

Wpłynęło 26.11.2013 r.
Zrecenzowano 15.04.2014 r.
Zaakceptowano 12.05.2014 r.
A – koncepcja
B – zestawienie danych
C – analizy statystyczne
D – interpretacja wyników
E – przygotowanie maszynopisu
F – przegląd literatury

ZRÓŻNICOWANE UŻYTKOWANIE ŁĄKI A JAKOŚĆ WÓD GRUNTOWYCH

Irena BURZYŃSKA^{ABCDEF}

Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Laboratorium Badawcze Chemii Środowiska

Streszczenie

Celem pracy była ocena jakości wód gruntowych spod łąki o zróżnicowanym, produkcyjnym i nieprodukcyjnym użytkowaniu. Badania prowadzono na wieloletnim doświadczeniu łąkowym, usytuowanym na czarnej ziemi zdegradowanej o składzie granulometrycznym piasku gliniastego mocnego, w miejscowości Janki w woj. mazowieckim. W latach 1981–2010 doświadczenie było użytkowane produkcyjnie, a od 2011 r. – nieprodukcyjnie. Produkcyjne użytkowanie łąki polegało na mineralnym nawożeniu zróżnicowanymi dawkami azotu (120 i 240 kg N·ha⁻¹) w formie saletry amonowej i wapniowej oraz zbieraniu runi łąkowej w trzech pokosach w ciągu sezonu wegetacyjnego. Użytkowanie nieprodukcyjne polegało na jednorazowym koszeniu runi, zgodnie z zaleceniami pakietu rolnośrodowiskowego dla łąk ekstensywnych. Skoszoną roślinność łąkową usuwano z połowy obiektów, a na drugiej połowie ją pozostawiano.

Wykazano, że nieprodukcyjne użytkowanie łąki przyczyniło się do poprawy jakości wód gruntowych, zwłaszcza do zmniejszenia w nich stężenia: N-NO₃, P-PO₄ i Ca. Bez względu na sposób użytkowania łąki stężenie potasu w wodach gruntowych było małe, co może świadczyć o znacznej pojemności kompleksu sorpcyjnego gleby.

Słowa kluczowe: doświadczenie łąkowe, składniki mineralne, wody gruntowe

WSTĘP

Powierzchnia gruntów użytkowanych rolniczo w Polsce w ostatnich latach uległa znacznemu zmniejszeniu, głównie z powodu przeznaczenia terenów rolniczych na cele pozarolnicze, w tym na rozwój urbanizacji i transportu [WASILEWSKA 2007]. Również z powodu zmniejszenia produkcji zwierzęcej obserwuje się zmniejszenie arealów trwałych użytków zielonych, zwłaszcza pastwisk. Według da-

Do cytowania For citation: Burzyńska I. 2014. Zróżnicowane użytkowanie łąki a jakość wód gruntowych. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 14. Z. 3(47) s. 5–18.

nych GUS [2008], powierzchnia pastwisk w ostatnich latach zmniejszyła się o połowę – z 1369,3 tys. ha w 2000 r. do 773,8 tys. ha w 2007 r. Część trwałych użytków zielonych przestała być użytkowana produkcyjnie z powodów ekonomicznych, spowodowanych zaprzestaniem pastwiskowego wypasu bydła. Według badań niektórych autorów [MŁYNARCZYK i in. 2001] zaniechanie produkcyjnego użytkowania łąk przyczynia się do zmiany warunków siedliskowych, m.in. zanikania wartościowych paszowo gatunków traw i ziół oraz postępującej sukcesji drzew i krzewów, zmniejszających zadarnienie łąk [SIENKIEWICZ-PADEREWSKA i in. 2012]. Wielogatunkowe zbiorowiska roślinności łąkowej odgrywają ważną rolę w ochronie jakości wód gruntowych na terenach wiejskich [KOPEĆ 1992; KÖSTER 2001]. Wpływ intensyfikacji produkcji łąkarskiej na środowisko naturalne, zwłaszcza na jakość wód, został dobrze rozpoznany i opisany przez wielu autorów [BENOIT, SIMPSON 2004; BUTKUVIENE, DAUGELIENE 2005; PIEKUT, PAWLAT 1996; SAPEK i in. 1998; WASILEWSKI 19973; WESOŁOWSKI 2008], natomiast wpływu zaniechania produkcyjnego użytkowania łąk na jakość środowiska glebowo-wodnego dotyczą tylko nieliczne prace. Większość prac zwykle dotyczy wpływu nieprodukcyjnego użytkowania łąk na skład gatunkowy runi łąkowej [DOLEŻAL i in. 2011; NADOLNA 2009; SIENKIEWICZ-PADEREWSKA i in. 2012; TONN, BRIEMLE 2008], a tylko nieliczne – jakości wód gruntowych [BURZYŃSKA 2013; KIRYLUK, WIATER 2004].

Celem pracy była ocena zróżnicowanego użytkowania łąki na stężenie składników mineralnych w wodach gruntowych.

MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono na 27-letnim doświadczeniu łąkowym założonym w 1981 r. w miejscowości Janki w województwie mazowieckim. Doświadczenie usytuowano na czarnej ziemi zdegradowanej o składzie granulometrycznym piasku gliniastego mocnego i założono metodą bloków losowanych, w czterech powtórzeniach, na poletkach o powierzchni 50 m². Wartość pH i zawartość składników mineralnych w glebie przedstawiono w tabeli 1. Celem badań na doświadczeniu była ocena na-

Tabela 1. Wartość pH i zawartość składników mineralnych w s.m. gleby do 10 cm głębokości na doświadczeniu łąkowym

Table 1. pH value and the content of mineral components in DM of soil to 10 cm depth from the meadow experiment

pH _{KCl}	C _{org}	N _{og}	P _{og}	K _{og}	Mg _{og}	Ca _{og}
	g·kg ⁻¹		mg·kg ⁻¹			
3,86	14,6	1,82	390	970	720	2,10

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

stępczego wpływu zabiegu wapnowania na wielkość plonu i skład chemiczny roślinności łąkowej [SAPEK 1993].

Wczesną wiosną 1981 r. wykonano wapnowanie na zadarnioną powierzchnię gleby, stosując w tym celu węglan wapnia (49,8% CaO) w dwóch dawkach – Ca₁ i Ca₂, wg kryterium kwasowości hydrolitycznej (H_h), tj. odpowiednio: 2,3 oraz 4,6 t CaO·ha⁻¹. Pozostawiono także obiekt niewapnowany (Ca₀).

Do 2010 r. doświadczenie użytkowano produkcyjnie – trzykośnie – oraz stosowano stałe nawożenie potasem (149,4 kg K·ha⁻¹·r⁻¹). Od 2000 r. zaniechano nawożenia fosforem. Nawożenie azotem stosowano w dwóch dawkach – N₁ = 120 i N₂ = 240 kg N·ha⁻¹·r⁻¹ w formie saletry amonowej (AN) i wapniowej (CN) na połowie każdego poletka. Wyznaczono sześć obiektów nawozowych, tj.: C₀N₁, C₀N₂, C₁N₁, C₁N₂, C₂N₁, C₂N₂. Szczegółowy opis doświadczenia zawiera praca SAPEK [2006].

Od 2011 r. zaniechano produkcyjnego użytkowania łąki, którą koszono mechanicznie jeden raz w ciągu sezonu wegetacyjnego, po zakończeniu okresu lęgowego ptaków (po 1 lipca). Następnie z jednej połowy poletek skoszoną i rozdrobnioną runę usuwano, a na drugiej połowie – pozostawiano.

W latach 2008–2011 trawy stanowiły około 94% runi łąkowej doświadczenia. W składzie gatunkowym zbiorowiska zanotowano obecność: rajgrasu wyniosłego (*Arrhenatherum elatius* L.), kupkówki pospolitej (*Dactylis glomerata* L.), kostrzewy czerwonej (*Festuca rubra* L.) i kłosówki wełnistej (*Holcus lanatus* L.). Rośliny dwuliścienne stanowiły około 6% runi łąkowej. Były to takie gatunki, jak: mniszek lekarski (*Taraxacum officinale* F. H. Wigg.), szczaw zwyczajny (*Rumex acetosa* L.) i trybula leśna (*Anthriscus sylvestris* L.).

W celu oceny jakości wód gruntowych z doświadczenia, w 2001 r. zainstalowano studzienkę kontrolną (do głębokości 2 m) na ścieżce oddzielającej bloki doświadczenia, a w 2007 r. założono dwie kolejne studzienki – w strefie ochronnej przed i za doświadczeniem (rys. 1).

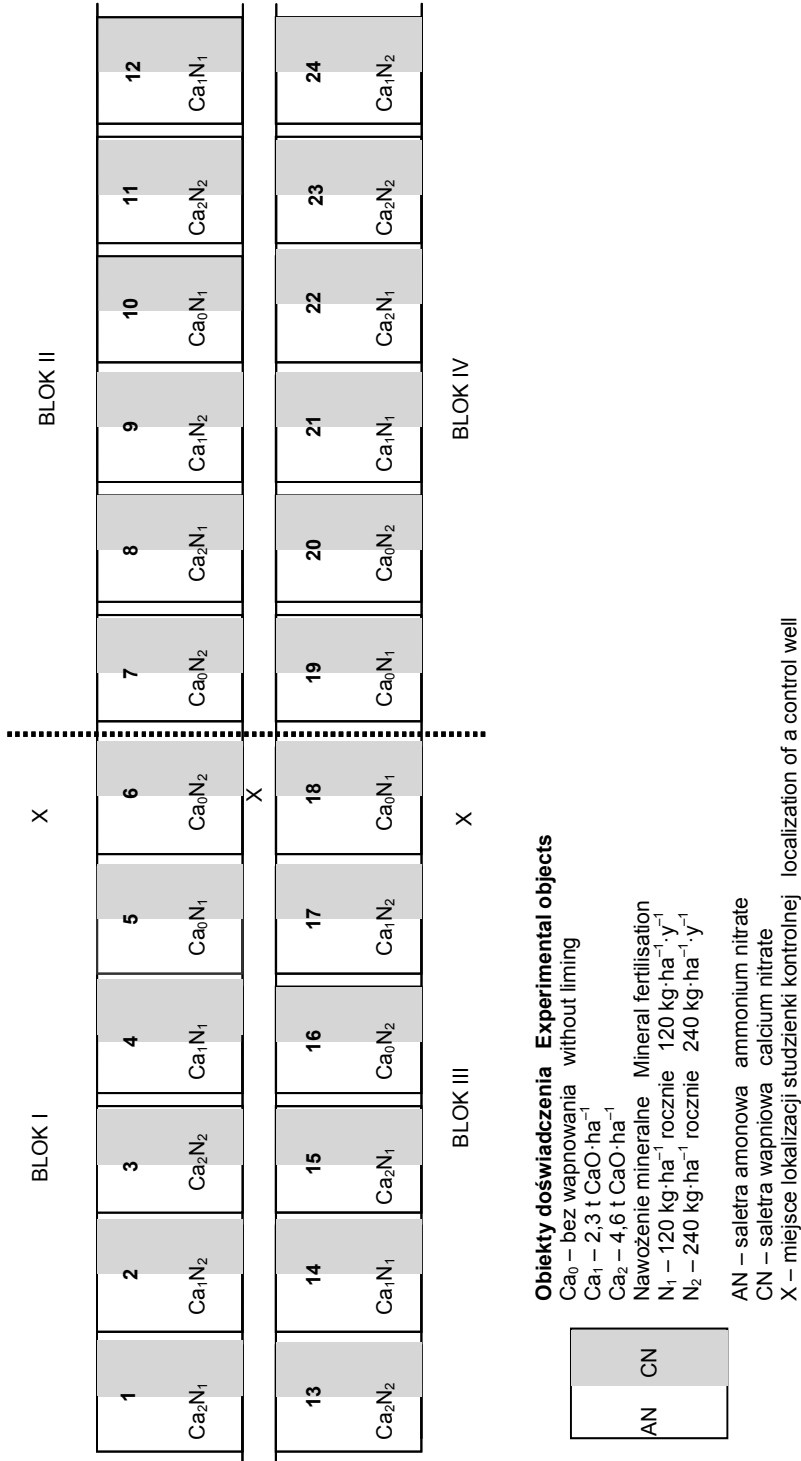
W latach 2008–2011, od marca do grudnia, ze studzienek kontrolnych pobierano próbki wody gruntowej. Próbkę tę pobierano do polietylenowych butelek o pojemności 250 cm³, a następnie – do czasu wykonania pomiarów – przechowywano je w chłodziarce o stałej temperaturze + 4,0°C (± 0,5°C).

W próbkach wód gruntowych wykonano oznaczenia:

- fosforu fosforanowego (P-PO₄), azotu azotanowego (N-NO₃) i azotu amonowego (N-NH₄) – metodą kolorymetryczną przepływową;
- potasu (K) – metodą płomieniowej spektrometrii emisyjnej (AAS);
- magnezu (Mg) i wapnia (Ca) – metodą absorpcyjnej spektrometrii płomieniowej (AAS);
- chlorków – metodą miareczkową;

Zmierzono również:

- pH – metodą potencjometryczną;
- przewodność elektryczną właściwą (EC) – konduktometrycznie.



Rys. 1. Schemat doświadczenia ławkowego do 2010 r.; źródło: opracowanie własne

Fig. 1. Schematic of experiment to 2010; source: own elaboration

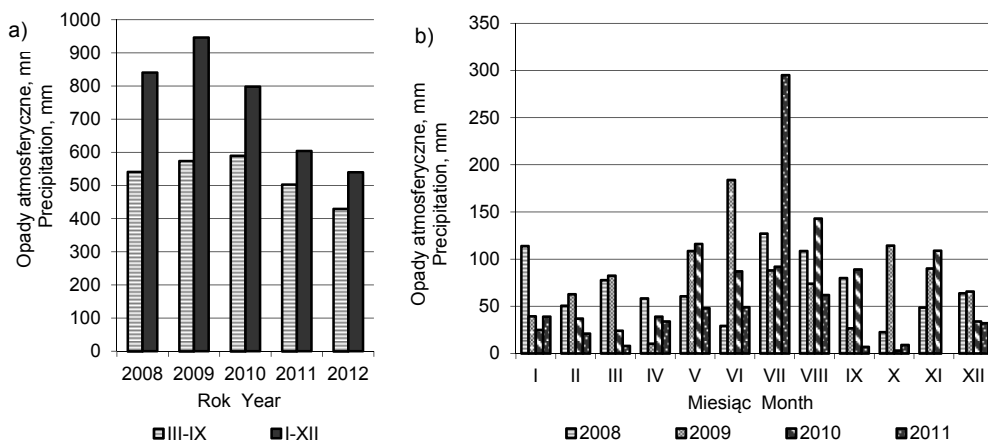
Analizy chemiczne wykonano w Laboratorium Badawczym Chemii Środowiska Instytutu Technologiczno-Przyrodniczego w Falentach.

Otrzymane wyniki opracowano statystycznie za pomocą pakietu STATISTICA 7.1. Wykonano statystykę opisową ocenianych parametrów wód gruntowych pobieranych w okresie produkcyjnego użytkowania łąki (lata 2008–2010) oraz po jego zaprzestaniu (lata 2011–2012). Następnie wyniki badań zaszeregowano zgodnie z klasami czystości wód podziemnych [Rozporządzenie... 2008], oceniając zażerność udziału próbek wody gruntowej danej klasy od sposobu użytkowania łąki.

WYNIKI BADAŃ

OPADY ATMOSFERYCZNE I POZIOM WÓD GRUNTOWYCH NA DOŚWIADCZENIU ŁĄKOWYM

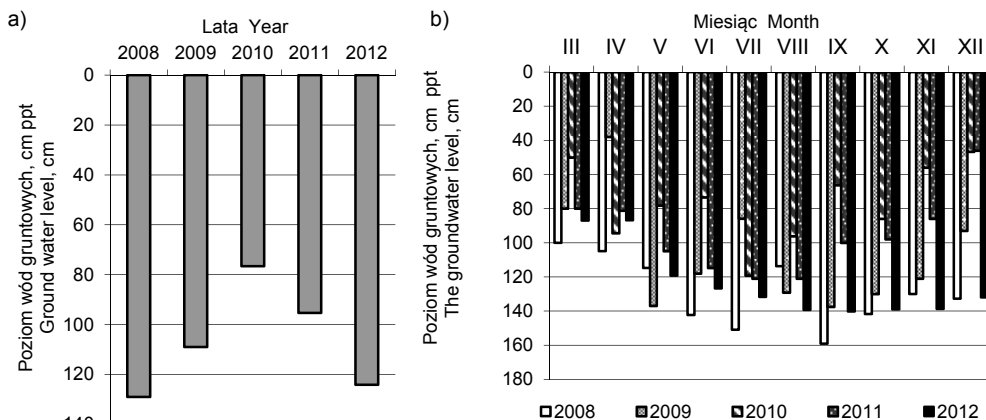
Do oceny wartości opadów atmosferycznych wykorzystano pomiary ze stacji meteorologicznej Instytutu Technologiczno-Przyrodniczego w Falentach (2008–2009) oraz, dla pozostałych lat (2010–2012), dane GUS ze stacji meteorologicznej Warszawa-Okęcie [GUS 2013]. Za wyjątkiem dwóch ostatnich lat badań (2011–2012) roczne sumy opadów atmosferycznych były znacznie większe od średniej z dziesięciolecia 2001–2010 (571 mm) (rys. 2a). Największą ich średnią wartość zanotowano w 2009 r. i była ona większa o 420 mm od średniej wieloletniej. Począwszy od 2010 r., nastąpiło zmniejszanie poziomu opadów atmosferycznych. Średnia suma opadów atmosferycznych w sezonie wegetacyjnym (III–IX) w latach badań wynosiła od 430 do 600 mm (rys. 2a). Największe ich miesięczne wartości zanotowano w lipcu 2011 r. (298 mm) i w czerwcu 2009 r. (195 mm) (rys. 2b). Były one kilkakrotnie większe niż w pozostałych miesiącach.



Rys. 2. Roczne (a) i miesięczne (b) sumy opadów w latach 2008–2012; źródło: wyniki własne

Fig. 2. Annual (a) and monthly (b) sums of rainfall in the years 2008–2012; source: own study

Poziom wód gruntowych pod doświadczeniem łąkowym w latach badań był różnicowany (rys. 3a i b). Najwyższy zanotowano w 2010 r. (78 cm), a niski w latach 2008 i 2012 (135 i 122 cm). Wykazano również znaczne miesięczne wahania poziomu wód gruntowych w latach badań 2008–2012 (rys. 3a i b).



Rys. 3. Roczne (a) i miesięczne (b) poziomy wody gruntowej w latach 2008–2012; źródło: wyniki własne

Fig. 3. Annual (a) and monthly (b) ground water levels in the 2008–2012; source: own study

WARTOŚĆ pH ORAZ STĘŻENIE WYBRANYCH SKŁADNIKÓW W WODACH GRUNTOWYCH

Wartości pH wód gruntowych wynosiły 6,73–7,83 w latach produkcyjnego użytkowania łąki oraz 5,87–7,95 po jego zaniechaniu (tab. 2). Ze względu na odczyn badane wody zakwalifikowano do I klasy czystości (tab. 3). Po zaprzestaniu produkcyjnego użytkowania łąki pH około 2,0% wód przyjmowało wartości poniżej dopuszczalnej [Rozporządzenie... 2008].

Bez względu na sposób użytkowania łąki wartość przewodności elektrycznej była zbliżona do przewodności elektrycznej wód naturalnych, co świadczy o niskiej zawartości jonów rozpuszczonych w wodach spod doświadczenia łąkowego.

Wieloletnie nawożenie mineralne różnicowanymi dawkami azotu (120 i 240 kg N·kg⁻¹) przyczyniło się do różnicowanego stężenia azotu azotanowego w wodach gruntowych spod łąki w latach jej produkcyjnego użytkowania. Stężenie tego składnika we wspomnianym okresie było znacznie większe (0,04–57,73 mg N-NO₃·dm⁻³) niż po zaniechaniu produkcyjnego użytkowania łąki (0,08–15,21 mg N-NO₃·dm⁻³) (tab. 2, rys. 4). Rozkład stężenia tego składnika w wodach gruntowych był asymetrycznie prawostronny, o czym świadczą dodatnie wartości współczynnika asymetrii (skośności). Zaobserwowano znaczną sezonową zmienność stężenia N-NO₃ w wodach gruntowych, zwłaszcza w latach produkcyjnego

Tabela 2. Odczyn i stężenie składników mineralnych w wodach gruntowych spod doświadczenia łąkowego; wartości średnie ze wszystkich obiektów doświadczalnych**Table 2.** pH value and the mineral components concentration in the ground waters from meadow experiment; mean value from all experimental objects

Parametr Parameter	Liczebność Number	Średnia Mean	Min.–max.	Odchylenie standardowe Standard deviation	Skośność Skewness
Łąka użytkowana produkcyjnie Productively used meadow (2008–2010)					
pH	168	–	6,73–7,83	–	–
EC, $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	30	263,0	0,90–437,0	0,106	0,01
N-NO ₃ , $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$	168	5,79	0,04–57,73	10,55	2,89
N-NH ₄ , $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$	168	0,40	0,01–3,07	0,48	3,06
P-PO ₄ , $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$	168	0,29	0,01–4,00	0,58	4,25
K, $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$	168	3,66	0,03–38,20	6,17	3,78
Mg, $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$	168	3,43	0,10–8,20	2,11	0,18
Ca, $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$	168	46,04	6,20–131,60	23,72	0,59
Łąka użytkowana nieprodukcyjnie Non-productively used meadow (2010–2012)					
pH	108	–	5,87–7,95	–	–
EC, $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	95	99,0	0,28–980,0	0,258	3,07
N-NO ₃ , $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$	108	2,37	0,08–15,21	2,74	2,73
N-NH ₄ , $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$	108	0,40	0,03–2,93	0,47	3,52
P-PO ₄ , $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$	108	0,23	0,04–2,72	0,37	5,97
K, $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$	108	2,56	0,34–10,50	2,32	1,88
Mg, $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$	108	3,09	0,40–6,70	1,57	0,52
Ca, $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$	108	32,75	6,16–55,85	11,92	–0,10

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

użytkowania łąki (rys. 4a i b). Stężenie tego składnika było znacznie większe wiosną (III–V) niż latem (VI–IX). Świadczy to o ochronnej roli roślinności łąkowej wobec wód gruntowych, zwłaszcza w okresie wegetacyjnym. Podobne wyniki otrzymali również KOC i in. [2002] oraz JAGUŚ i TWARDY [2006] na glebach o zróżnicowanym użytkowaniu rolniczym. Bez względu na sposób użytkowania łąki, najliczniejsze były próbki wody w I klasie czystości (67,5 i 74,0%) (tab. 3). Zaniechaniu produkcyjnego użytkowania łąki towarzyszyła poprawa jakości badanych wód, zwłaszcza zwiększenie liczby próbek w I klasie czystości oraz brak próbek w V klasie. Znaczną poprawę jakości wód zaobserwowano już w drugim roku od wprowadzenia zmian w sposobie użytkowania łąki (rys. 4c). Otrzymane wyniki potwierdzają badania wielu autorów [KOC i in. 1996; PIEKUT, PAWŁAT 1996; SAPEK i in. 1998; WASILEWSKI 2003; WESOŁOWSKI 2008]. Stwierdzili oni, że azotany są najczęstszą przyczyną zanieczyszczenia wód gruntowych pod łąkami produkcyjnymi, zwłaszcza intensywnie nawożonymi azotem. Azotany są związkami słabo związanymi ze stałą fazą gleby i łatwo migrują do wód gruntowych, przy-

Tabela 3. Ocena czystości wód gruntowych spod doświadczenia łąkowego**Table 3.** Evaluation of the purity of groundwater from madow experiment

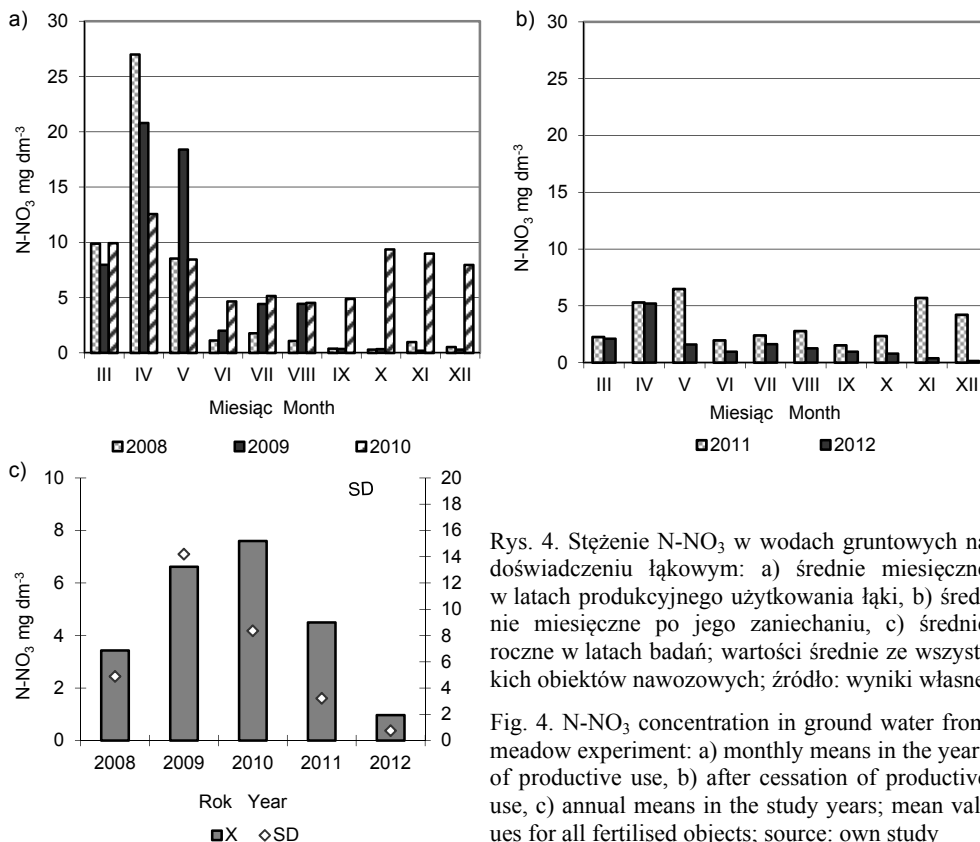
Parametr Parameter	Okres badań Study period	Udział próbek wody w klasie czystości dla wód podziemnych ¹⁾ , % Percentage of water samples in the class of ground water quality ¹⁾					Suma Sum
		I	II	III	IV	V	
pH	2008–2010	100,0	–	–	–	–	100
	2011–2012	98,0	–	–	–	2,0	100
EC, $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	2008–2010	100,0	–	–	–	–	100
	2011–2012	100,0	–	–	–	–	100
N-NO ₃ , $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$	2008–2010	67,5	13,8	7,2	4,6	6,9	100
	2011–2012	74,0	15,0	7,0	4,0	–	100
N-NH ₄ , $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$	2008–2010	62,0	24,0	2,3	7,2	4,5	100
	2011–2012	76,0	13,0	6,0	3,5	1,5	100
P-PO ₄ , $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$	2008–2010	68,0		10,0	18,0	4,0	100
	2011–2012	70,0		26,0	2,5	1,5	100
K, $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$	2008–2010		87,40	5,8	–	6,8	100
	2011–2012		97,0	3,0	–	–	100
Mg, $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$	2008–2010	100,0	–	–	–	–	100
	2011–2012	100,0	–	–	–	–	100
Ca, $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$	2008–2010	58,0	39,0	3,0	–	–	100
	2011–2012	86,0	14,0	–	–	–	100

¹⁾ Rozporządzenie... [2008].

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

czyniając się do znacznego pogorszenia ich jakości. Azot zawarty w glebie może szybko podlegać przemianom, a w efekcie nityfikacji jego amonowa forma przechodzi w formę azotanową [CIEĆKO i in. 1996]. Zaniechanie produkcyjnego użytkowania łąk, a zwłaszcza związane z nim zaprzestanie nawożenia azotem, może zmniejszyć dynamikę przemian tego składnika w środowisku glebowym oraz ograniczyć wymywanie formy azotanowej do wód gruntowych.

Sposób użytkowania miał mały wpływ na średnie stężenie azotu amonowego w wodach gruntowych spod łąki, zaś rozkład stężenia tego składnika w wodach gruntowych był asymetrycznie prawostronny (tab. 2). Stężenie N-NH₄ w badanych wodach było zmienne w okresie od marca do grudnia w całym okresie badań (rys. 5). W wodach z 2009 i 2012 r. zanotowano niemal dwukrotnie więcej tego składnika niż w pozostałych latach. Bez względu na sposób użytkowania łąki najliczniejsze były próbki wody w I klasie czystości (62,0 i 76,6%). Po zaniechaniu produkcyjnego użytkowania łąki zaobserwowano zmniejszenie udziału próbek wody złej jakości (IV–V klasa czystości) oraz zwiększenie (o 14 p.p.) udziału próbek

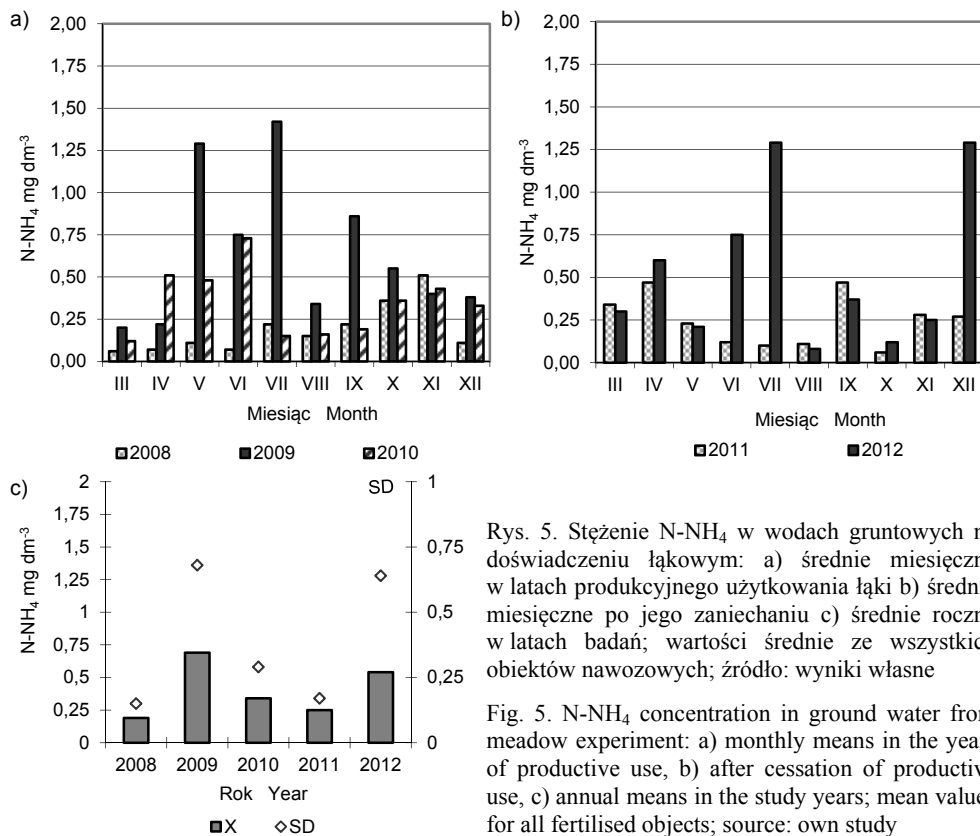


Rys. 4. Stężenie N-NO₃ w wodach gruntowych na doświadczeniu łąkowym: a) średnie miesięczne w latach produkcyjnego użytkowania łąki, b) średnie miesięczne po jego zaniechaniu, c) średnie roczne w latach badań; wartości średnie ze wszystkich obiektów nawozowych; źródło: wyniki własne

Fig. 4. N-NO₃ concentration in ground water from meadow experiment: a) monthly means in the years of productive use, b) after cessation of productive use, c) annual means in the study years; mean values for all fertilised objects; source: own study

wody gruntowej w I klasie czystości [Rozporządzenie... 2008] (tab. 3). Otrzymane wyniki badań są zbliżone do wyników uzyskanych przez innych autorów. Podobnie małe stężenie azotu amonowego otrzymali m.in. KOC i in. [2002] na glebach o zróżnicowanym użytkowaniu rolniczym, natomiast ŁOGINOW i in. [1987] wykazali, że wymywanie azotu glebowego dotyczy głównie jego formy azotanowej, łatwo przemieszczającej się w profilu glebowym, zwłaszcza w przypadku gleb lekkich. Małe stężenie azotu amonowego w wodach gruntowych może świadczyć o stosunkowo małej zdolności migracyjnej azotu amonowego, spowodowanej włączeniem go, wymiennie lub niewymiennie, do kompleksu sorpcyjnego gleby.

Stężenie fosforu fosforanowego w wodach gruntowych spod łąki było małe. Bez względu na sposób użytkowania łąki najliczniejsze były próbki w I klasie czystości (68,0 i 70,0%). Po zaniechaniu produkcyjnego użytkowania łąki, zmniejszył się udział próbek wody w klasach gorszych jakościowo (IV–V klasa). Największe stężenie P-PO₄ w wodach gruntowych (IV–V klasa czystości) zanotowano w okresie jesiennym (X–XII) 2009 r. (rys. 6). Oceniając otrzymane wyniki badań, zaobserwowano podobieństwo między wartością stężenia N-NH₄ a P-PO₄ w wodzie gruntowej. Podobną tendencję opisali SHAHEN i in. [2009]. Wspomniani autorzy



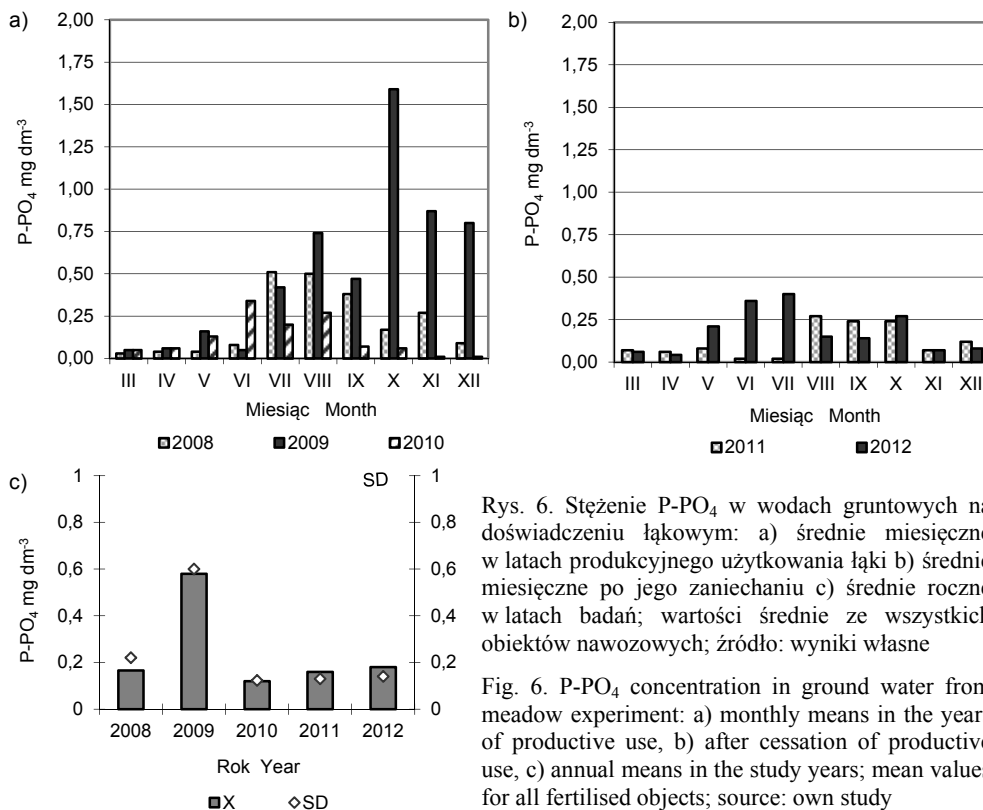
Rys. 5. Stężenie $N-NH_4$ w wodach gruntowych na doświadczeniu łąkowym: a) średnie miesięczne w latach produkcyjnego użytkowania łąki b) średnie miesięczne po jego zaniechaniu c) średnie roczne w latach badań; wartości średnie ze wszystkich obiektów nawozowych; źródło: wyniki własne

Fig. 5. $N-NH_4$ concentration in ground water from meadow experiment: a) monthly means in the years of productive use, b) after cessation of productive use, c) annual means in the study years; mean values for all fertilised objects; source: own study

wykazali, że jony NH_4^+ mogą zwiększać ruchliwość fosforu w glebie, co w konsekwencji może sprzyjać wymywaniu tego składnika do wód gruntowych.

Średnie stężenie potasu w badanych wodach było nieznacznie większe, a jego zakres znacznie szerszy w latach produkcyjnego użytkowania łąki niż po jego zaprzestaniu (tab. 2). Bez względu na sposób użytkowania łąki przeważająca liczba (87,4 i 97,0%) badanych wód była bardzo dobrej i dobrej jakości (tab. 3). Badania prowadzone przez MURAWSKĄ i SPYCHAJ-FABISIAK [2001] oraz KĘPKĘ [1992] wskazują, że zawartość minerałów ilastych w glebie, m.in. illitu i wermikulitu, może zwiększać włączanie potasu do kompleksu sorpcyjnego i ograniczać tym samym potencjalne ryzyko jego migracji do wód gruntowych. Wymywanie potasu dotyczy głównie gleb lekkich o małej pojemności kompleksu sorpcyjnego, zwłaszcza gdy są stosowne duże dawki tego składnika nawozowego [RATHKE, MERBACH 2001; STEPIEŃ, MERCIK 1999].

Stężenie magnezu w badanych wodach było bardzo małe bez względu na sposób użytkowania łąki (tab. 2), pozwalające na zakwalifikowanie badanych wód gruntowych w 100% do I klasy czystości wód podziemnych [Rozporządzenie... 2008] w całym okresie badań. Przyczyną tak małego stężenia magnezu w wodach



Rys. 6. Stężenie P-PO₄ w wodach gruntowych na doświadczeniu łąkowym: a) średnie miesięczne w latach produkcyjnego użytkowania łąki b) średnie miesięczne po jego zaniechaniu c) średnie roczne w latach badań; wartości średnie ze wszystkich obiektów nawozowych; źródło: wyniki własne

Fig. 6. P-PO₄ concentration in ground water from meadow experiment: a) monthly means in the years of productive use, b) after cessation of productive use, c) annual means in the study years; mean values for all fertilised objects; source: own study

gruntowych była niedostateczna jego zawartość w glebie, spowodowana blisko trzydziestoletnim brakiem nawożenia łąki tym składnikiem. Badania prowadzone wcześniej na tym doświadczeniu łąkowym [BURZYŃSKA 2009] wykazały, że produkcyjne użytkowanie łąki i związane z nim nawożenie mineralne NPK bez stosowania uzupełniającego nawożenia magnezem, przyczyniło się do niedostatecznej zawartości tego składnika w plonie roślinności oraz stopniowego zmniejszania się jego zawartości w wodach gruntowych spod łąki.

Stężenie wapnia było znacznie większe w latach użytkowania produkcyjnego (6,20–131,60 mg Ca·dm⁻³) niż po jego zaprzestaniu (6,16–55,85 mg Ca·dm⁻³) (tab. 2). Po zaprzestaniu produkcyjnego użytkowania łąki zaobserwowano znaczną poprawę jakości wód gruntowych – aż 86,0% próbek badanych wód zakwalifikowano do I klasy czystości oraz nie stwierdzono wód w klasach od III do V (tab. 3). Prawdopodobną przyczyną zmniejszenia stężenia tego składnika w wodach gruntowych spod łąki było zaprzestanie wieloletniego nawożenia doświadczenia saletrą wapniową.

Na podstawie badań wykazano, że sposób użytkowania łąki, a zwłaszcza stosowanie nawożenia mineralnego w trakcie jej produkcyjnego użytkowania, wpływał

na migrację składników mineralnych do wód gruntowych. Nieprodukcyjne utrzymanie łąki może się przyczynić do znacznej poprawy jakości wód gruntowych, a długoterminowo – do przywrócenia w nich stanu równowagi jonowej. Pozostawianie łąk nieprodukcyjnych w krajobrazie rolniczym może odgrywać ważną rolę w utrzymaniu dobrej kondycji środowiska naturalnego, zwłaszcza jakości wód gruntowych.

WNIOSKI

1. Nieprodukcyjne użytkowanie łąki przyczyniło się do poprawy jakości wód gruntowych oraz zmniejszenia w nich stężenia N-NO₃, P-PO₄ i Ca.

2. Sposób użytkowania łąki nie wpływał na stężenie potasu w wodach gruntowych, co prawdopodobnie wynikało ze zdolności wiązania nadmiaru tego składnika przez kompleks sorpcyjny gleby.

3. Długookresowy brak nawożenia magnezem łąki użytkowanej produkcyjnie przyczynił się do wyczerpania glebowych rezerw tego składnika, o czym świadczy jego małe stężenie w badanych wodach gruntowych.

4. Pozostawianie łąk użytkowanych nieprodukcyjnie w krajobrazie rolniczym może odgrywać ważną rolę w utrzymaniu dobrej kondycji środowiska naturalnego, zwłaszcza jakości wód gruntowych.

Pracę zrealizowano w ramach działania nr 1.3 programu wieloletniego ITP 2011–2015 pt.: „Monitoring skuteczności ograniczania emisji zanieczyszczeń z gospodarstw domowych i źródeł rolniczych do wód powierzchniowych i gruntowych”.

LITERATURA

- BENOIT M., SIMPSON J.C 2004. Grassland and water resources: recent findings and challenges in Europe. Grassland Science in Europe. Vol. 9 s. 117–129.
- BURZYŃSKA I. 2009. Wpływ zaniechania nawożenia oraz zbioru runi łąkowej na zawartość RWO oraz rozpuszczalnych form potasu i magnezu w glebie i w płytkich wodach gruntowych. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 9. Z. 3(27) s. 19–28.
- BURZYŃSKA I. 2013. Migracja składników mineralnych i węgla organicznego do wód gruntowych w warunkach zróżnicowanego użytkowania łąk na glebach mineralnych. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. Rozprawy naukowe i monografie. Nr 35. ISBN 978-83-62416-57-8 ss. 92.
- BUTKUVIENE R., DAUGELIENE N. 2005. Meadow productivity and nitrate leaching under different liming and fertilization. Grassland Science in Europe. Vol. 10 s. 617–620.
- CIEĆKO Z., WYSZKOWSKI M., SZAGAŁA J. 1996. Wpływ 4-letniego stosowania mineralnych nawozów azotowych na zawartość N-NO₃ i N-NH₄ w glebach. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych. Z. 440 s. 27–43.
- DOLEŽAL J., MAŠKOVŠ Z., LEPŠ J., STEINBACHOVÁ D., BELLO F., KLIMEŠOVA J., TACKENBERG O., ZEMEK F., KVĚT J. 2011. Positive long-term effect of mulching on species and function trait diversity in a nutrient-poor mountain meadow in Central Europe. Agriculture, Ecosystems and Environment. Vol. 145 s. 10–28.

- GUS 2008. Rocznik statystyczny rolnictwa. Informacje, opracowania [online]. Warszawa s. 209–211. [Dostęp 24.02.2014]. Dostępny w Internecie: www.stat.gov.pl/cps/rde/xber/.../PUBL_rls_rocznik_rolnictwa_2008.pdf
- GUS 2013. Ochrona Środowiska. Informacje, opracowania [onlin]. Warszawa s. 111–112. [Dostęp 25.02.2014]. Dostępny w Internecie: www.stat.gov.pl/cps/rde/xber/gus/se_ochrona_srodowiska_2013.pdf
- JAGUŚ A., TWARDY S. 2006. Wpływ zróżnicowanego użytkowania łąki górskiej na plonowanie runi i cechy jakościowe odpływających wód. Opracowanie monograficzne. Falenty–Kraków. Wydaw. IMUZ. ISBN 85-88763-56-3 ss. 88.
- KĘPKA M. 1992. Potas wymienny i silniej związany w niektórych glebach. Cz. 1. Gleby brunatne wylugowane i płowe właściwe. Roczniki Gleboznawcze. Vol. 43(3/4) s. 91–101.
- KIRYLUK A., WIATER J. 2004. Stężenie składników pokarmowych w wodach odpływających z ekosystemów łąkowych. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 4. Z. 2a(11) s. 445–453.
- KOC J., CIEĆKO CZ., JANICKA R., ROCHWERGER A. 1996. Czynniki kształtujące poziom mineralnych form azotu w wodach obszarów rolniczych. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych. Z. 440 s. 175–183.
- KOC J., SZYM CZYK S., WOJNOWSKA T., SZYPEREK U., SZYPEREK U., SKWIERAWSKI A., IGNACZAK S., SIENKIEWICZ S. 2002. Wpływ różnych sposobów konserwacji gleby na jakość wód gruntowych. Koncentracja azotu, fosforu i potasu. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych. Z. 481 s. 265–274.
- KOPEĆ S. 1992. Ochronne działanie użytków zielonych przed utratą składników nawozowych do wód w warunkach górskich. Wiadomości IMUZ. T. 17. Z. 2 s. 383–399.
- KÖSTER T. 2001. The productivity and nutrient cycle of natural grasslands. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych. Z. 478 s. 47–53.
- ŁOGINOW W., JANOWIAK J., SPYCHAJ-FABISIAK E. 1987. Zmienność ogólnej zawartości poszczególnych form azotu w glebie. Zeszyty Naukowe ATR Bydgoszcz. Nr 23 s. 13–24.
- MŁYNAR CZYK K., KORONA A., MARKS E. 2001. Zmiany w fitocenozach łąkowych wywołane ograniczeniem lub zaniechaniem ich użytkowania. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych. Z. 478 s. 471–478.
- MURAWSKA B., SPYCHAJ-FABISIAK E. 2001. Wpływ właściwości fizykochemicznych gleb na wymywanie potasu. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych. Z. 480 s. 113–121.
- NADOLNA L. 2009. Wpływ przywrócenia koszenia na utrzymanie sprawności produkcyjnej i walorów przyrodniczych odlogowanych użytków zielonych w Sudetach. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 9. Z. 3 (27) s. 89–105.
- PIEKUT K., PAWLAT H. 1996. Bilans azotu ekosystemów łąkowych w zróżnicowanych warunkach glebowo-wodnych. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych. Z. 440 s. 291–299.
- RATHKE G.W., MERBACH W. 2001. The influence of long term K fertilization on fixation of potassium and ammonium ions by soil. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych. Z. 480 s. 123–129.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dn. 23 lipca 2008. W sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych. Dz. U. 2008 nr 143 poz. 896.
- SAPEK A., SAPEK B., PIETRZAK S., NAWALANY P. 1998. Zużycie nawozów mineralnych i rozpraszanie składników nawozowych do środowiska w Polsce. Materiały Informacyjne międzynarodowej konferencji „Obieg i bilans azotu w rolnictwie polskim”. Falenty, 1–2 grudnia 1998. Wydaw. IMUZ. ISBN 83-85735-71-2 ss. 23.
- SAPEK B. 2006. Przedmowa. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 6. Z. 17 s. 5–13.
- SIENKIEWICZ-PADEREWSKA D., BORAWSKA-JAR MUŁOWICZ B., MASTALERCZUK G., CHODKIEWICZ A., STYPIŃSKI P. 2012. Wpływ zaprzestania koszenia na roślinność łąki trzęślicowej (*Molinietum caeruleae*). Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 12. Z. 1 (37) s. 167–179.

- SHAHEN S.M., TSALIDAS C.D., ESKRIDGE K.M. 2009. Effect of common ions on phosphorus sorption and lability in Greek alfisols with different pH. *Soil Science*. Vol. 174. No 1 s. 21–26.
- STĘPIEŃ W., MERCIK S. 1999. Formy potasu w glebie oraz bilans tego składnika w wieloletnich doświadczeniach polowych. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*. Z. 465 s. 81–89.
- TONN B., BRIEMLE G. 2008. Long-term effect of mulching on botanical composition, yield and nutrient budget of permanent grassland. W: *Biodiversity and Animal Feed. Future Challenges for Grassland Production*. *Grassland Science in Europe*. Vol. 13 s. 180–182.
- WASILEWSKA A. 2007. Zmiany zasobu użytków rolnych w Polsce. *Roczniki Naukowe*. Vol. 9. Z. 1 s. 508–512.
- WASILEWSKI Z. 1997. Produkcja pasz na użytkach zielonych i ochrona jakości wód. *Zeszyty Edukacyjne*. Nr 2. Falenty. Wydaw. IMUZ s. 53–66
- WESOŁOWSKI P. 2008. Nawożenie łąk nawozami naturalnymi w świetle doświadczeń Zachodniopomorskiego Ośrodka Badawczego MUZ w Szczecinie. *Szczecin. Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej woj. zachodniopomorskiego* s. 36–43.

Irena BURZYŃSKA

DIFFERENT MEADOW USE AND THE GROUND WATER QUALITY

Key words: *ground water, meadow experiment, mineral components*

S u m m a r y

The aim of the study was to assess the quality of groundwater from a meadow of varying productive and non-production use. The studies were carried out in a long-term meadow experiment located on degraded black earth of a grain size structure of strong loamy sand in Janki, Masovian Province. In the years 1981–2010 the meadow experiment was productively used, and in 2011–2012 it was used non-productively. Productive use of the meadow consisted in the application of different doses of mineral nitrogen fertilization (120 and 240 kg N·ha⁻¹) in two forms (ammonium nitrate and calcium nitrate) and in mowing three times a season. Non-productive use of the experimental meadow consisted in single mowing per vegetation season according to agri-environmental package for extensive meadows. Mown sward was harvested from a half of the plot and left on the other half. Non-productive use of the meadow improved the quality of ground water by the reduction of N-NO₃, P-PO₄ and Ca concentrations. Regardless of meadow use, potassium concentration in ground water was low, which may indicate a considerable capacity of the soil sorption complex.

Adres do korespondencji: dr hab. I. Burzyńska, prof. nadzw., Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Laboratorium Badawcze Chemii Środowiska, al. Hrabaska 3, 05-090 Raszyn; tel. + 48 22 735-75-68, e-mail: I.Burzynska@itp.edu.pl