

Wpłynęło 04.04.2014 r.
Zrecenzowano 21.05.2014 r.
Zaakceptowano 30.05.2014 r.
A – koncepcja
B – zestawienie danych
C – analizy statystyczne
D – interpretacja wyników
E – przygotowanie maszynopisu
F – przegląd literatury

KSZTAŁTOWANIE SIĘ ILOŚCI AZOTU MINERALNEGO W MINERALNYCH GLEBACH ŁĄKOWYCH W POLSCE W LATACH 2008–2012

Stefan PIETRZAK^{ABCDEF}

Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Zakład Jakości Wody i Higienizacji Wsi

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki rozpoznania stanu nagromadzenia azotu mineralnego w mineralnych glebach użytków zielonych w Polsce. Rozpoznanie to przeprowadzono na podstawie wyników badań monitoringowych prowadzonych w latach 2008–2012 przez Krajową Stację Chemiczno-Rolniczą w Warszawie i podlegające jej okręgowe stacje, z udziałem Instytutu Technologiczno-Przyrodniczego w Falentach. Stwierdzono m.in., że w analizowanym okresie: 1) przeciętna zawartość azotu mineralnego i jego zasoby w wierzchniej warstwie gleby (do 30 cm) wynosiły odpowiednio $16 \text{ mg N}\cdot\text{kg}^{-1}$ i $70,0 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ w okresie wiosennym oraz $17 \text{ mg N}\cdot\text{kg}^{-1}$ i $74,6 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ w okresie jesiennym, 2) największą zawartością i zasobnością azotu mineralnego charakteryzowały się gleby łąkowe o dużej przepuszczalności – lekkie i bardzo lekkie, 3) ilość azotu mineralnego w glebach łąkowych na ogół ulegała zwiększeniu w sezonie wegetacyjnym, a zmniejszeniu w okresie poza nim.

Słowa kluczowe: azot mineralny; zawartość i zasoby, gleby łąkowe, kategorie agronomiczne, monitoring, zmienność sezonowa

WSTĘP

Ilość azotu mineralnego nagromadzonego w glebie jest jednym z czynników określających jej żyzność, a także wskaźnikiem potencjalnego zagrożenia wód gruntowych azotanami. Znajomość stanu tego nagromadzenia ma duże znaczenie w kształtowaniu zrównoważonej produkcji roślinnej. W Polsce podstawowej wiedzy o zawartości azotu mineralnego w glebach użytkowanych rolniczo dostarczają badania monitoringowe, prowadzone przez Krajową Stację Chemiczno-Rolniczą

Do cytowania For citation: Pietrzak S. 2014. Kształtowanie się ilości azotu mineralnego w mineralnych glebach łąkowych w Polsce w latach 2008–2012. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 14. Z. 3(47) s. 113–124.

(KSChR) i podległe jej stacje okręgowe. Badania takie, koordynowane pod względem merytorycznym przez Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa (IUNG) w Puławach, rozpoczęto w 1997 r. [LIPIŃSKI 2006]. Do 2008 r. obejmowały one gleby gruntów ornych. W następnych latach, z merytorycznym wsparciem Instytutu Technologiczno-Przyrodniczego (ITP) – dawniej Instytutu Melioracji i Użytków Zielonych (IMUZ) – w Falentach, rozszerzono je również na gleby użytków zielonych. Na obszarach zajmowanych przez użytki zielone utworzono całkowicie nową sieć punktów monitoringu, z których systematycznie są pobierane próbki gleby do analiz chemicznych na zawartość azotu mineralnego. Wyniki oznaczeń są gromadzone w bazie danych prowadzonej przez Krajową Stację Chemiczno-Rolniczą (KSChR).

Celem niniejszej pracy było zdiagnozowanie stanu nagromadzenia azotu mineralnego w glebach użytków zielonych w Polsce w latach 2008–2012 na podstawie danych zawartych w wymienionej bazie.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Badania prowadzono w latach 2008–2012. Próbki gleb do badań pobierano z ponad 800 stałych punktów monitoringowych, usytuowanych na użytkach zielonych położonych na glebach mineralnych. Sieć obserwacyjno-badawczą monitoringu gleb łąkowych zaprojektowano i wdrożono na podstawie kryteriów opracowanych w ITP, warunkujących uzyskanie reprezentatywności wyników badań [PIETRZAK 2012a]. Na początku monitoringu, w 2008 r., scharakteryzowano gleby w poszczególnych punktach poboru próbek, oznaczając m.in. ich skład granulometryczny metodą dyfrakcji laserowej. Na podstawie wyników oznaczeń składu granulometrycznego, analizowane gleby mineralne sklasyfikowano wg kategorii agromonicznych na: bardzo lekkie (do 10% cząstek spławialnych o średnicy <0,02 mm), lekkie (11–20% cząstek spławialnych), średnie (21–35% cząstek spławialnych) i ciężkie (> 35% cząstek spławialnych).

Próbki gleb do oceny zawartości azotu mineralnego pobierano z poziomu 0–30 cm, dwukrotnie w ciągu roku – wczesną wiosną, przed zastosowaniem nawozów azotowych (tj. przed rozpoczęciem wegetacji lub bezpośrednio po nim), i jesienią, po zbiorze roślin. W próbkach oznaczano zawartość azotu azotanowego (N-NO₃) i amonowego (N-NH₄) wg PN-R-04028:1997.

Próbki gleb łąkowych pobierano i analizowano w okręgowych stacjach chemiczno-rolniczych, a wyniki badań gromadzono w KSCh-R.

Na podstawie wyników oznaczeń zawartości N-NO₃ i N-NH₄ w glebie (mg N·kg⁻¹ s.m.) określono zasoby azotu mineralnego (N-NO₃+N-NH₄), występujące w jej wierzchniej 30-centymetrowej warstwie na powierzchni 1 ha użytków zielonych (kg N·ha⁻¹).

Zasoby azotu mineralnego w glebach mineralnych obliczono, zgodnie z metodą podaną przez FOTYMEŃ i in. [2010], jako iloczyn zawartości azotu mineralnego

(NO₃-N i NH₄-N) w glebie i jej gęstości objętościowej¹⁾ (ciężaru objętościowego). Za wymienionymi autorami przyjęto, że ciężar objętościowy gleb bardzo lekkich wynosi 1,533 kg·dm⁻³, gleb lekkich – 1,500 kg·dm⁻³, gleb średnich – 1,416 kg·dm⁻³, a gleb ciężkich – 1,300 kg·dm⁻³. Zasoby azotu mineralnego, wyrażone w kg·ha⁻¹, obliczono mnożąc sumę zawartości N-NO₃ i N-NH₄ w wierzchniej 30-centymetrowej warstwie gleby, w każdym punkcie monitoringowym, przez jej gęstość objętościową i przez 3²⁾.

Uzyskane wyniki badań, dotyczące zawartości azotu azotanowego (N-NO₃) i amonowego (N-NH₄) w glebach łąkowych i zasobności tych gleb w azot mineralny opracowano statystycznie, obliczając średnie arytmetyczne i mediany (jako miary średnie) oraz odchylenia standardowe (jako miarę rozproszenia) oznaczanych wielkości. Analizę statystyczną wyników przeprowadzono z uwzględnieniem okresu pobrania próbek gleby oraz rodzaju gleb.

WYNIKI BADAŃ

Przeciętna zawartość azotu mineralnego (N_{min}) w wierzchniej, 30-centymetrowej warstwie łąkowych gleb mineralnych w latach 2008–2012 wynosiła od 14,5 do 17,4 mg N·kg⁻¹ (średnio 16,0 mg N·kg⁻¹) w okresie wiosennym i od 15,8 do 17,2 mg N·kg⁻¹ (średnio 17,0 mg N·kg⁻¹) w okresie jesiennym, w zależności od kategorii agronomicznej gleby. Największą zawartość N_{min} notowano w glebach lekkich, a najmniejszą – w ciężkich. W okresie wiosennym dominowała amonowa forma azotu – jej udział, w zależności od uziarnienia gleb, wynosił od 50,7 do 57,4% (średnio 53,8%). W porze jesiennej większość azotu mineralnego – od 50,6 do 56,9% (średnio 54,1%) – występowała w formie azotanowej (tab. 1).

Zasoby azotu mineralnego w omawianym okresie w analizowanych glebach wiosną wynosiły od 56,5 do 78,7 kg N·ha⁻¹ (średnio 70,0 kg N·ha⁻¹), a w sezonie jesiennym były większe – od 1,2 do 7,8 kg N·ha⁻¹ (średnio 4,6 kg N·ha⁻¹).

W poszczególnych latach średnie zawartości azotu mineralnego (N-NO₃ + N-NH₄) w glebach łąkowych traktowanych łącznie wynosiły 14,3–17,0 mg N·kg⁻¹ w sezonie wiosennym i 16,2–17,6 mg N·kg⁻¹ w sezonie jesiennym (tab. 2).

Zaobserwowano, że w ramach wyodrębnionych kategorii gleb mineralnych, w okresie wiosennym i jesiennym łącznie, największe zawartości N-NO₃ najczę-

¹⁾ Gęstość objętościowa gleby (dawniej zwana ciężarem objętościowym) jest to stosunek suchej masy utworu glebowego do jego objętości w stanie maksymalnego nasycenia wodą, z zachowaniem naturalnej struktury [ZAWADZKI 2002].

²⁾ Mnożąc zawartość azotu w glebie wyrażoną w mg·kg⁻³ s.m. przez gęstość objętościową gleby w kg s.m.·dm⁻³, oblicza się zawartość tego składnika w glebie wyrażoną w mg·dm⁻³. Uzyskany wynik stanowi równowartość ilości kilogramów azotu zakumulowanego w warstwie gleby o miąższości 1 dm, na powierzchni 1 ha (co wynika z odpowiedniego przeliczenia). Mnożąc ten wynik przez 3 określa się zasoby azotu mineralnego zawarte w 0–30 cm warstwie gleby na powierzchni 1 ha (w kg·ha⁻¹).

Tabela 1. Statystyki opisowe zawartości azotu azotanowego (N-NO₃), azotu amonowego (N-NH₄) oraz zasobów azotu mineralnego N_{min} (N-NO₃ + N-NH₄) w mineralnych glebach łąkowych w warstwie 0–30 cm w latach 2008–2012

Table 1. Descriptive statistics of the content of nitrate-nitrogen (N-NO₃), ammonium-nitrogen (N-NH₄) and inorganic nitrogen N_{min} (N-NO₃ + N-NH₄) in the 0–30 cm layer of mineral meadow soils in the years 2008–2012

Wyszcze- gólnienie Item	Wiosna Spring					Jesień Autumn				
	mineralne gleby łąkowe					mineral meadow soils				
	bardzo lekkie very light	lekkie light	średnie medium	ciężkie heavy	razem total	bardzo lekkie very light	lekkie light	średnie medium	ciężkie heavy	razem total
	liczba próbek					number of samples				
	1 189	1 162	1 235	553	4 149	1 194	1 159	1 216	546	4 115
	Zawartość N-NO₃, mg N·kg⁻¹					Content of N-NO₃, mg N·kg⁻¹				
<i>x</i>	7,2	8,0	7,0	7,0	7,4	8,7	10,1	9,1	8,6	9,2
<i>Me</i>	4,4	5,2	4,7	5,2	4,8	4,7	6,1	5,3	5,9	5,4
<i>SD</i>	10,0	9,7	8,7	6,4	9,1	14,9	13,2	13,7	16,1	14,3
	Zawartość N-NH₄, mg N·kg⁻¹					Content of N-NH₄, mg N·kg⁻¹				
<i>x</i>	9,7	9,4	7,2	7,5	8,6	8,5	8,3	6,9	7,2	7,8
<i>Me</i>	6,2	5,8	4,8	5,5	5,6	5,2	4,7	4,6	5,0	4,9
<i>SD</i>	11,7	14,6	9,4	7,4	11,6	14,5	16,3	12,1	8,3	13,7
	Zasoby N_{min} (N-NO₃ + N-NH₄), kg N·ha⁻¹					Resources of N_{min} (N-NO₃ + N-NH₄), kg N·ha⁻¹				
<i>x</i>	78,0	78,7	60,2	56,5	70,0	79,2	82,8	68	61,9	74,6
<i>Me</i>	58,9	58,7	47,2	46,8	52,4	53,8	61,7	49,1	47,2	52,7
<i>SD</i>	76,6	80,9	59,3	36,2	69,6	99,8	93,0	89,0	72,7	91,7

Objaśnienia: *x* – średnia arytmetyczna, *Me* – mediana, *SD* – odchylenie standardowe.

Explanations: *x* – arithmetic mean, *Me* – median, *SD* – standard deviation.

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników KSChR. Source: own elaboration based on results of KSChR.

ściej występowały w glebach lekkich (70% przypadków), a największe zawartości N-NH₄ – w glebach bardzo lekkich (60% przypadków). Największą częstotliwość występowania najmniejszych zawartości N-NO₃ stwierdzono w glebach ciężkich (40% przypadków), a N-NH₄ – w glebach średnich (70% przypadków). Ogólnie nie zauważono jednoznacznej zależności między różnymi kategoriami gleb mineralnych a kierunkiem zmian zawartości N-NO₃ oraz N-NH₄, natomiast w odniesieniu do sumy zawartości azotu mineralnego (N-NO₃ + N-NH₄) stwierdzono, że na ogół (90% przypadków) była ona największa w glebach lekkich. Zauważono też, że zawsze zawartość ta w glebach bardzo lekkich bądź lekkich była większa niż w średnich lub ciężkich. W zakresie zróżnicowania zasobów azotu mineralnego zaobserwowano pewną prawidłowość, polegającą na tym, że w glebach lekkich były one największe i zmniejszały się zarówno w kierunku gleb ciężkich, jak i bar-

Tabela 2. Przeciętne (średnie arytmetyczne) zawartości azotu azotanowego (N-NO₃), azotu amonowego (N-NH₄) oraz zasoby azotu mineralnego N_{min} (N-NO₃ + N-NH₄) w mineralnych glebach łąkowych w warstwie 0–30 cm w poszczególnych latach badań

Table 2. Mean content of nitrate-nitrogen (N-NO₃), ammonium-nitrogen (N-NH₄) and the resources of inorganic nitrogen N_{min} (N-NO₃ + N-NH₄) in 0–30 cm layer of mineral meadow soils in particular study years

Rodzaj gleby Type of soil	Wiosna Spring				Jesień Autumn			
	n	N-NO ₃	N-NH ₄	N _{min}	n	N-NO ₃	N-NH ₄	N _{min}
		mg N·kg ⁻¹		kg N·ha ⁻¹		mg N·kg ⁻¹		kg N·ha ⁻¹
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2008								
Gleby bardzo lekkie Very light soils	234	8,3	11,1	89,3	234	9,9	8,9	86,7
Gleby lekkie Light soils	225	7,2	8,1	68,6	228	10,7	8,6	86,7
Gleby średnie Medium soils	238	6,8	6,4	56,3	241	8,6	6,6	64,6
Gleby ciężkie Heavy soils	109	6,8	6,8	52,9	109	9,6	7,4	66,3
Gleby łąkowe razem Meadow soils total	806	7,4	8,3	68,9	812	9,7	7,9	77,4
2009								
Gleby bardzo lekkie Very light soils	234	6,9	8,7	71,7	234	9,3	7,6	78,0
Gleby lekkie Light soils	230	8,4	7,7	72,2	231	9,5	9,2	84,0
Gleby średnie Medium soils	248	6,2	6,3	52,8	241	8,7	7,5	69,0
Gleby ciężkie Heavy soils	110	5,6	6,8	48,3	111	8,5	6,4	58,3
Gleby łąkowe razem Meadow soils total	822	6,9	7,4	63,0	817	9,1	7,9	74,3
2010								
Gleby bardzo lekkie Very light soils	244	6,6	9,8	75,3	243	7,6	8,3	72,9
Gleby lekkie Light soils	235	7,8	9,6	78,0	228	9,5	7,8	77,8
Gleby średnie Medium soils	248	8,5	8,1	70,3	236	8,9	7,1	67,6
Gleby ciężkie Heavy soils	112	8,2	7,8	62,4	105	8,0	7,2	59,2
Gleby łąkowe razem Meadow soils total	839	7,7	9,0	72,9	812	8,5	7,7	71,0

cd. tab. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2011								
Gleby bardzo lekkie Very light soils	238	6,8	9,1	73,2	241	8,0	9,0	78
Gleby lekkie Light soils	234	7,8	11,3	86,0	236	8,4	9,4	79,9
Gleby średnie Medium soils	250	6,1	7,9	59,5	251	9,5	6,9	69,8
Gleby ciężkie Haevy soils	111	7,1	7,7	57,7	111	8,7	7,5	63,4
Gleby łąkowe razem Meadow soils total	833	6,9	9,2	70,6	839	8,6	8,3	74,1
2012								
Gleby bardzo lekkie Very light soils	239	7,4	10,0	80,4	242	8,8	8,7	80,6
Gleby lekkie Light soils	238	9,0	10,5	87,8	236	12,3	6,7	85,8
Gleby średnie Medium soils	251	7,4	7,1	62,0	247	9,6	6,6	68,9
Gleby ciężkie Haevy soils	111	7,3	8,3	61,0	110	8,3	7,6	62,0
Gleby łąkowe razem Meadow soils total	839	7,9	9,1	74,4	835	10,0	7,4	76,2

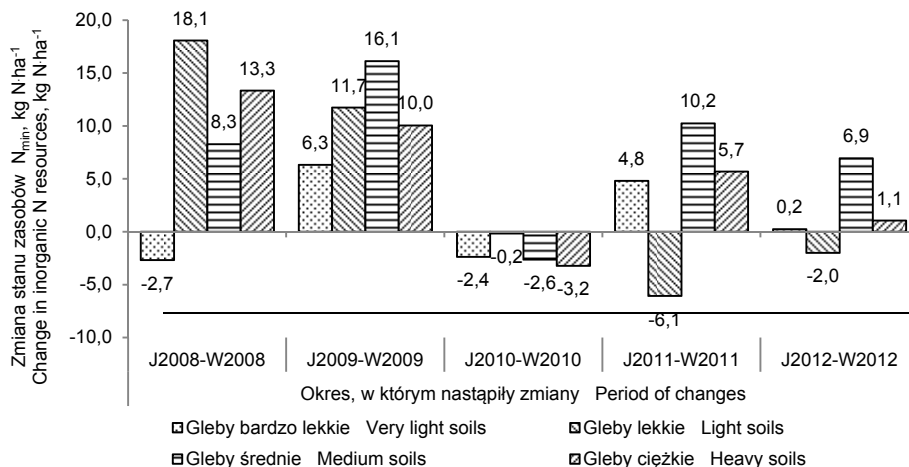
Objaśnienia: n – liczba próbek. Explanation: n – number of samples.

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników KSChR.

Source: own elaboration based on results of KSChR.

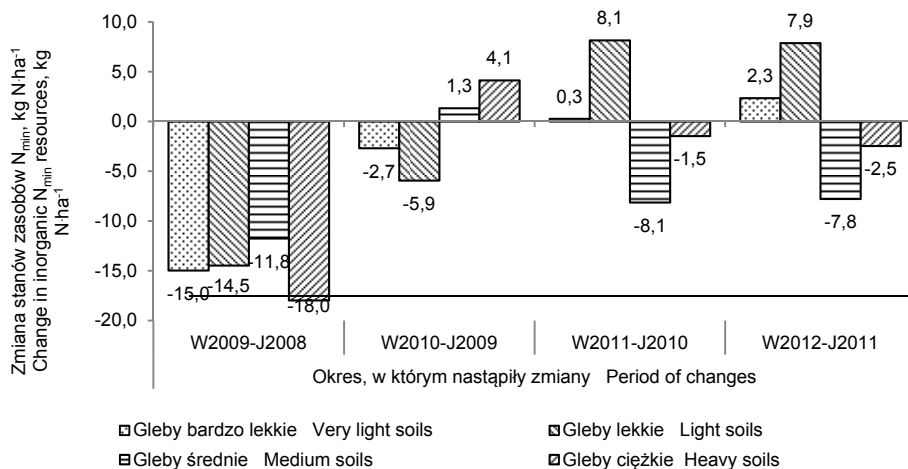
dzo lekkich (gleby bardzo lekkie należą do gleb najłabszych, zwykle ekstensywnie użytkowanych – tym też, częściowo można tłumaczyć ich mniejszą zasobność w azot mineralny w stosunku do gleb lekkich).

Rozpatrując zmiany zawartości azotu mineralnego w analizowanym wieloleciu pod kątem ich sezonowości, stwierdzono że zawartość ta w glebach łąkowych traktowanych łącznie, z wyjątkiem 2010 r., zwiększała się w okresie jesieni od 0,4 do 2,7 mg N·kg⁻¹ (w 2010 r. zawartość N_{min} zmniejszyła się o 0,5 mg N·kg⁻¹). Przyrost ten generowała forma azotanowa, ponieważ zawartość formy amonowej w glebie (z wyjątkiem 2009 r.), ulegała zmniejszeniu. W podobny sposób zmieniały się zasoby azotu mineralnego. We wszystkich glebach łąkowych, w ich wierzchniej 30-centymetrowej warstwie, w czterech latach, oprócz 2010 r., zwiększały się w okresach odpowiadających w przybliżeniu półroczu letniemu przeciętnie od 1,8 do 11,3 kg N·ha⁻¹. W okresach odpowiadających w przybliżeniu półroczu zimowemu zasoby N_{min} na ogół ulegały zmniejszeniu. Kierunek przebiegu sezonowych zmian zasobności w azot poszczególnych rodzajów gleb nie zawsze był taki sam, zmiany te były też znacznie zróżnicowane pod względem intensywności (rys. 1, 2).



Rys. 1. Różnica między zasobnością gleb łąkowych w azot mineralny w warstwie 0–30 cm w okresie jesiennym (J) i wiosennym (W), J2008-W2008, ..., J2012-W2012 – różnica zasobności gleby w azot mineralny w okresie między jesienią i wiosną danego roku; źródło: opracowanie własne na podstawie wyników KSChR

Fig. 1. The difference in inorganic nitrogen resources in 0–30 cm layer of meadow soils between autumn (J) and spring (W), J2008-W2008, ..., J2012-W2012 – the difference in soil inorganic nitrogen resources between autumn and spring in a given year; source: own elaboration based on results from KSChR



Rys. 2. Różnica między zasobnością gleb łąkowych w azot mineralny w warstwie 0–30 cm w okresie wiosennym (W) i jesiennym (J), W2009-J2008, ..., W2012-J2011 – różnica zasobności gleby w azot mineralny w okresie między wiosną danego roku a jesienią poprzedniego roku; źródło: opracowanie własne na podstawie wyników KSChR

Fig. 2. The difference in inorganic nitrogen resources in 0–30 cm layer of meadow soils between spring (W) and autumn (J), W2009-J2008, ..., W2012-J2011 – the difference in soil inorganic nitrogen resources between spring in a given year and autumn in previous year; source: own elaboration based on results from KSChR

DYSKUSJA WYNIKÓW BADAŃ

Z przeprowadzonych badań wynika, że średnie z okresu pięciu lat zawartości oraz zasoby azotu mineralnego w 30-centymetrowej, wierzchniej warstwie gleb użytków zielonych były większe niż w glebach gruntów ornych (tab. 3). Różnice zawartości N_{\min} wynosiły od 3,9 do 8,5 $\text{mg N}\cdot\text{kg}^{-1}$ w okresie wiosennym i od 2,6 do 5,0 $\text{mg N}\cdot\text{kg}^{-1}$ w okresie jesiennym. Różnice zasobności badanych gleb w azot mineralny w tych okresach wynosiły odpowiednio od 12,4 do 39,2 i od 8,0 do 22,8 $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. W każdym przypadku największe rozbieżności notowano na glebach bardzo lekkich, a najmniejsze – na glebach ciężkich.

Tabela 3. Średnie zawartości oraz zasoby azotu mineralnego w warstwie 0–30 cm gleb gruntów ornych w latach 2007–2009

Table 3. Mean contents and resources of inorganic nitrogen in 0–30 cm layer of arable lands in the years 2007–2009

Wyszczególnienie Item	Wiosna Spring				Jesień Autumn			
	gleba soil							
	bardzo lekka very light	lekka light	średnia medium	ciężka heavy	bardzo lekka very light	lekka light	średnia medium	ciężka heavy
Zawartość $N\text{-NO}_3$, $\text{mg N}\cdot\text{kg}^{-1}$ Content: $N\text{-NO}_3$, $\text{mg N}\cdot\text{kg}^{-1}$	4,93	5,92	6,65	7,55	8,96	10,40	10,20	10,20
Zawartość $N\text{-NH}_4$, $\text{mg N}\cdot\text{kg}^{-1}$ Content: $N\text{-NH}_4$, $\text{mg N}\cdot\text{kg}^{-1}$	3,48	3,36	3,18	3,03	3,24	3,15	2,96	3,03
Zasoby N_{\min} , $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ Resources N_{\min} , $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$	38,8	42,60	43,70	44,10	56,40	63,30	59,70	53,90

Źródło: opracowanie własne na podstawie: JADCZYŻYŃ *et al.* [2010].

Source: own elaboration based on: JADCZYŻYŃ *et al.* [2010].

Występowanie większych ilości azotu mineralnego w glebach użytków zielonych niż w glebach gruntów ornych jest zrozumiałe, ponieważ ogólnie, w obrębie tego samego rodzaju, gleby użytków zielonych są bogatsze w materię organiczną niż gleby uprawne [DEFRA 2010], a ilość azotu w glebie jest skorelowana m.in. z zawartością materii organicznej [WYSZKOWSKI, RADZIEMSKA 2009], stanowiącą (w następstwie procesu mineralizacji) źródło azotu mineralnego. Wydaje się jednak, że zawartość azotu mineralnego w mineralnych glebach łąkowych w Polsce, aczkolwiek większa niż w glebach gruntów ornych, nie jest duża. Nagromadzenie w nich azotu amonowego i azotanowego wynosiło 10 $\text{mg N}\cdot\text{kg}^{-1}$ i mniej, co jest, wg MCSWEENEY [1983], charakterystyczne dla naturalnych użytków zielonych w świecie.

W analizowanym okresie największą zasobnością w azot mineralny charakteryzowały gleby łąkowe o dużej przepuszczalności – lekkie i bardzo lekkie – można się więc spodziewać, że straty azotu w wyniku wymycia z tego rodzaju gleby były względnie duże. W rzeczywistości potwierdziły to wyniki badań jakości wód gruntowych na terenach zajmowanych przez użytki zielone w Polsce. Wykazały one, że największe stężenie azotanów występowało w próbkach wody z punktów monitoringowych usytuowanych na glebach lekkich i bardzo lekkich, najmniejsze zaś – z punktów monitoringowych usytuowanych na glebach ciężkich [PIETRZAK 2012b].

Ilość azotu mineralnego w glebach łąkowych ulegała sezonowym zmianom. W ogólnym ujęciu w okresie wegetacyjnym następowało zwiększenie, a w okresie pozawegetacyjnym – zmniejszenie zawartości i zasobów N_{\min} w glebie. Należy przypuszczać, że zwiększenie ilości azotu było spowodowane głównie czynnikami takimi jak stosowanie nawozów oraz mineralizacja glebowej materii organicznej, ubytek zaś był wywołany procesem wymycia azotanów do wód gruntowych. Na omawiane zmiany prawdopodobnie nie miały wpływu warunki meteorologiczne. Można tak przypuszczać, ponieważ stwierdzono, że między zasobnością gleb łąkowych wiosną i jesienią a średnimi opadami i temperaturą w związanych z tymi okresami miesiącach półroczy letnich i zimowych (tab. 4) nie występują istotne statystycznie zależności (tab. 5).

Tabela 4. Średnie opady i temperatura w miesiącach półroczy letnich i zimowych w latach 2007–2012

Table 4. Monthly mean precipitation and temperatures in the summer and winter half-years in 2007–2012

Okres Period	Opady, mm Precipitation, mm	Temperatura, °C Temperature, °C
	2008	15,0
Półrocze letnie	360	14,6
(maj–październik)	473	14,5
Summer half-year	569	15,2
(May–October)	423	15,2
	2012	398
	2007/2008	3,2
Półrocze zimowe	247	2,8
(listopad–kwiecień)	197	1,3
Winter half-year	218	1,6
(November–April)	243	2,3
	2011/2012	194

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS [2010, 2013].

Source: own elaboration based on GUS data [2010, 2013].

Tabela 5. Współczynniki korelacji między zasobnością gleb łąkowych wiosną i jesienią a średnimi opadami i temperaturą w związanych z tymi okresami miesiącach półroczy letnich i zimowych

Table 5. Coefficients of correlation between the richness of meadow soils in spring and autumn and mean precipitation and temperature in respective months of the summer and winter half-years

Zmienne Variables		Współczynnik korelacji Pearsona Pearson correlation coefficient	
		opady, mm precipitation, mm	temperatura, °C temperature, °C
Zasoby N _{min} Resources N _{min} kg N·ha ⁻¹	gleba bardzo lekka very light soil	-0,07	0,16
	gleba lekka light soil	0,16	0,31
	gleba średnia medium soil	0,62	0,62
	gleba ciężka heavy soil	0,35	0,50
	mineralne gleby łąkowe razem mineral meadow soils in total	0,38	0,56

Współczynniki korelacji są nieistotne statystycznie, gdy $p < 0,05$; $n = 10$.

Correlation coefficients are not statistically significant when $p < 0.05$; $n = 10$.

Źródło: opracowanie własne. Source: own elaboration.

Ze względu na praktyczne zastosowanie, uzyskane wyniki trudno jest jednoznacznie ocenić. FOTYMA i in. [2010] w odniesieniu do gruntów ornych wskazują, że wiedza o ilości azotu mineralnego w glebie pozwala na bardziej efektywne kształtowanie nawożenia azotowego (umożliwia uściślenie pierwszych dawek azotu pod uprawy), a także może służyć do pośredniej oceny stanu zanieczyszczenia wód gruntowych azotanami. W odniesieniu do użytków zielonych PRINS [1980] stwierdził, że znajomość stanu nagromadzenia azotu mineralnego w glebie pozwala na oszacowanie optymalnej do zastosowania dawki nawozów azotowych. Jednak z nowszych badań – przeprowadzonych przez FARRUGGIA i in. [2004] – wynika, że zasobność gleb łąkowych w N_{min} nie jest odpowiednim parametrem do określania potrzeb nawożenia azotowego użytków zielonych, ponieważ zawartość azotu mineralnego w glebach łąkowych jest słabo skorelowana ze stanem odżywienia roślin azotem, określonym wskaźnikiem NNI (ang. Nitrogen Nutrition Index)³⁾. Ich zdaniem zawartość N_{min} jest dobrym parametrem oceny ryzyka zanieczyszczenia wód gruntowych azotanami, natomiast do oceny potrzeb związanych z kształtowaniem funkcji produkcyjnej użytków zielonych bardziej odpowiedni jest wskaźnik NNI.

³⁾ Według PECIO i BICHOŃSKIEGO [2003] wskaźnik odżywienia roślin azotem (Nitrogen Nutrition Index – NNI) „jest to liczba niemianowana, wyrażająca stosunek aktualnej zawartości azotu w danej roślinie do zawartości krytycznej, wyznaczonej z tzw. krzywej rozcieńczenia azotu, zwanej też krzywą krytyczną. Krzywa ta opisuje zależność pomiędzy procentową zawartością azotu w roślinach optymalnie odżywionych tym składnikiem, a plonem suchej masy całych nadziemnych części roślin w ich rozwoju ontogenetycznym”. Wskaźnik NNI, obok testu SPAD (ang. Soil Plant Analysis System), jest najczęściej wykorzystywany do oceny stanu odżywienia roślin uprawnych azotem w okresie wegetacji.

WNIOSKI

1. W latach 2008–2012 mineralne gleby łąkowe w Polsce, w swej wierzchniej, 30-centymetrowej warstwie, w zależności od kategorii agronomicznej, zawierały przeciętnie w okresie wiosennym od 14,5 do 17,4 mg·kg⁻¹, a w jesiennym – od 15,8 do 17,2 mg·kg⁻¹ azotu mineralnego. Ich zasobność w ten składnik w wymienionych okresach wynosiła odpowiednio od 56,5 do 78,7 kg N·ha⁻¹ i od 61,9 do 82,8 kg N·ha⁻¹.

2. Zasoby azotu mineralnego w warstwie 0–30 cm są większe w mineralnych glebach łąkowych niż w glebach gruntów ornych.

3. Największą zawartością i zasobnością azotu mineralnego charakteryzowały się gleby łąkowe o dużej przepuszczalności – lekkie i bardzo lekkie.

4. Ilość azotu mineralnego w glebach łąkowych na ogół ulegała zwiększeniu w sezonie wegetacyjnym i zmniejszeniu w okresie pozawegetacyjnym.

5. Biorąc pod uwagę doniesienia z literatury, można przyjąć, że zasobność gleb łąkowych w azot mineralny jest użytecznym wskaźnikiem oceny zagrożenia zanieczyszczeniem azotanami wód gruntowych, problematyczne natomiast jest stosowanie wyników oznaczeń zasobności gleb łąkowych w N_{min} do określania potrzeb nawożenia azotem użytków zielonych.

LITERATURA

- DEFRA 2010. Fertiliser Manual (RB209) [online]. 8th Edition. London. The Stationery Office. [Dostęp 04.04.2014]. Dostępny w Internecie: <http://adlib.everysite.co.uk/adlib/defra/content.aspx?id=2RRVTHNXTS.88UEOT33RAD2A>
- FARRUGGIA A., GASTAL F., SCHOLEFIELD D. 2004. Assessment of the nitrogen status of grassland. Grass and Forage Science. Vol. 59 s. 113–120.
- FOTYMA M., KĘSIK K., PIETRUCH CZ. 2010. Azot mineralny w glebach jako wskaźnik potrzeb nawozowych roślin i stanu czystości wód glebowo-gruntowych. Nawozy i Nawożenie (Fertilizers and Fertilizaton). Nr 38 s. 5–80.
- GUS 2010. Rolnictwo w 2009 r. [online]. Warszawa ss. 171. [Dostęp 04.04.2014]. Dostępny w Internecie: http://stat.gov.pl/cps/rde/xbcr/gus/rl_rolnictwo_2009.pdf
- GUS 2013. Rolnictwo w 2012 r. Warszawa. ISSN 1507-9725 ss. 179.
- JADCZYSZYN T., PIETRUCH CZ., LIPIŃSKI W. 2010. Monitoring zawartości azotu mineralnego w glebach Polski w latach 2007–2009. Nawozy i Nawożenie (Fertilizers and Fertilizaton). Nr 38 s. 84–110.
- LIPIŃSKI W. 2006. Zadania i metody pracy Stacji Chemiczno-Rolniczych w Polsce. W: Wybrane aspekty agrochemicznych badań gleby [online]. Raporty PIB 1. Puławy. IUNG-PIB. [Dostęp 04.04.2014]. Dostępny w Internecie: http://sybilla.iung.pulawy.pl/wydawnictwa/Pliki/pdf_PIB/zesz1.pdf
- McSWEENEY G.D. 1983. Mineral nitrogen regimes in soils of natural and modified snow tussock grasslands of Canterbury and Otago, New Zealand. Doctoral Thesis. Lincoln. Lincoln University ss. 280.
- PECIO A., BICHOŃSKI A. 2003. Stan odżywienia roślin azotem a plon i jakość browarna ziarna jęczmienia jarego. Biuletyn IHAR. Nr 230 s. 285–294.

- PIETRZAK S. 2012a. Odczyn i zasobność gleb łąkowych w Polsce. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 12. Z. 1 (37) s. 105–117.
- PIETRZAK S. 2012b. Azotany w wodach gruntowych na terenach zajmowanych przez użytki zielone w Polsce. Polish Journal of Agronomy. Vol. 11 s. 34–40.
- PN-R-04028:1997. Analiza chemiczno-rolnicza gleby. Metoda pobierania próbek i oznaczanie zawartości jonów azotanowych i amonowych w glebach mineralnych.
- PRINS W.H. 1980. Changes in quantity of mineral nitrogen in three grassland soils as affected by intensity of nitrogen fertilization. Fertilizer Research. Vol. 1. Iss. 1 s. 51–63.
- WYSZKOWSKI M., RADZIEMSKA M. 2009. Zanieczyszczenie chromem a zawartość związków azotu w glebie. Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych. Nr 40 s. 88–95.
- ZAWADZKI S. 2002. Podstawy gleboznawstwa. Warszawa. PWRiL. ISBN 83-09-01762-6 ss. 177.

Stefan PIETRZAK

THE AMOUNT OF INORGANIC NITROGEN IN MINERAL MEADOW SOILS IN POLAND IN THE YEARS 2008–2012

Key words: *agronomic category, content and resources, grassland soils, inorganic nitrogen, monitoring, seasonal variability*

S u m m a r y

The paper presents results of the recognition of inorganic nitrogen accumulation in mineral grassland soils in Poland. The survey was based on monitoring studies carried out in the years 2008–2012 by the National Chemical-Agricultural Station in Warsaw and subordinated regional stations with the participation of the Institute of Technology and Life Sciences in Falenty. It was found that: 1) mean content of inorganic nitrogen and its resources in the upper soil layer (30 cm) were 16 mg N·kg⁻¹ and 70.0 kg N·ha⁻¹, respectively, in spring and 17 mg N·kg⁻¹ and 74.6 kg N·ha⁻¹ in autumn, 2) the highest content and the largest resources of inorganic nitrogen were noted in light and very light grassland soils of a great permeability, 3) usually the amount of inorganic nitrogen in grassland soils increased in the vegetation season and decreased in other seasons.

Adres do korespondencji: dr hab. S. Pietrzak, prof. nadzw., Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Zakład Jakości Wody i Higienizacji Wsi, al. Hrabaska 3, 05-090 Raszyn; e-mail: S.Pietrzak@itp.edu.pl