

Wpłynęło 04.03.2013 r.
Zrecenzowano 22.04.2013 r.
Zaakceptowano 17.09.2013 r.

A – koncepcja
B – zestawienie danych
C – analizy statystyczne
D – interpretacja wyników
E – przygotowanie maszynopisu
F – przegląd literatury

OKREŚLANIE ILOŚCI AZOTU MINERALNEGO UWALNIANEGO Z GLEBY ŁĄKOWEJ (MADY PRÓCHNICZNEJ) NA ŻUŁAWACH ELBLĄSKICH

Jerzy TERLIKOWSKI ABCDEF

Instytut Technologiczno-Przyrodniczy, Żuławski Ośrodek Badawczy w Elblągu

Streszczenie

Celem pracy było znalezienie prostej metody szacowania ilości uwalnianego azotu glebowego przyswajalnego dla runi łąkowo-pastwiskowej na próchnicznych madach żuławskich. Określanie ilości uwalnianego azotu umożliwia poprawę gospodarowania tym składnikiem w mineralnym odżywianiu runi łąkowo-pastwiskowej, co może ograniczać jego rozpraszanie do środowiska i jest uzasadnione ekonomicznie. Przedmiotem badań była ruń łąkowa użytkowana ze zróżnicowaną intensywnością i różnie nawożona mineralnie. Do określenia wydajności mineralizacji netto azotu glebowego zastosowano pośrednią metodę bilansową.

Do badań odcieków zastosowano minilizymetry Łaukajtysa, umieszczone na każdym poletku doświadczalnym. W zależności od przebiegu warunków meteorologicznych, stosowanego nawożenia NPK oraz częstotliwości koszenia, ruń łąkowa w sezonie wegetacyjnym pobrała od 60 do 170 kg·ha⁻¹ azotu, uwalnianego wskutek mineralizacji glebowej materii organicznej. Wykazano również, że ruń łąkowa, w zależności od intensywności użytkowania i nawożenia, wykorzystuje do przyrostu plonu użytkowego od 58 do 78% ogólnej ilości wyniesionego azotu mineralnego.

Słowa kluczowe: mada próchniczna, azot, wykorzystanie, bilans

WSTĘP

Gospodarowanie azotem mineralnym w warunkach trwałych użytków zielonych jest podstawowym czynnikiem, od którego zależą efekty ekonomiczne produkcji rolnej i ograniczanie jej negatywnego wpływu na środowisko.

Do cytowania For citation: Terlikowski J. 2013. Określanie ilości azotu mineralnego uwalnianego z gleby łąkowej (mady próchnicznej) na Żuławach Elbląskich. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 13. Z. 3(43) s. 149–159.

Dążenie do racjonalnego wykorzystania azotu mineralnego przez runi łąkowo-pastwiskową skłania do poszukiwania metod, umożliwiających określanie ilości dostępnego azotu. Dla osiągnięcia poprawy gospodarowania azotem na użytkach zielonych mogą być istotne informacje o jego ilości uwalnianej w procesie mineralizacji glebowej materii organicznej. Dla pokrycia potrzeb pokarmowych runi łąkowej ważna jest ta ilość uwalnianego azotu glebowego, która jest pobierana przez biomasę plonu użytkowego (tzw. mineralizacja netto). Jest to różnica między mineralizacją brutto a immobilizacją mikrobiologiczną i pobieraniem azotu przez darń oraz jego stratami do środowiska.

Podatność organicznych związków azotu na mineralizację jest zróżnicowana i zależy od warunków glebowo-wodnych i tempa rozkładu każdego z komponentów glebowej materii organicznej [PAUL, CLARK 2000]. Mineralizacja materii organicznej gleby jest źródłem dostępnych dla roślin składników pokarmowych, w tym azotu mineralnego.

Mineralizacja glebowej materii organicznej może przebiegać w różnym tempie. Zależy to od zmiany warunków redukcyjno-oksydacyjnych. Od mineralizacji azotu związanego z materią organiczną w glebie zależy jego wykorzystanie przez runi oraz straty w wyniku wymywania $N-NO_3$. KOBUZ [1996] podaje, że glebowa materia organiczna gromadzi ponad 90% azotu glebowego. Jej przemiany mogą być źródłem azotu w mineralnym odżywianiu roślin tym składnikiem. Przebieg procesu rozkładu zależy od temperatury, wilgotności oraz ilości i jakości glebowej materii organicznej, jako substratu mikrobiologicznego. Według SMITHA i PAULA [1990], badających dynamikę mineralizacji masy organicznej w glebie, w ekosystemach łąkowych w ciągu roku ulega mineralizacji od 95 do 380 $kg N \cdot ha^{-1}$.

Określenie ilości azotu mineralnego uwalnianego w sezonie wegetacyjnym z glebowej materii organicznej mineralnych gleb łąkowych może mieć duże znaczenie ekonomiczne i ekologiczne.

Celem pracy było znalezienie prostej metody szacowania ilości azotu glebowego, przyswajalnego dla runi łąkowo-pastwiskowej, uwalnianego w warunkach próchnicznych mad żuławskich.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Badania prowadzono w latach 2007–2011 w miejscowości Helenowo na Żuławach Elbląskich, na ciężkiej płytkiej madzie próchnicznej, zawierającej w profilu glebowym ok. 350 $t \cdot ha^{-1}$ organicznej materii glebowej i od 13 do 20 $t N_{og} \cdot ha^{-1}$. Doświadczenie założono metodą losowanych bloków, w czterech powtórzeniach, według schematu przedstawionego w tabeli 1., na łące poddanej renowacji w 2001 r.

W nawożeniu mineralnym stosowano fosfor w jednej dawce wiosną, potas – w dwóch równych częściach: wiosną i w połowie okresu wegetacji, zaś azot – w trzech równych częściach pod każdy odrost.

Tabela 1. Schemat doświadczenia założonego w 2007 r.**Table 1.** A scheme of the experiment set up in 2007

Użytek Grassland	Wariant Variant	Liczba pokosów Number of cuts	Nawożenie Fertilisation	Dawki nawozów Fertiliser dose kg·ha ⁻¹ ·r ⁻¹
	1	1	0	
Łąka trwała	2	2	0	N – 180
Permanent	3	2	PK	P – 40
meadow	4	3	PK	K – 100
	5	3	NPK	

Źródło: opracowanie własne. Source: own study.

Ruń charakteryzowała się uproszczonym składem gatunkowym, w którym dominowały: kupkówka pospolita (*Dactylis glomerata* L.) i tymotka łąkowa (*Phleum pratense* L.), z niewielkim udziałem kostrzewy łąkowej (*Festuca pratensis* Huds.), perzu właściwego (*Elymus repens* L.) i wiechliny łąkowej (*Poa pratensis* L.). Trawy stanowiły łącznie około 75–85% pokrycia, rośliny dwuliścienne – około 15–25%, a rośliny motylkowate występowały w runi w śladowych ilościach.

Łąka jest położona 0,40 m p.p.m., na madzie bardzo ciężkiej płytkiej, podścieleonej piaskiem luźnym (8F bc-pl) (tab. 2). Poziom próchniczny stanowi warstwa gleby o miąższości 45–55 cm.

Doświadczenie zostało wyposażone w minilizymetry Laukajtysa do badań ilości i jakości odcieków. Zawartość mineralnych form azotu N-NO₃ i N-NH₄ w glebie (po ekstrakcji w 1% roztworze K₂SO₄) oraz w odciekach wodnych oznaczano metodą kolorymetryczną.

Zawartość azotu ogólnego w glebie i roślinności oznaczano metodą Kjeldahla (metodą destylacji). Przystawialne formy fosforu i potasu w glebie oznaczono me-

Tabela 2. Charakterystyka fizykochemiczna gleby, 2007**Table 2.** Physical and chemical soil characteristics, 2007

Głębokość Depth cm	Gęstość objętościowa Bulk density g·cm ⁻³	C %	pH 1 N KCl	Zasobność w przyswajalne składniki Concentration of available components mg·kg ⁻¹ s.m. gleby		
				P	K	Mg
0–20	1,295 (blok AiB)	4,00	4,88	42	411	50
	1,269 (blok CiD)	4,04	5,29	31	327	52
21–40	1,315 (blok AiB)	3,88	5,36	45	206	52
	1,307 (blok CiD)	3,95	5,32	39	243	48
41–60	1,307 (blok AiB)	2,75	6,31	43	111	17
	1,378 (blok CiD)	2,84	6,33	23	79	21

Źródło: opracowanie własne. Source: own study.

tołą Egnera-Riehma, a magnezu – metodą Schachtschabela, wg odczytu z AAS. Węgiel w glebie oznaczono metodą Tiurina, a pH – potencjometrycznie w 1 n KCl.

Do określenia wydajności mineralizacji netto azotu glebowego zastosowano pośrednią metodę bilansową. W bilansie uwzględniono:

- po stronie przychodów:
 - zawartość azotu mineralnego w glebie wiosną przed ruszeniem wegetacji,
 - azot nawozowy,
 - azot biologiczny [SAPEK 1996],
 - azot z opadu atmosferycznego mokrego i suchego [WIOŚ 2012].
- po stronie rozchodów:
 - azot wyniesiony z plonem,
 - azot w odciekach, przemieszczający się poza strefę korzeniową w okresie wegetacji,
 - azot w glebie po zakończeniu wegetacji.

Pomimo wielu badań nie opracowano bezpośredniej metody oznaczania ilości azotu glebowego, który ulega przemianom w formy mineralne pobierane przez ruń łąkowo-pastwiskową [OKRUSZKO 1991; TERLIKOWSKI 2005]. Pośrednią metodą bilansową można oszacować tylko tę część azotu uwolnionego z glebowej materii organicznej, która została pobrana przez ruń i wbudowana w biomasę plonu użytkowego, a więc pulę azotu z glebowej materii organicznej, która może mieć istotne znaczenie gospodarcze i powinna być uwzględniana w określaniu dawki nawożenia azotem.

Średnie dobowe temperatury z okresu wegetacji w latach 2008–2011 były zbliżone do wartości średniej z wielolecia, z wyjątkiem roku 2011, w którym średnia dobowa temperatura okresu wegetacji była od niej wyższa o 2,8°C (tab. 3). Sumy opadów z okresów wegetacji w latach 2008–2011 również były zbliżone do wartości średniej z wielolecia, z wyjątkiem najcieplejszego 2011 r., w którym jednocześnie suma opadów w okresie wegetacji była niższa od średniej z wielolecia o ok. 129 mm (tab. 3).

Głębokość zalegania zwierciadła wody gruntowej w okresie prowadzenia badań wynosiła 35–40 cm wiosną przed ruszeniem wegetacji i obniżała się do 150–155 cm w okresie od maja do końca wegetacji. Wynika z tego, że w analizowanym okresie ruń korzystała głównie z wody opadowej, a z wody gruntowej – w niewielkim stopniu.

WYNIKI I DISKUSJA

Wartości ładunku azotu (tab. 4) odprowadzanego z wodą infiltrującą poza strefę korzeniową świadczą o znacznie większych stratach azotu mineralnego w okresie pozawegetacyjnym (76–157 kg N_{min}·ha⁻¹) niż w okresie wegetacji (18–51 kg N_{min}·ha⁻¹). Duże zróżnicowanie ilości azotu mineralnego odpływającego w odcie-

Tabela 3. Warunki meteorologiczne (średnie dobowe wartości temperatury i sumy opadów) w okresie prowadzenia badań
Table 3. Meteorological conditions (mean daily temperature and sum of precipitations) during the study period

Rok Year	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Średnia/suma Mean/summ	
													IV–IX	rok_year
Temperatura, °C Temperature, °C														
2008 ¹⁾	1,3	3,7	3,8	8,3	13,0	17,2	18,4	18,2	14,3	8,0	4,5	1,1	14,9	9,3
2009 ¹⁾	-2,0	-0,5	2,6	10,0	12,5	15,0	19,1	18,8	15,1	15,1	5,9	-1,1	15,1	8,5
2010 ¹⁾	-7,6	-2,0	3,0	7,7	11,5	16,4	21,7	19,8	13,4	13,4	4,8	-6,4	15,1	7,4
2011 ¹⁾	-0,9	-5,2	2,5	13,2	13,0	17,6	18,6	18,5	15,0	15,0	4,2	3,0	16,0	9,1
1971–1995 ²⁾	-1,9	-1,6	1,8	6,2	11,9	15,0	17,0	16,7	12,6	8,1	3,0	0,0	13,2	7,4
Opady, mm Precipitations, mm														
2008 ¹⁾	35,0	13,7	31,4	28,8	16,6	51,0	83,7	90,7	32,0	46,2	24,5	18,0	302,8	471,6
2009 ¹⁾	24,1	15,5	55,2	2,3	62,3	114,8	114,3	18,8	22,4	91,3	28,4	24,8	334,9	574,2
2010 ¹⁾	0,0	19,8	21,7	13,2	81,3	13,5	68,0	108,8	44,6	10,3	83,6	15,1	329,4	479,9
2011 ¹⁾	42,6	18,0	11,1	1,0	9,0	46,6	105,2	36,9	11,6	36,4	8,0	26,3	210,3	352,7
1971–1995 ²⁾	17,3	12,7	16,6	22,6	40,4	67,6	66,7	71,5	70,1	47,9	38,5	25,8	338,9	484,6

Źródło: opracowanie własne na podstawie: ¹⁾ danych ze stacji agrometeorologicznej ITP ŻOB w Helenowie; ²⁾ danych z Oddziału Morskiego IMGW w Gdyni.

Source: elaboration based to: ¹⁾ data from meteorological station of Żuławy Branch of Institute of Technology and Life Sciences at Helenowo near Elbląg; ²⁾ data from the Sea Branch of Institute for Meteorology and Water Management in Gdynia.

kach w głąb profilu glebowego wystąpiło również między badanymi obiektami. Najmniejsze ładunki N_{\min} w odciekach z okresu wegetacji ($18 \text{ kg kg } N_{\min} \cdot \text{ha}^{-1}$) wystąpiły na łące, na której nie stosowano nawożenia i zbierano tylko jeden pokos runi (obiekt 1). Zwiększenie częstotliwości koszenia do 2–3 pokosów w sezonie oraz stosowanie nawożenia PK lub NPK spowodowało zwiększenie ładunku azotu w odciekach do $36\text{--}51 \text{ kg } N_{\min} \cdot \text{ha}^{-1}$ (obiekty 2–5). Znacznie większe wartości ładunku N_{\min} zanotowano w odciekach powstających w okresach pozawegetacyjnych. Wartości ładunku azotu mineralnego w odciekach spod runi nienawożonej lub nawożonej tylko fosforem i potasem w sezonie pozawegetacyjnym były zbliżone i wynosiły od 76 do $97 \text{ kg } N_{\min} \cdot \text{ha}^{-1}$ (obiekty 1–4). Znacznie większe wartości ($157 \text{ kg } N_{\min} \cdot \text{ha}^{-1}$) zanotowano w odciekach spod runi użytkowanej trzykrotnie i nawożonej NPK, co może sugerować, że zastosowana dawka nawozu azotowego była zbyt wysoka w stosunku do zapotrzebowania runi na ten składnik.

Tabela 4. Ładunki azotu mineralnego ($N\text{-NO}_3 + N\text{-NH}_4$) odprowadzane z wodą infiltrującą poza strefę korzeniową runi, 2007–2012

Table 4. Loads of mineral nitrogen removed with infiltration water out of the root zone, 2007–2012

Okresy pomiarów Periods of measurements	Ładunek odprowadzany z obiektów, $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ Load removed from objects, $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$				
	1	2	3	4	5
16.11.2007–17.04.2008	2,1	2,3	2,7	3,3	3,4
07.04.2008–10.11.2008	0,6	1,6	2,0	1,1	0,9
11.11.2008–28.04.2009	204	242	196	131	268
29.04.2009–09.11.2009	21	5	9	2	8
10.11.2009–24.03.2010	94	50	54	71	196
25.03.2010–08.10.2010	11	17	10	47	30
09.10.2010–22.03.2011	15	15	63	76	115
23.03.2011–03.11.2011	25	82	64	65	83
04.11.2011–22.03.2012	91	73	171	177	203
23.03.2012–03.11.2012	32	75	83	126	131
Średni ładunek N_{\min}: Mean load of N_{\min}:					
– z okresów wegetacji during vegetation period	18	36	34	48	51
– spoza okresów wegetacji out of the vegetation period	81	76	97	92	157

Źródło: opracowanie własne. Source: own study.

Ilość azotu glebowego pobranego przez runi zależała od warunków glebowo-wodnych, szczególnie od ilości i rozkładu opadów w sezonie wegetacyjnym, jak również od częstotliwości koszenia i sposobu nawożenia (tab. 5). Ocenie poddano średnie wartości salda bilansu azotu z czterech lat badań. W użytkowaniu jednoko-

Tabela 5. Bilans azotu mineralnego (kg·ha⁻¹) na łące trwałej w latach 2008–2011

Table 5. Mineral nitrogen balance (kg·ha⁻¹) on permanent meadow in the years 2008–2011

Wyszczególnienie Specification	Bilans na obiekcie Balance in the object				
	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6
2008					
Wniesiono: Input					
– retencja wiosenna (1) spring retention (1)	64	78	60	65	62
– nawozy mineralne (2) mineral fertiliser (2)	–	–	–	–	180
– N z opadów (3) atmospheric N deposition (3)	10	10	10	10	10
– N biologiczny (4) biological N (4)	20	20	20	20	20
Razem wniesiono: (5) Total input: (5)	94	108	90	95	272
Wyniesiono: Output:					
– z plonem (6) with yield (6)	122	221	269	254	352
– retencja jesienna (7) autumn retention (7)	60	54	50	63	60
– N w odciekach (8) N in leakage (8)	1	2	2	1	1
Razem wyniesiono: (9) Total output (9)	183	277	321	318	413
N _{gleb.} pobrany przez ruń = [6 – (2 + 3 + 4)]	92	191	239	224	142
N _{soil} taken up by sward = [6 – (2 + 3 + 4)]					
Test NIR _{SNK} dla N _{gleb.} LSD test for N _{soil}	<i>a</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>b</i>
– N z inkubacji różnicowej N from differential incubation	4	10	–3	18	58
Udział N pobranego przez ruń w całkowitej ilości N wyniesionego, %	67	80	84	80	85
Percent of N taken up by sward in the total N output					
2009					
Wniesiono: Input					
– retencja wiosenna (1) spring retention (1)	66	80	58	70	65
– nawozy mineralne (2) mineral fertiliser (2)	–	–	–	–	180
– N z opadów (3) atmospheric N deposition (3)	10	10	10	10	10
– N biologiczny (4) biological N (4)	20	20	20	20	20
Razem wniesiono: (5) Total input: (5)	96	110	88	100	275
Wyniesiono: Output:					
– z plonem (6) with yield (6)	181	238	261	192	334
– retencja jesienna (7) autumn retention (7)	47	61	57	44	47
– N w odciekach (8) N in leakage (8)	21	5	9	2	8
Razem wyniesiono: (9) Total output (9)	249	304	327	238	399
N _{gleb.} pobrany przez ruń = [6 – (2 + 3 + 4)]	151	208	231	162	134
N _{soil} taken up by sward = [6 – (2 + 3 + 4)]					
Test NIR _{SNK} dla N _{gleb.} LSD test for N _{soil}	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>a</i>
– N z inkubacji różnicowej N from differential incubation	25	43	40	12	63

1	2	3	4	5	6
Udział N pobranego przez ruń w całkowitej ilości N wyniesionego, %	72	78	80	81	84
Percent of N taken up by sward in the total N output					
2010					
Wniesiono: Input					
– retencja wiosenna (1) spring retention (1)	64	77	66	74	67
– nawozy mineralne (2) mineral fertiliser (2)	–	–	–	–	180
– N z opadów (3) atmospheric N deposition (3)	10	10	10	10	10
– N biologiczny (4) biological N (4)	20	20	20	20	20
Razem wniesiono: (5) Total input: (5)	94	107	96	104	277
Wyniesiono: Output:					
– z plonem (6) with yield (6)	61	135	132	153	277
– retencja jesienna (7) autumn retention (7)	67	66	61	63	63
– N w odciekach (8) N in leakage (8)	11	17	10	47	30
Razem wyniesiono: (9) Total output (9)	139	218	203	263	370
$N_{\text{gleb. pobrany przez ruń}} = [6 - (2 + 3 + 4)]$	31	105	102	123	67
$N_{\text{soil taken up by sward}} = [6 - (2 + 3 + 4)]$					
Test NIR_{SNK} dla N_{gleb} LSD test for N_{soil}	<i>a</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>b</i>
– N z inkubacji różnicowej N from differential incubation	–5	5	17	–9	–35
Udział N pobranego przez ruń w całkowitej ilości N wyniesionego, %	44	62	65	58	75
Percent of N taken up by sward in the total N output					
2011					
Wniesiono: Input					
– retencja wiosenna (1) spring retention (1)	67	76	72	74	67
– nawozy mineralne (2) mineral fertiliser (2)	–	–	–	–	180
– N z opadów (3) atmospheric N deposition (3)	10	10	10	10	10
– N biologiczny (4) biological N (4)	20	20	20	20	20
Razem wniesiono: (5) Total input: (5)	97	106	102	104	277
Wyniesiono: Output:					
– z plonem (6) with yield (6)	81	125	133	165	281
– retencja jesienna (7) autumn retention (7)	64	68	54	69	60
– N w odciekach (8) N in leakage (8)	25	82	64	65	83
Razem wyniesiono: (9) Total output (9)	170	275	251	299	424
$N_{\text{gleb. pobrany przez ruń}} = [6 - (2 + 3 + 4)]$	51	95	103	135	71
$N_{\text{soil taken up by sward}} = [6 - (2 + 3 + 4)]$					
Test NIR_{SNK} dla N_{gleb} LSD test for N_{soil}	<i>a</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>b</i>
– N z inkubacji różnicowej N from differential incubation	56	22	16	42	89
Udział N pobranego przez ruń w całkowitej ilości N wyniesionego, %	48	45	53	55	66
Percent of N taken up by sward in the total N output					

1	2	3	4	5	6
Średnio w latach 2008–2011 Mean in the years 2008–2011					
$N_{\text{gleb.}}$ pobrany przez ruń (średnia z 4 lat)	81	150	169	161	104
N_{soil} taken up by sward (mean from 4 years)					
Udział N pobranego przez ruń w całkowitej ilości N wyniesionego (średnia z 4 lat)	58	66	71	69	78
Percent of N taken up by sward in the total N output (mean from 4 years)					

Źródło: opracowanie własne. Source: own study.

śnym ruń pobrała średnio tylko około $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ azotu glebowego. Zwiększenie częstotliwości koszenia nienawożonej runi do dwóch pokosów w sezonie wegetacyjnym wpłynęło na znacznie lepsze wykorzystanie azotu glebowego (ruń pobrała z gleby około $150 \text{ kg } N_{\text{gleb.}} \cdot \text{ha}^{-1}$). Zastosowanie nawożenia PK spowodowało dalsze zwiększenie pobrania azotu z gleby do około $170 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Ruń użytkowana 3-kośnie i nawożona PK pobrała około $160 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Nawożenie runi azotem ($3 \times 60 \text{ kg } N \cdot \text{ha}^{-1}$ pod odrost) było przyczyną pogorszenia wykorzystania azotu glebowego; ruń wykorzystwała średnio tylko około $104 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ tego składnika.

Z uwagi na przeznaczenie runi użytków zielonych do produkcji pasz objętościowych, ich jakość odgrywa szczególną rolę. Zatem w produkcji pasz pod uwagę należy brać użytkowanie trzykośne, które gwarantuje ich dobrą jakość.

Metodę bilansową można również zastosować do porównania ilości azotu mineralnego pobranego przez ruń z całkowitą ilością azotu mineralnego wyniesionego z gleby (azot w plonie, retencji jesiennej i odciekach). Azot pobrany przez nienawożoną ruń koszoną 1-krotnie stanowił 58% całkowitej ilości wyniesionego azotu, a przez ruń koszoną 2-krotnie – 66%. Nawożenie PK (obiekt 3 i 4) poprawiło wykorzystanie azotu, które wyniosło około 70%. W warunkach użytkowania 3-kośnego z nawożeniem PK udział azotu wyniesionego przez ruń był zbliżony do udziału w warunkach użytkowania 2-kośnego i nawożenia PK. Natomiast nawożenie NPK łąki użytkowanej 3-kośnie zwiększyło udział azotu mineralnego wyniesionego z plonem do poziomu 78%.

Udział azotu pobranego z plonem w całkowitej ilości wyniesionego azotu, zależał również od średnich dobowych temperatur oraz ilości i rozkładu opadów w sezonie wegetacyjnym (tab. 3). Znacznie lepsze wykorzystanie dostępnego azotu mineralnego przez ruń łąkową zanotowano w pierwszych dwóch latach badań (2008 i 2009) – wynosiło ono od 67 do 85%. W kolejnych dwóch latach badań (2010 i 2011), na skutek niekorzystnego dla wzrostu i rozwoju runi łąkowej rozkładu temperatur oraz ilości i rozkładu opadów atmosferycznych, wykorzystanie przez ruń azotu mineralnego stanowiło od 44 do 75% całkowitej ilości wyniesionego azotu (tab. 5).

Wyniki badań sugerują, że po uwzględnieniu w bilansie dostępnego dla runi azotu z naturalnych źródeł, nawożenie azotem mineralnym, uzupełniające zapotrzebowanie runi łąkowej na ten składnik, nie powinno – w warunkach bardzo ciężkich, płytkich mad próchnicznych – przekraczać, w przeciętnych warunkach meteorologicznych, $100 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$.

WNIOSKI

1. W zależności od warunków meteorologicznych, stosowanego nawożenia oraz częstotliwości koszenia, runi łąkowa, w warunkach płytkiej bardzo ciężkiej mady próchnicznej, pobrała w sezonie wegetacyjnym od 60 do $170 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ azotu uwalnianego wskutek mineralizacji glebowej materii organicznej.

2. Zapotrzebowanie runi łąkowej na azot, w warunkach ciężkich płytkich mad próchnicznych, może być pokryte z azotu glebowego w około 40%.

3. Najbardziej racjonalne wykorzystanie azotu glebowego, w warunkach łąki trwałej położonej na płytkiej bardzo ciężkiej madzie próchnicznej, można uzyskać w warunkach dwu- i trzykośnego użytkowania i ograniczenia nawożenia mineralnego do fosforu i potasu.

4. Za pomocą bilansu „na poziomie pola” można określić ilość azotu glebowego pobieraną przez runi łąkową i wbudowaną w biomasa plonu gospodarczego.

5. Bilans „na poziomie pola” może stanowić narzędzie kontrolowania gospodarki azotem w siedliskach łąk położonych na glebach mineralnych oraz przyczynić się do opracowania nowych zasad gospodarowania azotem mineralnym, z uwzględnieniem puli azotu dostarczonego runi w wyniku mineralizacji glebowej materii organicznej.

LITERATURA

- KOBUZ J. 1996. Rola mikroorganizmów w przemianach azotu w glebie. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*. Z. 440 s. 151–173.
- OKRUSZKO H. 1991. Zasady nawożenia gleb torfowych. W: *Gospodarowanie na glebach torfowych w świetle 40-letniej działalności Zakładu Doświadczalnego Biebrza*. Biblioteczka Wiadomości IMUZ. Nr 77 s. 87–103.
- PAUL E.A., CLARK F.E. 2000. *Mikrobiologia i biochemia wód*. Lublin. UMC-S. ISBN 83-227-1529-3 ss. 400.
- WIOŚ 2012. *Raport o stanie środowiska województwa warmińsko-mazurskiego w 2011 roku*. Olsztyn. Biblioteka Monitoringu Środowiska ss. 124.
- SAPEK A. 1996. Udział rolnictwa w zanieczyszczeniu wody składnikami azotowymi. *Zeszyty Edukacyjne*. Nr 1. Falenty. Wydaw. IMUZ s. 9–33.
- SMITH J.L., PAUL E.A. 1990. The significance of soil microbial biomass estimations. *Soil Biochemistry*. Vol. 6 s. 357–396.
- TERLIKOWSKI J. 2005. Identyfikacja zagrożeń środowiska wynikająca z wadliwej gospodarki azotem na okresowo posusznych łąkach wiechlinowo-wyczyńcowych w warunkach gleb murszowatych. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*. Z. 505 s. 477–484.

Jerzy TERLIKOWSKI

**ESTIMATION OF THE AMOUNT OF MINERAL NITROGEN RELEASED
FROM MEADOW SOIL (HUMUS ALLUVIAL SOIL)
IN ELBLĄG ŻUŁAWY REGION**

Key words: *humus alluvial soil, nitrogen, utilization, balance*

S u m m a r y

The aim of the study was to find a simple method for the estimation of the amount of released soil nitrogen available for meadow-pasture sward on humus alluvial soil. Knowledge of the amount of released nitrogen enables better nitrogen management and in consequence may limit its dispersion in the environment. It has also an economic justification. Meadow sward fertilised with different rates of mineral fertilisers and mown with different frequency was the subject of investigation. Indirect balance method was used to estimate the efficiency of net soil nitrogen mineralization. Łaukajtys's minilysimeters were installed on each field to collect leakage. Meadow sward was found to absorb 60–170 kg N·ha⁻¹ from the mineralization of soil organic matter depending on meteorological conditions, fertilisation rate and mowing frequency. It was also found that meadow sward used 58–78% N of the total amount of N output.

Adres do korespondencji: dr inż. J. Terlikowski, Żuławski Ośrodek Badawczy ITP w Elblągu, ul. Giermków 5, 82-300 Elbląg; tel.: +48 55 232-44-08, e-mail: J.Terlikowski@itep.edu.pl