożonych obornikiem (23,8 g · kg⁻¹) niż podłożem po produkcji pieczarki (19,1 g · kg⁻¹). Podobną zależność tylko większe ilości potasu zanotowano w runi łąkowej zebranej z obiektów nawożonych badanymi materiałami organicznymi łącznie z NPK. Zawartość potasu w runi łąkowej z obiektu nawożonego obornikiem i NPK wynosiła 28,5 g · kg⁻¹, natomiast z obiektu nawożonego podłożem pieczarkowym i NPK – 25,4 g · kg⁻¹.

Tabela 3. Średnia zawartość K (g · kg⁻¹s.m.) w runi łąkowej nawożonej organicznie i mineralnie w trzyletnim doświadczeniu polowym

Table 3. Mean potassium content (g · kg⁻¹DM.) in meadow sward organic and mineral fertilized in three years experiment

Obiekty nawozowe Fertilization object	Lata badań – Study years			Średnia z lat Mean for years
	I	II	III	
Obiekt kontrolny Control object	15,3	16,7	15,7	15,9
NPK	21,3	21,6	29,5	24,1
Obornik – Farmyard manure	19,9	28,7	22,9	23,8
Obornik + NPK Farmyard manure + NPK	29,7	30,0	25,8	28,5
Podłoże pieczarkowe Mushroom's compost	20,0	19,1	20,2	19,8
Podłoże pieczarkowe + NPK Mushroom's compost + NPK	22,4	29,5	24,4	25,4
Średnia – Mean	21,4	24,3	23,1	22,9

NIR $\alpha \leq 0,05$ dla kombinacji 9,9; dla lat n.i.

LSD $\alpha \leq 0.05$ for combination 9.9; for years n.s.

Zawartość potasu w paszy z obiektów nawożonych obornikiem samym i łącznie z NPK była większa niż w paszy nawożonej samym podłożem pieczarkowym i łącznie z NPK pomimo, że zawartość tego składnika w odpadzie pieczarkowym była znacznie większa niż w oborniku.

Uwzględniając potrzeby żywieniowe zwierząt stwierdzono, że badane siano posiadało wystarczającą ilość tego składnika, gdyż według Falkowskiego i in. (2000) pasza powinna zawierać od 17,0–20,0 g · kg⁻¹ s.m. potasu. Zdaniem Wasilewskiego (1997) maksymalna zawartość tego składnika w sianie wynosi 25 g · kg⁻¹.

Pobranie potasu przez ruń łąkową było zróżnicowane w zależności od zastosowanego nawożenia (tab. 4). Podobnie jak w przypadku zawartości potasu, większe pobranie tego makroskładnika zanotowano w runi łąkowej zebranej z obiektu gdzie zastosowano sam obornik (176,0 kg · ha⁻¹) a także obornik łącznie z NPK (287,0 kg · ha⁻¹), w porównaniu do runi zebranej z obiektu nawożonego samym podłożem popieczarkowym (127,0 kg · ha⁻¹) i uzupełnionym NPK (233,0 kg · ha⁻¹).

Tabela 4. Pobranie K (kg · ha⁻¹) przez ruń łąkową nawożoną organicznie i mineralnie w trzyletnim doświadczeniu polowym

Table 4. Potassium uptaking (kg · ha⁻¹) by meadow sward organic and mineral fertilized in three – years experiment

Obiekty nawozowe Fertilization object	Lata badań – Study years			Średnia z lat Mean for years
	I	II	III	
Obiekt kontrolny Control object	59,4	62,6	51,9	58,0
NPK	149,0	162,0	282,0	197,7
Obornik – Faryyard manure	126,0	216,0	186,0	176
Obornik + NPK Faryyard manure + NPK	270,0	286,0	299,0	285,0
Podłoże popieczarkowe Mushroom's compost	114,0	119,0	149,0	127,3
Podłoże popieczarkowe + NPK Mushroom's compost + NPK	182,0	254,0	263,0	233,0
Średnia – Mean	150,1	183,3	205,1	179,5

NIR $\alpha \leq 0,05$ dla kombinacji 127,0; dla lat n.i.
LSD $\alpha \leq 0,05$ for combination 127.0; for years n.s.

Zawartość magnezu w sianie z łąki trwałej nie była zróżnicowana w zależności od zastosowanego nawożenia (tab. 5).

Tabela 5. Średnia zawartość Mg (g · kg⁻¹ s.m.) w runi łąkowej nawożonej organicznie i mineralnie w trzyletnim doświadczeniu polowym

Table 5. Mean magnesium content (g · kg⁻¹ DM.) in meadow sward organic and mineral fertilized in three years experiment

Obiekty nawozowe Fertilization object	Lata badań – Study years			Średnia z lat Mean for years
	I	II	III	
Obiekt kontrolny Control object	2,8	2,8	3,8	3,1
NPK	3,0	3,7	2,6	3,1
Obornik – Faryyard manure	3,1	3,4	3,3	3,3
Obornik + NPK Faryyard manure + NPK	2,9	2,6	2,8	2,8
Podłoże popieczarkowe Mushroom's compost	3,5	3,3	3,5	3,4
Podłoże popieczarkowe + NPK Mushroom's compost + NPK	5,3	3,5	3,5	4,1
Średnia – Mean	3,4	3,2	3,2	3,3

NIR $\alpha \leq 0,05$ dla kombinacji n.i.; dla lat n.i.
LSD $\alpha \leq 0,05$ for combination n.s.; for years n.s.

Średnia (z trzech lat) zawartość magnezu w runi łąkowej z obiektów nawożonych podłożem popieczarkowym ($3,40 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$) była większa niż w runi nawożonej obornikiem ($3,30 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$). Podobną tendencję stwierdzono w runi obiektów nawożonych badanymi materiałami organicznymi z dodatkiem nawożenia mineralnego NPK. Więcej magnezu oznaczono w runi nawożonej odpadem popieczarkowym z NPK ($4,10 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$), niż w runi nawożonej obornikiem i NPK ($2,80 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$).

Według Wasilewskiego (1997), Domańskiego (1999) i Falkowskiego i in. (2000) zawartość magnezu w paszy wystarczająca na pokrycie zapotrzebowania przeżuwaczy na ten składnik powinna wahać się w granicach od 2 do $3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$. W każdym roku badań zebrane siano ze wszystkich kombinacji nawozowych wykazywało bardzo dużą zawartość tego makroelementu.

Pobranie magnezu przez ruń łąkową było zróżnicowane w zależności od zastosowanego nawożenia (tab. 6). W przypadku obiektów nawożonych tylko organicznie, większą ilość badanego makroelementu pobrała ruń nawożona obornikiem ($24,1 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), w stosunku do runi z obiektu gdzie zastosowano podłoże popieczarkowe ($22,1 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$). Odmienną tendencję zaobserwowano w runi z obiektów nawożonych organicznie łącznie z nawożeniem mineralnym. Więcej magnezu pobrała ruń nawożona podłożem po produkcji pieczarki i NPK ($37,0 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), mniej zaś ruń nawożona obornikiem i NPK ($27,9 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$).

Tabela 6. Pobranie Mg ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) przez ruń łąkową nawożoną organicznie i mineralnie w trzyletnim doświadczeniu polowym

Table 6. Magnesium uptaking ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) by meadow sward organical and mineral fertilized in three – years experiment

Obiekty nawozowe Fertilization object	Lata badań – Study years			Średnia z lat Mean for years
	I	II	III	
Obiekt kontrolny – Control object	10,8	10,5	12,6	11,3
NPK	21,0	27,7	24,9	24,5
Obornik – Farmyard manure	19,7	25,7	26,8	24,1
Obornik + NPK Farmyard manure + NPK	26,4	24,8	32,5	27,9
Podłoże popieczarkowe Mushroom's compost	19,9	20,5	25,8	22,1
Podłoże popieczarkowe + NPK Mushroom's compost + NPK	42,9	30,2	37,8	37,0
Średnia – Mean	23,4	23,2	26,7	24,5

NIR $\alpha \leq 0,05$ dla kombinacji 12,7; dla lat n.i.

LSD $\alpha \leq 0.05$ for combination 12.7; for years n.s.

Wzajemne relacje zawartości potasu do magnezu zarówno w glebie jak i roślinności łąkowej to bardzo istotny czynnik decydujący o wartości paszowej użytków zielonych. Niezbilansowanie składników mineralnych może ujemnie wpływać na ich przyswajalność (Sapek 2008, Jankowska-Huflejt i in. 2009).

Optymalna zawartość poszczególnych pierwiastków nie zawsze gwarantuje prawidłowy przebieg procesów biochemicznych zachodzących w roślinach. Przebieg tych procesów uzależniony jest także od właściwych stosunków jonowych pomiędzy pierwiastkami jakie roślina pobrała (Krzywy i Krzywy 2001).

Miarodajnym czynnikiem jakości pasz pochodzących z użytków zielonych jak podaje Czuba i Mazur (1988), że stosunek jonowy K : Mg, którego optymalna wartość wynosi 6 : 1. Najszerszy stosunek K : Mg (8,67 : 1) zanotowano w runi łąkowej zebranej z obiektu nawożonego obornikiem łącznie z nawożeniem mineralnym NPK (tab. 7). Można przypuszczać, że jest to wynikiem bardzo wysokiej ilości potasu w tej kombinacji, co mogło spowodować zahamowanie pobierania magnezu przez ruń łąkową. W runi łąkowej z pozostałych kombinacji nawozowych wartość tego stosunku była zbliżona do optimum. W runi łąkowej zebranej z obiektu gdzie zastosowano sam obornik, podłoże popieczarkowe bez i z NPK, wartość stosunku K : Mg kształtowała się w granicach wartości optymalnych.

Tabela 7. Stosunki jonowe K : Mg w runi łąkowej nawożonej organicznie i mineralnie w trzyletnim doświadczeniu polowym

Table 7. Ions ratio K : Mg in meadow sward organic and mineral fertilized in three years experiment

Obiekty nawozowe Fertilization object	Lata badań – Study years			Średnia z lat Mean for years
	I	II	III	
Obiekt kontrolny Control object	5,46	5,96	4,13	5,18
NPK	7,10	5,84	8,19	7,04
Obornik – Farmyard manure	6,42	2,87	6,94	5,41
Obornik + NPK Farmyard manure + NPK	10,2	8,44	7,37	8,67
Podłoże popieczarkowe Mushroom's compost	5,71	5,79	5,77	5,76
Podłoże popieczarkowe + NPK Mushroom's compost + NPK	4,23	8,43	6,97	6,54
Średnia – Mean	6,29	7,59	10,0	7,96

WNIOSKI

1. Zastosowane podłoże popieczarkowe w doświadczeniu odznaczało się prawie 3 – krotnie większą zawartością potasu i ponad 4 – krotnie mniejszą magnezu, w porównaniu do obornika zastosowanego jako nawóz standardowy.

2. Zastosowanie podłoża popieczarkowego osobno i łącznie z NPK na ogół nie wpłynęło istotnie na zwiększenie zawartości potasu i magnezu w runi łąkowej, w porównaniu do samego obornika i uzupełnionego NPK.

3. Uwzględniając potrzeby żywieniowe zwierząt stwierdzono, iż badana ruń łąkowa charakteryzowała się optymalną zawartością potasu a także magnezu.

4. Stosunek jonowy K : Mg w sianie z większości obiektów nawozowych był optymalny. Wyjątek stanowiło siano z obiektu nawożonego obornikiem łącznie z NPK, gdzie obliczony stosunek K : Mg był szerszy, wynosząc 8,67 : 1.

PIŚMIENNICTWO

Ciepiela G. A., Jankowska J., Jankowski K., Kolczarek R. 2007. Wpływ niekonwencjonalnych nawozów organicznych na jakość paszy z łąki trwałej. *Fragm. Agronom.* 1 (93), 14–24.

Czuba R., Mazur T. 1988. Wpływ nawożenia na jakość plonów. PWN, Warszawa, 291–292.

Domański P. 1999. *Poradnik użytkowników łąk i pastwisk.* Poznań: Agencja Reklamowa Prodruk.

- Falkowski M., Kukułka I., Kozłowski S.** 2000. Właściwości chemiczne roślin łąkowych. AR Poznań.
- Jankowska-Huflejt H.** 2000. Porównanie wpływu nawożenia mineralnego i obornikiem na trwałość gatunków i zadarnienie łąki trwałej. *Folia Pomer. Univ. Technol. Stetin. Agric. Aliment. Pisc. Zootech.* 295 (23), 35–42
- Jankowska-Huflejt H., Niczyporuk A.** 2001. Plonowanie, skład botaniczny i chemiczny runi oraz bilans potasu na łące nawożonej obornikiem i nawozami mineralnymi. *Zesz. Probl. Postęp. Nauk. Rol.* 480, 233–243.
- Jankowska-Huflejt H., Wróbel B.** 2008. Ocena przydatności pasz z użytków zielonych do produkcji zwierzęcej w badanych gospodarstwach ekologicznych. *J. Res. Applic. Agric. Engin.* 53 (3), 103–108.
- Jankowska-Huflejt H., Wróbel B., Barszczewski J.** 2009. Ocena wartości pokarmowej pasz z użytków zielonych na tle zasobności gleb i bilansu składników N, P, K w wybranych gospodarstwach ekologicznych. *J. Res. Applic. Agric. Engin.* 54 (3), 95–102.
- Jankowski K., Ciepela G.A., Jodelka J., Kolczarek R.** 2004. Możliwość wykorzystania kompostu popieczarkowego do nawożenia użytków zielonych. *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska.* 59 (4), 1763–1770.
- Jankowski K., Czeluściński W., Jankowska J., Sosnowski J.** 2012 a. Wpływ zróżnicowanej dawki odpadu popieczarkowego na stopień odrostu muraw trawnikowych. *Folia Pomer. Univ. Technol. Stetin. Agric. Aliment. Pisc. Zootech.* 297 (23), 35–42.
- Jankowski K., Czeluściński W., Jankowska J., Sosnowski J.** 2012 b. Kolorystyka muraw trawnikowych w wyniku zastosowania zróżnicowanych dawek odpadu popieczarkowego. *Łąk. Pol.* 15, 77–85.
- Jankowski K., Czeluściński W., Jankowska J., Sosnowski J., Wiśniewska-Kadżajan B.** 2012 c. Wpływ zróżnicowanej dawki odpadu popieczarkowego na cechy jakościowe muraw trawnikowych. *Folia Pomer. Univ. Technol. Stetin. Agric. Aliment., Pisc., Zootech.* 295 (22), 13 – 20.
- Jankowski K., Czeluściński W., Sosnowski J., Jankowska J.** 2012 d. Oddziaływanie zróżnicowanych dawek odpadu popieczarkowego na zadarnienie muraw trawnikowych. *Fragm. Agron.* 29 (3), 45–53.
- Jankowski K., Jodelka J., Ciepela G.A.** 2005. Wpływ nawożenia łąki trwałej kompostem popieczarkowym na zawartość wybranych mikroelementów w runi łąkowej. *Łąk. Pol.* 8, 81–85.
- Jordan S.N., Mullen G.J., Murphy M.C.** 2008. Composition variability of spent mushroom compost in Ireland. *Bioreosource Technology*, 99, 411–418.
- Kalembasa S., Wiśniewska B.** 2001. Skład chemiczny podłoży po produkcji pieczarek. *Zesz. Probl. Postęp. Nauk. Rol.* 475, 295–300.
- Kalembasa D., Wiśniewska B.** 2004. Wykorzystanie podłoża popieczarkowego do rekultywacji gleb. *Rocz. Glebozn.* 55 (2), 209–217.
- Kalembasa D., Wiśniewska B.** 2008a. Wpływ nawożenia podłożem popieczarkowym na plon i zawartość wybranych makroelementów w życicy wielokwiatowej. *Zesz. Probl. Postęp. Nauk. Rol.* 526, 191–198.
- Kalembasa D., Wiśniewska B.** 2008b. Zawartość K, Ca, Mg, S i Na w różnych materiałach organicznych. *Zesz. Probl. Postęp. Nauk. Rol.* 526, 185–190.
- Kalembasa S., Kalembasa D., Symanowicz B., Wiśniewska B., Pieńkowska B.** 2001. Zawartość potasu i magnezu w nawozach i materiałach organicznych. *Zesz. Probl. Postęp. Nauk. Rol.* 480, 77–83.
- Krzywy J., Krzywy E.** 2001. Wpływ nawozów wieloskładnikowych na kształtowanie stosunków jonowych K : Mg, K : Ca, K : (Ca + Mg), Ca : Mg i Ca : P w mieszance traw. *Zesz. Postęp. Nauk. Rol.* 480, 253–258.
- Maszkiewicz J.** 2010. Zużyte podłoże popieczarkowe jako nawóz i paliwo. W: *Pieczarki. Biuletyn Producenta Pieczarek.* Wydaw. Hortpress, 1, 59–60.
- Mazur T.** 2000. Rolnicza utylizacja stałych odpadów organicznych. *Zesz. Probl. Post. Nauk. Roln.* 472, 507–516.
- Rak J., Koc G., Jankowski K.** 2001. Zastosowanie kompostu popieczarkowego w regeneracji runi łąkowej zniszczonej pożarem. *Pamięt. Puł.* 125, 401–408.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 r. w sprawie katalogu odpadów.** DzU nr 112, poz. 1206.

- Sapek B.** 2008. Relacja zawartości potasu do magnezu w roślinności łąkowej i w glebie jako wskaźnik środowiskowych przemian na użytkach zielonych. *Woda Środ. Obsz. Wiej.* 8 (24), 139–151.
- Wasilewski Z.** 1997. Bilans pasz oraz podstawy letniego i zimowego żywienia bydła [w: *Produkcji pasz objętościowych w gospodarstwach specjalizujących się w integrowanym chowie bydła*]. Poradnik dla producenta. Wydaw. IMUZ, 83–88.
- Wiśniewska-Kadżajan B.** 2012. Ocena przydatności podłoża po uprawie pieczarki do nawożenia roślin. *Ochr. Środ. Zasob. Natur.* 54, 167–176.

