

## OKREŚLENIE STOPNIA UCIAŹLIWOŚCI NAWOZÓW ORGANICZNYCH DLA ŚRODOWISKA GLEBOWEGO I WODNEGO\*

Wojciech Krawczyk<sup>1</sup>, Jacek Walczak<sup>1</sup>, Paweł Paraponiak<sup>1</sup>,  
Marta Dąbrowska-Wieczorek<sup>2</sup>, Eugeniusz Herbut<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instytut Zootechniki Państwowego Instytutu Badawczego, Dział Technologii, Ekologii i Ekonomiki Produkcji  
Zwierzęcej, 32-083 Balice k. Krakowa

<sup>2</sup>Zakład Doświadczalny Instytutu Zootechniki Państwowego Instytutu Badawczego, Kołbacz,  
74-106 Stare Czarnowo

*Celem badań było określenie rzeczywistego przebiegu rozpraszania związków biogenych pochodzących z gnojowicy i obornika bydłowego na różnych rodzajach gruntów rolnych. Zagadnienie to ma szczególne znaczenie w kontekście ochrony środowiska oraz jakości życia na terenach wiejskich. Końcowa zawartość N i P była wyższa w glebie gruntów ornych Pomorza Zachodniego (13,65 i 33,50 kg · ha<sup>-1</sup>). Więcej K oznaczono w gruntach ornych Podkarpacia (24,50 kg · ha<sup>-1</sup>). Końcowa koncentracja N w glebie łąk i pastwisk objętych doświadczeniem na Podkarpaciu wynosiła odpowiednio: 11,30 i 23,10 kg · ha<sup>-1</sup> i była istotnie statystycznie wyższa od tej oznaczonej na Pomorzu Zachodnim (4,55 i 20,21 kg · ha<sup>-1</sup>). Wymywaniu uległo istotnie więcej N na gruntach ornych (51,90 kg · ha) i pastwiskach (50,20 kg · ha<sup>-1</sup>) Pomorza Zachodniego w stosunku do zawartości tego pierwiastka oznaczonej na Podkarpaciu (46,60 i 37,90 kg · ha<sup>-1</sup>). Badane grunty orne, łąki i pastwiska Pomorza Zachodniego charakteryzowały się także większą emisją NH<sub>3</sub>.*

*Słowa kluczowe: nawozy organiczne, grunty orne i UZ, emisja NH<sub>3</sub>, bilans NPK, środowisko glebowe*

W uwzględnianiu nawozowego wykorzystania obornika oraz ochrony środowiska najważniejszą rolę odgrywają trzy pierwiastki wchodzące w jego skład: azot, fosfor i potas. Pierwszorzędne znaczenie wśród nich ma azot, bowiem niewłaściwe przechowywanie obornika wiąże się z dużymi stratami tego pierwiastka sięgającymi nawet 95% (Rotz, 2004). Już po samej defekacji zaczyna działać enzym ureaza rozkładający mocznik do amoniaku uwalniającego się z budynku. W przechowywanym oborniku dochodzi do licznych przemian połączeń azotu w szeregu procesów tak amonifikacji, jak i nityfikacji czy denityfikacji. Kierunek tych przemian zależy od wielu czynni-

---

\*Praca finansowana z podzadania nr 6-4.03.1.

ków fizycznych i chemicznych, kształtowany jest również przez mikroflorę obecną w odchodach zwierząt, co decyduje o nawozowej jakości obornika. Nie bez znaczenia są więc sposób i warunki jego przechowywania. Niewłaściwe przechowywanie obornika przy jego późniejszym wykorzystaniu nawozowym prowadzi do nadmiernych strat azotu i fosforu w glebie, a co za tym idzie, do przენawożenia, eutrofizacji, a następnie skażenia gleby. Dodatkowym czynnikiem degradującym środowisko jest emisja gazów, m.in. amoniaku, metanu czy dwutlenku węgla, towarzysząca przechowywaniu obornika (Tymczyna, 2009; Rotz, 2004; Kristensen i in., 2000). Dyrektywa azotanowa 91/676/EWG określa, że ilość zastosowanego w gospodarstwie w ciągu roku azotu przypadającego na 1 hektar obszaru wykorzystywanego do celów rolnych nie może przekroczyć 170 kg. Instalacje służące do przechowywania nawozu pochodzenia zwierzęcego muszą mieć pojemność wykluczającą skażenie wody przez bezpośrednie przedostanie się nawozu lub przelanie i infiltrację do gleby. Ich objętość musi być większa niż ta wymagana na najdłuższy okres w roku, w którym stosowanie nawozu w celu nawożenia ziemi jest zabronione prawem. Oznacza to, że gospodarstwa utrzymujące zwierzęta w systemie płytkiej podściółki lub systemie rusztowym z samospływem gnojowicy muszą posiadać płyty obornikowe i zbiorniki na gnojowicę.

W nawozach naturalnych obok wysokości stężenia związków biogenych pierwszorzędne znaczenie ma także ich forma chemiczna i wynikająca stąd dostępność pierwiastków odżywczych dla roślin uprawnych. Mogąc wykorzystywać jedynie nawozy naturalne, powinniśmy świadomie prowadzić proces ich dojrzewania, komponując tak skład, jak i warunki fizyczne i chemiczne, aby uzyskać szybko lub wolno działający nawóz. Utrzymanie stosunku C:N w przedziale 25–30:1 na etapie formowania obornika poprzez odpowiednią wielkość ściółkowania pozwala przy tym na uzyskanie dużej zawartości szybko przyswajalnych mineralnych form azotu (Sasaki i in., 2003). Szybkie przeprowadzenie fazy termofilnej przy jednoczesnym stosunku C:N w zakresie 40–50:1 skutkuje powstaniem wolno działających organicznych połączeń pierwiastków biogenych. Niekontrolowane użycie odchodów w celach nawozowych niesie poważne konsekwencje dla środowiska naturalnego. Wiązą się one z problemem przენawożenia gleby, wymywania pierwiastków i wynikającym stąd skażeniem wód gruntowych oraz eutrofizacją wód powierzchniowych (Azam i in., 2002). Potwierdziły to doświadczenia, które wykazały, że dla prawidłowego kompostowania odchodów i przechowywania obornika stosunek C:N powinien wynosić 25–30 (Goyal i in., 2005; Rose, 2003; Sasaki i in., 2003; Bicudo i in., 2002; McCrory i Hobbs, 2001; McCulloch i in., 1998). Niekorzystny stosunek C:N w odchodach i oborniku wpływa na zbyt szybką jego mineralizację i słabą retencję azotu w kompleksie sorpcyjnym gleby.

Znaczny potencjał biogeny odchodów sprawia, że ich niewłaściwe zagospodarowanie agrotechniczne może być przyczyną degradacji środowiska glebowego. Również związki gazowe i odory powstające w trakcie przechowywania odchodów mają niekorzystny wpływ na środowisko naturalne (Bicudo i in., 2002). Niewątpliwie najbardziej uciążliwą dla otoczenia cechą nawozów naturalnych są uwalniane w trakcie ich mikrobiologicznego przetwarzania szkodliwe domieszki gazowe, a wśród nich amoniak. Amoniak występując w atmosferze wchodzi również w reakcje z innymi

związkami azotu i aerozolami (Singh i in., 2001). Absorbując przy tym cząsteczki wody, również na tej drodze przyczynia się do powstawania kwaśnych opadów. Zaburzają one pH ekosystemów (Kangas i Sanna, 2001; Kazutaka i in., 2004), doprowadzając do eutrofizacji wód i środowiska glebowego (Sutton i in., 1995; Pain i in., 1998), wpływają na zdrowie ludzi i zwierząt. Tym samym racjonalne zagospodarowanie obornika oraz odchodów, szczególnie z uwagi na obowiązujące normy regulujące obciążenie środowiska, staje się problemem priorytetowym.

Uwzględniając wspomniane zagrożenia, nawozowe zagospodarowanie obornika zwierząt hodowlanych nabiera dużego znaczenia. Dziś tematyka ta wraca pod postacią obostrzeń środowiskowych stawianych fermom. Szczegółowe wymagania dotyczące płyt i zbiorników, próby pozyskania metanu czy przechowywanie obornika i kompostowanie są dobrymi przykładami ważkości tego aspektu produkcji zwierzęcej (Barrington i in., 2002). Właściwe przechowywanie obornika jest jednym z podstawowych warunków, które muszą być spełnione w gospodarstwie. Jest to poddyktowane nie tylko względami ekonomicznymi związanymi bezpośrednio z produktywnością, ale także uregulowane obowiązującymi normami prawnymi.

### Material i metody

Materiał doświadczalny stanowił obornik pochodzący od bydła rasy Simental oraz rasy PHF, aplikowany na grunty orne w ilości  $35 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  oraz gnojowica w ilości około  $25 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  aplikowana na łąki. W skład obornika obok odchodów wchodziła słoma pszena niecięta użytkowana jako ściółka w pomieszczeniach inwentarskich. Zwierzęta żywione były zgodnie ze standardami wynikającymi z aktualnych norm żywienia IZ INRA.

Doświadczenie polowe było prowadzone na gruntach ornym i użytkach zielonych 2 gospodarstw znajdujących się na terenach województw podkarpackiego i zachodnio-pomorskiego, w każdym z nich doświadczenia przeprowadzono na pastwisku, łące kośnej oraz gruncie ornym. Objęło ono 60 ha łąk, 60 ha pastwisk i 60 ha gruntów ornym. Gleby, na których przeprowadzono doświadczenie, to gleby brunatne (Podkarpacie) i mady czarnoziemne (Pomorze Zachodnie), w każdym z gospodarstw należące do klasy IVa, poniższa klasyfikacja gleb w regionach doświadczalnych oparta została na monitoringu gleb ornym przeprowadzonego przez IUNG (Siebielec, 2012).

Na pastwiskach prowadzono wypas bydła o obsadzie odpowiadającej wymogom rolnictwa konwencjonalnego tj.  $1,75 \text{ DJP} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Stosowano system wypasu kwaterowego. Materiał roślinny do analiz pobierano 3 razy w ciągu sezonu wegetacji, w czerwcu, lipcu oraz na początku września. Rośliny wycinano z powierzchni  $1 \text{ m}^2$  w czterech powtórzeniach. Następnie zostały one wysuszone i przekazane do analiz chemicznych.

Na łąkach zbierano dwa pokosy siana, pierwszy na przełomie II i III dekady czerwca, drugi w III dekadzie sierpnia. Na obiekcie doświadczalnym losowo wybrano cztery miejsca o powierzchni  $1 \text{ m}^2$ , z których pobrano materiał roślinny do przeprowadzenia analiz.

Na gruncie ornym uprawiano kukurydzę, wysiewaną w pierwszej dekadzie maja w ilości 30–40 kg · ha<sup>-1</sup>, w rzędach co 60–80 cm. Agrotechnika uprawy była prowadzona zgodnie z zaleceniami dla uprawy kukurydzy. Podczas zbioru ziarna został losowo pobrany materiał do przeprowadzenia analiz.

W obu gospodarstwach stosowano łącznie nawożenie organiczne i mineralne. Dawka azotu w przeliczeniu na czysty składnik N wahała się w zależności od formy nawozów, co ilustruje tabela 3. Dodatkowo stosowano uzupełniające mineralne nawożenie fosforowe i potasowe. Ilość tych nawozów stanowiła dopełnienie do ilości składników pokarmowych zawartych w nawozach organicznych.

Doświadczenie wykonano w dwóch zadaniach po 4 powtórzenia każde.

Zadanie 1 – określenie efektywnego potencjału biogenego z nawozowej utylizacji odchodów na terenach użytków zielonych.

– w ramach tego zadania określano zawartość N, P, K po nawozowym zastosowaniu gnojowicy bydlęcej, emisję NH<sub>3</sub> z nawożonej gleby oraz przeprowadzono analizę chemiczną materiału roślinnego.

Zadanie 2 – określenie efektywnego potencjału biogenego z nawozowej utylizacji odchodów na terenach gruntów ornym.

– w ramach zadania drugiego określono zawartość N, P, K po nawozowym zastosowaniu obornika bydlęcego, emisję NH<sub>3</sub> w z nawożonej gleby oraz przeprowadzono analizę chemiczną materiału roślinnego.

### **Rodzaj danych i sposób ich zbierania**

W czasie trwania poszczególnych powtórzeń, zbierano następujące dane pomiarowe:

– analiza składu obornika (sucha masa, azot organiczny, całkowity, amonowy, azotanowy, P, K);

– analiza składu gnojowicy (sucha masa, azot organiczny, całkowity, amonowy, azotanowy, P, K);

– analiza gleby, próbki gleby we wszystkich obiektach pobierano na początku i pod koniec okresu wegetacji z 30–45 cm głębokości z 3 punktów usytuowanych po przekątnej działki. Oznaczono w nich pH gleby oraz zawartość przyswajalnych form azotu, fosforu, potasu;

– analiza przesączu glebowego. Na każdym z obiektów w celu określenia strat składników pokarmowych oraz ustaleniu składu wody przesiąkowej założono po 3 lizymetry, po przekątnej działek. Z lizymetrów tych w okresie wegetacji raz w miesiącu pobierano przesącz, w którym określono pH w zawiesinie wodnej oraz ilości jonów: azotanowych NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, ortofosforanowych PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, amonowych NH<sub>4</sub><sup>+</sup> oraz K;

– dane klimatyczne: temperatura, opad;

– emisja związków azotu dotycząca obornika bydlęcego i gnojowicy, po aplikacji na grunty z wykorzystaniem mikrotuneli przepływowych, w tym:

– temperatura powietrza w mikrotunelach klimatycznych – w sposób ciągły,

– wilgotność względna w mikrotunelach klimatycznych – w sposób ciągły,

– prężność pary wodnej (obliczona z dostępnych danych),

– prędkość ruchu powietrza w mikrotunelach klimatycznych – jednocześnie z pomiarem gazów,

– objętość przepływającego powietrza – wyliczona z danych,

mierzone sposób ciągły (24 h). Pomiar stężeń przeprowadzono sondami elektrochemicznymi, będącymi elementami pomiarowymi elektronicznego miernika gazów Multiwarn II firmy Dräger. Pomiary wybranych wskaźników klimatu zrealizowano przy pomocy elektronicznego miernika firmy Testosterm, Testo 9610 w trakcie pomiarów emisji gazów. Dopływ i usuwanie powietrza odbywało się poprzez komputerowo sterowany, podciśnieniowo-nadciśnieniowy system wentylacji. Przez tunel przepuszczano ustaloną objętość powietrza, włączanego mechanicznie przez wlot wentylacyjny i usuwanego także mechanicznie przez wylot. Monitoringowi poddano zarówno skład powietrza wlotowego, jak i wylotowego. Przepływ regulowany był elektronicznym sterownikiem;

– analiza składu chemicznego roślin, w tym zawartość NPK oraz form azotu. Azot ogólny oznaczono metodą Kjeldahla, natomiast zawartość fosforu w roślinach, kolorymetrycznie metodą wanadowo-molibdenową, potasu, metodą fotometrii płomieniowej. Formy azotu określano przy pomocy miareczkowania alkacymetrycznego. W celu określenia ilości pozostawionych składników pokarmowych w resztkach poźniwnych na każdym z badanych obiektów z powierzchni 1 m<sup>2</sup> pobrano masę korzeniową.

Zebrałe dane opracowano statystycznie przy pomocy programu komputerowego Statgraph, wykorzystując metodę analizy wariancji (test Duncana).

## Wyniki

Tabela 1 przedstawia warunki mikroklimatyczne panujące podczas realizacji doświadczenia w okresie wiosennym i jesiennym.

Tabela 1. Wybrane wskaźniki klimatyczne panujące w rejonie Pomorza Zachodniego i Podkarpacia podczas realizacji doświadczenia

Table 1. Selected indicators of climatic conditions in West Pomerania and Subcarpathia during the experiment

Wyszczególnienie Item	Pomorze Zachodnie West Pomerania	Podkarpacie Subcarpathia
Średnie wielkości opadów (mm) Average precipitation (mm)		
wiosna IV–VI spring	55	90
jesień IX–XI autumn	111	72
Średnie temperatury miesięczne (°C) Average monthly temperature (°C)		
wiosna IV–VI spring	12,8	12,6
jesień IX–XI autumn	9,1	7,5

W tabeli 2 przedstawiono analizę chemiczną gnojowicy i obornika pochodzącego od zwierząt utrzymywanych w gospodarstwach na Podkarpaciu i Pomorzu Zachodnim. Gnojowica pochodząca od bydła rasy simental utrzymywanego na Podkarpaciu odznaczała się wyższą procentową zawartością NPK oraz C organicznego w stosunku do gnojowicy pochodzącej od bydła PHF utrzymywanego na Pomorzu Zachodnim. Odwrotna zależność dotyczyła składu obornika. Więcej NPK oznaczono w oborniku bydła rasy PHF z Pomorza Zachodniego, mniej w oborniku pochodzącym od rasy simental z Podkarpacia. Wyjątkiem był C organiczny, jego większa koncentracja została oznaczona w oborniku od bydła simentalskiego, nieznacznie mniej było tego pierwiastka w oborniku należącym do rasy PHF.

Tabela 2. Analiza gnojowicy i obornika bydlęcego ( $\text{g} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ s.m.}$ )  
Table 2. Analysis of slurry and cattle manure ( $\text{g} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ d.m.}$ )

Wyszczególnienie Item	Pomorze Zachodnie West Pomerania		Podkarpacie Subcarpathia	
	gnojowica slurry	obornik manure	gnojowica slurry	obornik manure
N ogólny Total N	0,32	0,45	0,39	0,40
N-NH <sub>4</sub> NH <sub>4</sub> -N	0,10	0,35	0,19	0,29
N-NO <sub>3</sub> NO <sub>3</sub> -N	0,22	0,10	0,20	0,11
P ogólny Total P	0,03	0,12	0,05	0,11
K ogólny Total K	0,09	0,17	0,11	0,14
C organiczny Organic C	3,78	16,01	3,86	16,13
Sucha masa Dry matter	9,50	21,40	10,40	22,10

W tabeli 3 przedstawiono średnie zapotrzebowanie pokarmowe roślin uprawnych i ich pokrycie w dawkach nawozowych. Z danych zebranych w tabeli wynika, że na gruntach ornych i użytkach zielonych Pomorza Zachodniego i Podkarpacia zapotrzebowanie pokarmowe roślin nie zostało pokryte w stosunku do zastosowanego nawożenia. Stwierdzono statystycznie istotnie wyższą stratę azotu na skutek emisji w formie NH<sub>3</sub> dla gruntu ornego i łąki Pomorza Zachodniego w stosunku do tych samych użytków ornych i zielonych zlokalizowanych na terenie Podkarpacia.

W tabeli 4 zgromadzono wyniki przedstawiające zawartość NPK w plonie roślin uprawianych i rosnących na gruntach ornych i użytkach zielonych omawianych gospodarstw.

Tabela 3. Średnie zapotrzebowanie pokarmowe roślin uprawnych i ich pokrycie w dawkach nawozowych (kg · ha<sup>-1</sup>)  
 Table 3. Average nutrients required by cultivated plants and met by fertilizer doses (kg · ha<sup>-1</sup>)

Wyszczególnienie Item	Pomorze Zachodnie West Pomerania						Podkarpacie Subcarpathia					
	kukurydza maize		pastwisko pasture		łąka meadow		kukurydza maize		pastwisko pasture		łąka meadow	
	zapotrze- bowanie required	pokrycie met	zapotrze- bowanie required	pokrycie met	zapotrze- bowanie required	pokrycie met	zapotrze- bowanie required	pokrycie met	zapotrze- bowanie required	pokrycie met	zapotrze- bowanie required	pokrycie met
N	190	158	180	166,70	80	180	190	140,90	180	138,70	180	97,50
ΔN*	NO*	12,90 a	NO	29,90 a	NO	12,75 A	NO	11,70 b	NO	28,90 b	NO	9,80 b
P	70	40	68	6,90	6,70	68	70	40	68	5,80	68	13,20
K	225	60	240	16,10	21,90	240	225	50	240	12,50	240	28,10

\*ΔN – strata azotu na skutek emisji N-NH<sub>3</sub>.

\*ΔN – nitrogen loss due to NH<sub>3</sub>-N emission.

\*NO Nie oznaczono.

\*NO Not determined.

a, b i A, B – wartości w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie przy P<0,05 i P<0,01.

a, b and A, B – values in rows with different letters differ significantly at P<0,05 and P<0,01.

Tabela 4. Pobranie składników pokarmowych z plonem roślin ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ sm}$ )  
 Table 4. Nutrient content of crop yield ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ dm}$ )

Wyszczególnienie Item	Kukurydza Maize		Trawy łąkowe Meadow grasses		Trawy pastwiskowe Pasture grasses	
	Pomorze Zachodnie West Pomerania	Podkarpacie Subcarpathia	Pomorze Zachodnie West Pomerania	Podkarpacie Subcarpathia	Pomorze Zachodnie West Pomerania	Podkarpacie Subcarpathia
N ogólny Total N	90,75	91,81	72,80 a	70,77 b	79,34 a	76,23 b
P ogólny Total P	26,25	25,25	25,55 a	20,00 b	21,14 A	16,50 B
K	42,25 A	49,10 B	35,50 a	30,00 b	28,50 A	20,45 B

a, b i A, B – wartości w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie przy  $P < 0,05$  i  $P < 0,01$ .  
 a, b and A, B – values in rows with different letters differ significantly at  $P < 0,05$  and  $P < 0,01$ .

Tabela 5. Średnia zawartość NPK w glebie (%) i przesączu glebowym (mg/l) na badanych gruntach ornych w okresie wiosennym

Table 5. Average NPK content of soil (%) and soil filtrate (mg/l) in farmland during the spring period

Wyszczególnienie Item	Grunty orne (kukurydza) Farmland (maize)			
	Pomorce Zachodnie West Pomerania		Podkarpacie Subcarpathia	
	gleba soil (%)	przesącz glebowy soil filtrate (mg/l)	gleba soil (%)	przesącz glebowy soil filtrate (mg/l)
N całkowity Total N	0,32 a	19,13 A	0,39 b	31,70 B
N-NH <sub>4</sub> NH <sub>4</sub> -N	0,06 a	0,13	0,16 b	0,12
N-NO <sub>3</sub> NO <sub>3</sub> -N	0,26	19,00 A	0,23	31,58 B
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,80	0,20	0,70	0,50
K	1,10	NO*	0,70	8,36
pH	7,20	7,60	5,90	6,20

a, b i A, B – wartości w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie przy P<0,05 i P<0,01.

a, b and A, B – values in rows with different letters differ significantly at P<0.05 and P<0.01.

\*NO Nie oznaczono.

\*NO Not determined.

Tabela 6. Średnia zawartość NPK w glebie (%) i przesączu glebowym (mg/l) na badanych łąkach w okresie wiosennym

Table 6. Average NPK content of soil (%) and soil filtrate (mg/l) in meadow during the spring period

Wyszczególnienie Item	Łąka Meadow			
	Pomorce Zachodnie West Pomerania		Podkarpacie Subcarpathia	
	gleba soil (%)	przesącz glebowy soil filtrate (mg/l)	gleba soil (%)	przesącz glebowy soil filtrate (mg/l)
N całkowity Total N	0,74 a	4,84 A	0,35 b	10,44 B
N-NH <sub>4</sub> NH <sub>4</sub> -N	0,32 a	0,13 A	0,20 b	0,70 B
N-NO <sub>3</sub> NO <sub>3</sub> -N	0,42 a	4,71 A	0,15 b	9,74 B
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,10 a	0,38 a	0,70 b	0,13 b
K	1,30 a	NO*	0,80 b	0,58
pH	7,50	7,60	4,50	5,30

a, b i A, B – wartości w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie przy P<0,05 i P<0,01.

a, b and A, B – values in rows with different letters differ significantly at P<0.05 and P<0.01.

NO\* Nie oznaczono.

NO\* Not determined.

Zawartość K oznaczonego w kukurydzy Podkarpacia różni się wysoko istotnie statystycznie od koncentracji tego pierwiastka w kukurydzy Pomorza Zachodniego. Wysoko istotna statystycznie różnica zawartości K i P została oznaczona między plonem traw pastwiskowych Pomorza Zachodniego i Podkarpacia. Znacznie wyższą koncentrację K i P oznaczono w roślinach pastwiska Pomorza Zachodniego w stosunku do zawartości tych pierwiastków w trawach pastwiskowych na Podkarpaciu. Istotnie wyższa statystycznie zawartość N została oznaczona w trawach pastwiskowych Pomorza Zachodniego. W trawach na łąkach Pomorza Zachodniego koncentracja NPK jest istotnie wyższa niż w trawach łąkowych na terenie Podkarpacia. Tabele 5, 6 i 7 przedstawiają średnią zawartość NPK w glebie i przesączu glebowym gruntów ornym, łąk oraz pastwisk Pomorza Zachodniego i Podkarpacia w okresie wiosennym.

Tabela 7. Średnia zawartość NPK w glebie (%) i przesączu glebowym (mg/l) na badanych pastwiskach w okresie wiosennym

Table 7. Average NPK content of soil (%) and soil filtrate (mg/l) in pasture during the spring period

Wyszczególnienie Item	Pastwisko Pasture			
	Pomorze Zachodnie West Pomerania		Podkarpacie Subcarpathia	
	gleba soil (%)	przesącz glebowy soil filtrate (mg/l)	gleba soil (%)	przesącz glebowy soil filtrate (mg/l)
N całkowity Total N	0,37 a	1,06 A	0,71 b	11,79 B
N-NH <sub>4</sub> NH <sub>4</sub> -N	0,30 a	0,18 A	0,45 b	1,61 B
N-NO <sub>3</sub> NO <sub>3</sub> -N	0,17 a	0,88 A	0,26 b	10,18 B
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,60	0,40 a	0,50	0,01 b
K	0,65 a	NO*	0,40 b	3,10
pH	7,10	7,60	4,80	5,30

a, b i A, B – wartości w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie przy P<0,05 i P<0,01.

a, b and A, B – values in rows with different letters differ significantly at P<0.05 and P<0.01.

\*NO Nie oznaczono.

\*NO Not determined.

W okresie wiosennym zawartość procentowa N całkowitego była statystycznie istotnie wyższa w gruncie ornym Podkarpacia, a wysoko istotną różnicę oznaczono w przesączu glebowym pomiędzy badanymi gruntami dla tej formy azotu także na korzyść Podkarpacia. Koncentracje P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> i K były porównywalne i nie różniły się statystycznie istotnie między badanymi gruntami ornymi (tab. 5).

Porównując łąki obu gospodarstw w okresie wiosennym oznaczono statystycznie wysoko istotne i istotne różnice pomiędzy średnią zawartością wszystkich form N oraz P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> i K w glebie i przesączu glebowym (tab. 6). Istotnie większą zawartością procentową NPK charakteryzowała się gleba łąk Pomorza Zachodniego, natomiast wysoko istotnie większa koncentracja azotu została oznaczona w tym okresie w prze-

sącza glebowym Podkarpacia. Wyjątek stanowiła zawartość  $P_2O_5$ , istotnie więcej tego pierwiastka znajdowało się na łące Pomorza Zachodniego (tab. 6).

W glebie pastwiska Pomorza Zachodniego (tab. 7) oznaczono wiosną statystycznie istotnie większą koncentrację wszystkich form azotu niż na pastwisku podkarpackim, a zawartość  $P_2O_5$  była porównywalna w obu badanych glebach i nie różniła się statystycznie istotnie. Podobnie jak w przypadku przesącza glebowego łąk, tak i przesącz glebowy pastwiska Podkarpacia zawierał istotnie więcej wszystkich form azotu. Natomiast przesącz glebowy pastwiska Pomorza Zachodniego zawierał istotnie więcej  $P_2O_5$ .

Tabele 8, 9 i 10 przedstawiają średnią zawartość NPK w glebie i przesącza glebowym gruntów ornych, łąk oraz pastwisk Pomorza Zachodniego i Podkarpacia w okresie jesiennym.

Tabela 8. Średnia zawartość NPK w glebie (%) i przesącza glebowym (mg/l) na badanych gruntach ornych w okresie jesiennym

Table 8. Average NPK content of soil (%) and soil filtrate (mg/l) in farmland during the autumn period

Wyszczególnienie Item	Grunty orne (kukurydza) Farmland (maize)			
	Pomorze Zachodnie West Pomerania		Podkarpacie Subcarpathia	
	gleba soil (%)	przesącz glebowy soil filtrate (mg/l)	gleba soil (%)	przesącz glebowy soil filtrate (mg/l)
N całkowity Total N	0,30 A	5,19 A	0,09 B	8,06 B
N-NH <sub>4</sub> NH <sub>4</sub> -N	0,18 A	0,29	0,02 B	0,27
N-NO <sub>3</sub> NO <sub>3</sub> -N	0,12 a	4,90 A	0,07 b	7,79 B
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,60	0,70	0,50	0,40
K	0,50	3,80 A	0,70	0,70 B
pH	7,30	7,90	6,10	6,50

a, b i A, B – wartości w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie przy  $P < 0,05$  i  $P < 0,01$ .

a, b and A, B – values in rows with different letters differ significantly at  $P < 0.05$  and  $P < 0.01$ .

Jesienią grunty orne Pomorza Zachodniego charakteryzowały się większą procentową koncentracją NPK w glebie w stosunku do zawartości tych pierwiastków w glebie Podkarpacia. Istotnie statystycznie więcej azotu odnotowano w gruntach Pomorza Zachodniego. Zawartość procentowa K i P – w gruntach doświadczalnych Pomorza i Podkarpacia była zbliżona i nie różniła się statystycznie istotnie (tab. 8). Odwrotna zależność dotyczyła zawartości azotu w przesącza glebowym. Istotnie wyższą koncentrację wszystkich form tego pierwiastka oznaczono w gruntach ornych Podkarpacia, a koncentracja K w przesącza była wyższa na Pomorzu Zachodnim i różniła się wysoko istotnie statystycznie od zawartości tego pierwiastka w przesącza gruntów Podkarpacia (tab. 8).

Tabela 9. Średnia zawartość NPK w glebie (%) i przesączu glebowym (mg/l) na badanych łąkach w okresie jesiennym  
 Table 9. Average NPK content of soil (%) and soil filtrate (mg/l) in meadow during the autumn period

Wyszczególnienie Total N	Łąka Meadow			
	Pomorze Zachodnie West Pomerania		Podkarpacie Subcarpathia	
	gleba soil (%)	przesącz glebowy soil filtrate (mg/l)	gleba soil (%)	przesącz glebowy soil filtrate (mg/l)
N całkowity Total N	0,11 a	9,57 A	0,28 b	4,45 B
N-NH <sub>4</sub> NH <sub>4</sub> -N	0,05 a	0,12 a	0,12 b	0,23 b
N-NO <sub>3</sub> NO <sub>3</sub> -N	0,06 a	9,45A	0,16 b	4,22 B
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,30	1,13 a	0,30	0,60 b
K	0,20	0,50 a	0,15	0,80 b
pH	7,90	8,30	5,10	5,90

a, b i A, B – wartości w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie przy P<0,05 i P<0,01.  
 a, b and A, B – values in rows with different letters differ significantly at P<0.05 and P<0.01.

Tabela 10. Średnia zawartość NPK w glebie (%) i przesączu glebowym (mg/l) na badanych pastwiskach w okresie jesiennym  
 Table 10. Average NPK content of soil (%) and soil filtrate (mg/l) in pasture during the autumn period

Wyszczególnienie Item	Pastwisko Pasture			
	Pomorze Zachodnie West Pomerania		Podkarpacie Subcarpathia	
	gleba soil (%)	przesącz glebowy soil filtrate (mg/l)	gleba soil (%)	przesącz glebowy soil filtrate (mg/l)
N całkowity Total N	0,36 a	5,02 A	0,63 b	2,45 B
N-NH <sub>4</sub> NH <sub>4</sub> -N	0,15 a	0,69 a	0,40 b	0,34 b
N-NO <sub>3</sub> NO <sub>3</sub> -N	0,17	4,43 A	0,23	2,11 B
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,15	0,46 a	0,10	0,26 b
K	0,23 a	0,40	0,12 b	0,30
pH	7,80	8,20	4,95	5,50

a, b i A, B – wartości w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie przy P<0,05 i P<0,01.  
 a, b and A, B – values in rows with different letters differ significantly at P<0.05 and P<0.01.

W tym samym okresie łąki Pomorza Zachodniego skumulowały mniej azotu w glebie niż łąki Podkarpacia, a różnica ta miała charakter statystycznie istotny. Zawartość P i K była w glebie badanych łąk porównywalna i nie różniła się istotnie

statystycznie (tab. 9). Porównując koncentrację pierwiastków w przesączu glebowym łąk obu gospodarstw, na łące Pomorza Zachodniego oznaczono istotnie więcej azotu i więcej  $P_2O_5$ , natomiast mniej potasu niż na łące Podkarpacia (tab. 9).

Tabela 11. Bilans pierwiastków biogenych w uprawach doświadczalnych ( $kg \cdot ha^{-1}$ )  
Table 11. Balance of biogenic elements in experimental crops ( $kg \cdot ha^{-1}$ )

Wyszczególnienie Item	Kukurydza Maize		Łąka Meadow		Pastwisko Pasture	
	Pomorze Zachodnie West Pomerania	Podkarpacie Subcarpathia	Pomorze Zachodnie West Pomerania	Podkarpacie Subcarpathia	Pomorze Zachodnie West Pomerania	Podkarpacie Subcarpathia
Gleba zawartość po- czątkowa Soil, initial content						
N	11,20 a	13,65 b	30,45A	15,85 B	12,95 A	29,40 B
P	35,20 a	32,25 b	41,50 A	34,50 B	31,50 A	24,50 B
K	38,50 A	31,50 B	45,50 A	38,50 B	36,50A	28,00 B
Nawożenie organiczne Organic fertilization						
N	158,00	140,90	80,00	97,50	166,70	138,70
P	40,00	40,00	6,70	13,20	6,90	5,80
K	60,00	50,00	21,90	28,10	16,10	12,50
Kumulacja w plonie Accumulation in yield						
N						
P	90,75	91,81	72,80 a	70,77 b	79,34 a	78,23 b
K	26,25	25,25	25,55 A	20,00 B	21,14 A	16,50 B
	42,25 A	49,10 B	35,50 A	30,00 B	28,50 A	20,45B
Emisja Emission						
N	12,90 a	11,70 b	12,75 A	9,80 B	29,90 a	28,90 b
P	NO*	NO	NO	NO	NO	NO
K	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Wymywanie Washout						
N	51,90 A	46,60 B	20,35	21,50	50,20 A	37,90 B
P	15,50	14,80	6,00	5,50	3,50	2,70
K	38,00 A	7,90 B	4,90 a	3,80 b	2,00 a	3,50 b
Gleba zawartość końcowa Soil, final content						
N	13,65 A	4,44 B	4,55 A	11,30 B	20,21 a	23,10 b
P	33,50 a	32,20 b	16,65 A	22,20 B	13,76 a	11,10 b
K	18,25 A	24,50 B	27,00 A	32,80 B	22,10 A	16,55 B

a, b i A, B – wartości w wierszach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie przy  $P<0,05$  i  $P<0,01$ .

a, b and A, B – values in rows with different letters differ significantly at  $P<0.05$  and  $P<0.01$ .

NO\* Nie oznaczono.

NO\* Not determined.

Podobna wysoko istotna zależność statystyczna charakteryzowała jesienną koncentrację azotu i  $P_2O_5$  w przesączu glebowym pastwiska (tab. 10). Co do gleby, to wyższa zawartość procentowa azotu całkowitego została oznaczona na pastwisku podkarpackim, potasu pastwisku zachodniopomorskim, a koncentracja  $P_2O_5$  była porównywalna i nie różniła się statystycznie istotnie pomiędzy badanymi poletkami (tab. 10).

Tabela 11 przedstawia bilans NPK w uprawach doświadczalnych. Zawartość NPK jest znacznie wyższa w użytkach zielonych i gruntach ornych Pomorza Zachodniego, a różnice koncentracji tych pierwiastków w objętych doświadczeniem regionach mają wysoko istotny statystycznie charakter. Wyjątkiem jest wyższa zawartość N na polu kukurydzy i pastwisku podkarpackim w stosunku do koncentracji tego pierwiastka na ich analogach w zachodniopomorskim. Wymywana jest znacznie większa ilość azotu i potasu z gruntów ornych w regionie zachodniopomorskim, porównywalna azotu i fosforu z łąk w tych regionach oraz znacznie większa azotu z zachodniopomorskich pastwisk. Końcowa zawartość NPK w glebie odznacza się większą koncentracją N i  $P_2O_5$  w polu kukurydzy na Pomorzu Zachodnim. Wysoko istotnie większa zawartość NPK, potwierdzona statystycznie, charakteryzuje natomiast podkarpackie łąki objęte doświadczeniem. Na podkarpackich pastwiskach oznaczono, potwierdzoną statystycznie, większą zawartość azotu, natomiast mniejszą potasu i fosforu.

### Omówienie wyników

Nawozowe wykorzystanie gnojowicy bydlęcej i nawozów mineralnych na użytkach zielonych w gospodarstwach na Podkarpaciu i Pomorzu Zachodnim nie przekraczało 170 kg azotu przypadającego na 1 hektar obszaru wykorzystywanego do celów rolnych i jest zgodne z Dyrektywą azotanową, która określa maksymalną ilość tego pierwiastka zastosowanego w gospodarstwie w ciągu roku. Gnojowica bydlęca stosowana na użytkach zielonych zawierała odpowiednio 80,00 i 97,50 kg oraz 166,70 i 138,70 kg azotu (tab. 3).

Stwierdzono brak pokrycia zapotrzebowania pokarmowego danych upraw i UZ w stosunku do stosowanego nawożenia (tab. 3). Na taki stan miał wpływ brak aktualnych badań składu zarówno gleby, jak i nawozów naturalnych i kierowanie się przez oba zakłady wartościami tabelarycznymi oraz wynikami starszych badań. W praktyce produkcyjnej chowu bydła mlecznego występuje szereg czynników mających wpływ na okresowe wahania składu nawozów naturalnych. Zmienna wydajność mleczna bydła, dostosowane do niej żywienie oraz jakość pasz, objętość stosowanej wody technologicznej, czy w końcu wielkość opadów wymywających biogeny z obornika w trakcie przechowywania, to tylko niektóre z tych czynników (Wasilewski, 2008; Rose, 2003) Różnice te nie miały jednak zasadniczego wpływu na dalszy sposób interpretacji uzyskanych wyników.

Początkowa zawartość pierwiastków biogennych w glebie użytków zielonych Pomorza Zachodniego była wyższa od tej określonej na Podkarpaciu. Powodem większej zasobności w N, K, P łąk i pastwisk Pomorza Zachodniego jest m.in. lepsza jakość gleb i większe możliwości retencji kompleksu sorpcyjnego gleby (Radkowski

i Kuboń, 2008; Twardy i in., 1998). Wyjątek stanowi zawartość azotu w glebie państwiska na Podkarpaciu (29,40 kg), gdzie jest ona ponad dwa razy większa od tej oznaczonej na Pomorzu Zachodnim (12,95 kg) (tab. 11). Stan taki wynikał z przeznaczenia stosunkowo dobrej jakości gleby na pastwisko, lecz znajdującej się na działce o trudnych warunkach ukształtowania terenu, eliminujących możliwość uprawy. Natomiast w glebie łąki Pomorza Zachodniego zawartość azotu była blisko 50% większa (30,45 kg) niż na Podkarpaciu (15,85 kg) (tab. 11). Początkowa zawartość potasu i fosforu w glebie na obu łąkach doświadczalnych mieściła się w granicach 34,50–45,50 kg i była wyższa od określonej tam ilości azotu. Na taki stosunek zawartości tych 3 pierwiastków biogennych na użytkach zielonych mają wpływ m.in. straty azotu na drodze jego emisji i wymywania (McCrary i Hobbs, 2001). Po aplikacji gnojowicy bydłowej na łące i pastwisku Podkarpacia wymywanych zostało ponad 22% (21,50 kg) i 27% (37,9 kg) azotu. Straty fosforu i potasu w wyniku wymywania były znacznie niższe i sięgały 5,50 kg. Na łące i pastwisku Pomorza Zachodniego straty azotu na skutek jego wymywania były jeszcze wyższe i sięgały odpowiednio: 25,43% i 30,10%. Duża strata azotu na pastwisku Pomorza Zachodniego wynosząca 50,20 kg (tab. 11), uwzględniając dobrą jakość gleby i większe możliwości jej kompleksu sorpcyjnego, może stanowić szczególne zagrożenie środowiskowe dla zbiorników wodnych (Jończyk i Jadczyzsyn, 2010). Wymywanie potasu i fosforu na pastwisku zlokalizowanym na terenie Pomorza Zachodniego było znacznie mniejsze, a strata obu tych pierwiastków nie przekraczała 6,00 kg (tab. 11). Ogólnie duże wymywanie fosforu z gleby mogło być związane z rejonem prowadzenia badań i rodzajem gleby. Nawozowe stosowanie gnojowicy prowadziło także do strat azotu na drodze emisji. Emisja tego pierwiastka w postaci amoniaku na łące na Pomorzu Zachodnim była o 6% wyższa niż na Podkarpaciu i osiągnęła wartość 12,75 kg, podczas gdy na łące doświadczalnej Podkarpacia wyniosła 9,80 kg. Zbliżone ilości amoniaku uwalniały się natomiast po aplikacji gnojowicy bydłowej na pastwiskach obu zakładów doświadczalnych. Na Pomorzu Zachodnim emisja z pastwiska osiągnęła wartość 29,90 kg, a na Podkarpaciu 28,90 kg i była to różnica statystycznie istotna.

Kumulacja pierwiastków biogennych w plonie traw łąkowych i pastwiskowych na Podkarpaciu i Pomorzu Zachodnim wyniosła dla azotu 70,77–79,34 kg, fosforu 16,50–25,50 kg i potasu 20,45–35,50 kg (tab. 4).

Obornik bydłowy i nawozy mineralne wykorzystane do nawożenia gruntów ornych, na których uprawiana była kukurydza na Pomorzu Zachodnim i Podkarpaciu, zawierały odpowiednio 158 i 140,90 kg azotu (tab. 3). Początkowa zawartość azotu w naturalnych zasobach gleby była istotnie wyższa na Podkarpaciu i wynosiła 13,65 kg (tab. 11).

Większe znaczenie miała jednak ilość potasu w kompleksie gruntu ornego Pomorza Zachodniego. Wyniosła ona 38,50 kg (tab. 11) i była zbliżona do oznaczonej na pastwisku w tym gospodarstwie (36,50 kg), jednak z pastwiska wymyciu uległo 2,00 kg potasu, a z gruntu ornego aż 38,00 kg, tj. prawie cała ilość potasu znajdująca się pierwotnie w naturalnych zasobach gleby. Duże zagrożenie dla środowiska wodnego stanowiło też wymywanie z gruntów ornych azotu. Na Pomorzu Zachodnim strata tego pierwiastka na tej drodze wyniosła 51,90 kg i była porównywalna z jego wymywaniem na pastwisku. Największym obciążeniem dla środowiska było wymy-

wanie azotu z pola kukurydzy na Podkarpaciu, na którym strata tego biogenu sięgnęła 33,07%. To najwyższa procentowo strata azotu na wszystkich objętych doświadczeniem użytkach zielonych i gruntach ornych. Uwzględniając obciążenie środowiska wodnego azotem pochodzącym z pól kukurydzy, należy też pamiętać o emisji amoniaku, która towarzyszy nawozowemu wykorzystaniu obornika bydłowego. Wielkość emisji amoniaku z obornika aplikowanego na gruntach ornych na Pomorzu Zachodnim osiągnęła wartość 12,90 kg, a na Podkarpaciu 11,70 kg i była statystycznie istotna (tab. 3). Kumulacja pierwiastków biogenych w plonie kukurydzy na Podkarpaciu i Pomorzu Zachodnim wyniosła dla azotu niewiele ponad 90,75 kg, a dla fosforu 25,25 kg. Natomiast kumulacja potasu okazała się statystycznie wysoko istotna i wynosiła na Pomorzu Zachodnim 42,25 kg, a na Podkarpaciu 49,10 kg (tab. 4 i 11).

Na podstawie uzyskanych wyników badań można wysunąć szereg uogólnień dotyczących biogenego oddziaływania nawozów naturalnych na użytkach rolnych. Cały szereg czynników technologicznych chowu bydła mlecznego wpływa na występowanie okresowych zmian zawartości związków biogenych w nawozach naturalnych. Stąd każdorazowo przed ich nawozowym zastosowaniem, obliczenia niezbędnej, a zarazem dopuszczalnej dawki, dokonywać należy w oparciu o aktualne analizy chemiczne. Stosowanie klasycznych metod doglebowej aplikacji gnojowicy oraz obornika prowadzi do znacznych strat związków azotu pod postacią emisji amoniaku. Natychmiastowe przyoranie na gruntach ornych ogranicza te straty. W przypadku UZ i stosowania gnojowicy mogą być one jednak znacznie wyższe, sięgając 33% początkowej zawartości azotu. Ponadto, straty związków azotu powstałe z wymywania mają charakter wprost proporcjonalny do zawartości tego pierwiastka w jednorazowej dawce nawozowej. Stwierdzenie to odnosi się do dozwolonego poziomu 170 kg N/ha. Rozbicie pojedynczej dawki nawozowej na kilka mniejszych w przypadku gnojowicy na gruntach ornych może ograniczyć wymywanie azotu do środowiska. Pod względem nawożenia fosforem stwierdzono wysoki, bo dochodzący do 50% dawki, poziom wymywania tego pierwiastka. Największe straty dotyczyły i tym razem gruntów ornych. Najniższy poziom wymywania, ale i najwyższą jego zmienność stwierdzono w przypadku nawożenia potasem. Przyczyną takiego stanu było dość dokładne pokrycie potrzeb pokarmowych roślin uprawnych przez nawożenie, co pozwoliło utrzymać zasobność gleby na pierwotnym poziomie.

Podsumowując: końcowa zawartość N i P była statystycznie wyższa w glebie gruntów ornych Pomorza Zachodniego (13,65 i 33,50 kg · ha<sup>-1</sup>). Więcej K oznaczono w gruntach ornych Podkarpacia (24,50 kg · ha<sup>-1</sup>). Końcowa koncentracja N w glebie łąk i pastwisk objętych doświadczeniem na Podkarpaciu wynosiła odpowiednio: 11,30 i 23,10 kg · ha<sup>-1</sup> i była istotnie statystycznie wyższa od tej oznaczonej na Pomorzu Zachodnim (4,55 i 20,21 kg · ha<sup>-1</sup>). Badane grunty orne, łąki i pastwiska Pomorza Zachodniego charakteryzowały się większą emisją NH<sub>3</sub>.

#### Piśmiennictwo

- Azam F., Müller C., Weiske A., Benckiser G., Ottow J.C.G. (2002). Nitrification and denitrification as sources of atmospheric nitrous oxide – role of oxidizable carbon and applied nitrogen. *Biol. Fert. Soils*, 35: 54–61.

- Barrington S., Choiniere D., Trigui M., Knight W. (2002). Effect of carbon source on compost nitrogen and carbon losses. *Bioresource Technol.*, 83 (3): 189–194.
- Bicudo J.R., Schmidt D.R., Gay S.W., Gates R.S., Jacobson L.D., Hoff S.J., (2002). Air quality and emissions from livestock and poultry production/waste management systems. Prepared as a White Paper for Nat. Cent. for Manure and Animal Waste Management. North Carolina Univ., 157.
- Dyrektywa Rady z dnia 12 grudnia 1991 r. dotycząca ochrony wód przed zanieczyszczeniami powodowanymi przez azotany pochodzenia rolniczego (91/676/EWG).
- Goyal S., Dhull S.K., Kapoor K.K. (2005). Chemical and biological changes during composting of different organic wastes and assessment of compost maturity. *Bioresource Technol.*, 96 (14): 1584–1591.
- Jończyk K., Jadczyk J. (2010). Wybrane działania rolnośrodowiskowe w kontekście ograniczania zagrożeń występujących na obszarach problemowych rolnictwa. *Studia i raporty IUNG-PIB*, 21: 27–38.
- Kangas L., Sanna S. (2001). Regional nitrogen deposition model for integrated assessment of acidification and eutrophication. *Atmos. Environ.*, 36: 1111–1122.
- Kazutaka K., Hanajima D., Fukumoto Y., Suzuki K., Kawamoto S., Shima J., Haga K. (2004). Isolation of thermophilic ammonium-tolerant bacterium and its application to reduce ammonia emission during composting of animal wastes. *Biosci. Biotech.*, 68 (2): 286–292.
- Kristensen H.H., Burgess L.R., Demmers T.G.H., Wathes C.M. (2000). The preferences of laying hens for different concentrations of atmospheric ammonia. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 68: 307–318.
- McCroory D.F., Hobbs P.J., (2001). Additives to reduce ammonia and odor emissions from livestock wastes. *J. Environ. Qual.*, 30: 345–355.
- McCulloch R.B., Few G.S., Murray G.C., Aneja J.P. (1998). Analysis of ammonia, ammonium aerosols and acid gases in the atmosphere at a commercial hog farm in eastern North Carolina, USA. *Environ. Pollut.*, 102: 263–268.
- Pain B.F., Van der Weerden T.J., Chambers B.J., Philips V.R., Jarvis S.C. (1998). A new inventory for ammonia emissions from U.K. agriculture. *Atmos. Environ.*, 32: 309–313.
- Radkowski A., Kuboń M. (2005). Ocena renowacji górskich użytków zielonych w aspekcie ponoszonych nakładów. *Inżynieria Rolnicza*, 7: 231–236.
- Rose A.J. (2003). Development of an ammonia emission protocol and preliminary emission factor for a central Texas dairy. Thesis, 12.
- Rotz C.A. (2004). Management to reduce nitrogen losses in animal production. *J. Anim. Sci.*, 82 (E. Suppl.): 119–137.
- Sasaki N., Suehara K., Kohoda J., Nakano Y., Yano T. (2003). Effects of C/N ratio and pH of raw materials on oil degradation efficiency in a compost fermentation process. *J. Biosci. Bioeng.*, 96, 1: 47–52.
- Siebielec G. (2012). Monitoring chemizmu gleb ornych w Polsce w latach 2010-2012. Rap. końc. IUNG Puławy, ss. 1–202.
- Singh S.P., Satsanagi G.S., Khare P., Lakhani A., Kumari K.M., Sirvastava S.S. (2001). Multiphase measurement of atmospheric ammonia. *Chemosph.*, 3: 107–116.
- Sutton M.A., Place C.J., Eager M., Fowler D., Smith R.I. (1995). Assessment of the magnitude of ammonia emissions in the U.K. *Atmos. Environ.*, 29: 1393–1411.
- Twardy S., Kopacz M., Kostuch M. (1998). Dobre praktyki rolnicze w użytkowaniu łąk i pastwisk górskich. W: Dobre praktyki w produkcji rolniczej, Konferencja. t. II, IUNG Puławy 3–4.06.1998, ss. 541–550.
- Tymczyna L., Chmielowiec-Korzeniowska A., Drabik A. (2009). Wpływ systemu utrzymania świń na emisję gazowych zanieczyszczeń powietrza. *Przem. Chem.*, 88 (5): 574–578.
- Wasilewski Z. (2008). Wytyczne wypasu bydła w gospodarstwach ekologicznych. Materiały Instruktażowe/Procedury nr 120/4, Falenty: Wydaw. IMUZ. s. 28.

WOJCIECH KRAWCZYK, JACEK WALCZAK, PAWEŁ PARAPONIAK,  
MARTA DĄBROWSKA-WIECZOREK, EUGENIUSZ HERBUT

**Determining the burden of organic fertilizers on the soil and water environment**

SUMMARY

The aim of the study was to determine the actual process of dispersing biogenic amines from slurry and cattle manure on different farmland types. This issue is of particular importance in the context of environmental conservation and the quality of life in rural areas.

Final N and P content was higher in the soil from West Pomerania farmland (13.65 and 33.50 kg · ha, respectively). More K was determined in Subcarpathia farmland (24.50 kg · ha). Final N concentration in the soil of meadows and pastures investigated in the Subcarpathia region was 11.30 and 23.10 kg · ha, respectively, being significantly higher than that determined in West Pomerania (4.55 and 20.21 kg · ha, respectively). In West Pomerania, significantly more N was washed from farmland (51.90 kg · ha) and pastures (50.20 kg · ha) compared to Subcarpathia (46.60 and 37.90 kg · ha, respectively). The studied farmland, meadows and pastures of West Pomerania were also characterized by higher emission of NH<sub>3</sub>.

Key words: organic fertilizers, farmland and grassland, NH<sub>3</sub> emission, NPK balance, soil environment