

Ilona Joanna ŚWITAJSKA¹ i Sławomir SZYMCZYK¹

OBCIĄŻENIE BIOGENAMI WÓD GRUNTOWYCH PO PRZYWRÓCENIU GLEB DO UŻYTKOWANIA ROLNICZEGO

GROUNDWATER LOAD OF BIOGENIC COMPOUNDS AFTER RESTORING THE SOIL TO AGRICULTURAL USE

Abstrakt: W latach 1996-2008 na Pojezierzu Olsztyńskim we wsi Knopin prowadzono badania nad wpływem przywrócenia do produkcji rolniczej gleb odłogowanych i ugorowanych na jakość wód gruntowych. Badane gleby zostały wyłączone z użytkowania rolniczego w 1996 roku w postaci odłogu klasycznego oraz ugorów: czarnego oraz obsianych rośliną jednoroczną, wieloletnią motylkową (rutwica wschodnia - *Galega orientalis Lam.*), mieszańką rośliny motylkowej z trawą (rutwica wschodnia ze stokłosą bezostną), trawą (stokłosa bezostna - *Bromus inermis Leyss.*). W pobieranych raz w miesiącu wodach gruntowych oznaczono: azot mineralny (suma N-NH₄, N-NO₃ i N-NO₂), fosfor ogólny oraz potas. Stwierdzono, że na zawartość związków azotu mineralnego, fosforu i potasu w wodach gruntowych znacząco wpływał sposób wieloletniego wyłączenia gleb z uprawy rolniczej oraz warunki meteorologiczne, w tym głównie opady atmosferyczne i temperatura powietrza, które modyfikowały obieg wody i składników pokarmowych w środowisku glebowym. Badania wykazały, że wpływ sposobu wieloletniego wyłączenia gleb z produkcji rolniczej był widoczny jeszcze w trzecim roku po ponownym ich zagospodarowaniu. Stwierdzono również, że największe zagrożenie zanieczyszczenia wód gruntowych azotem mineralnym stwarzało utrzymanie gleb w postaci ugoru czarnego i obsianego rośliną jednoroczną. Ze względu zaś na ochronę wód gruntowych przed zanieczyszczeniami fosforu ogólnego zaleca się stosowanie rutwicy wschodniej jako formę wyłączenia gleb z produkcji rolniczej.

Słowa kluczowe: wody gruntowe, gleby odłogowane i ugorowane, azot, fosfor, potas

Sposób zagospodarowania terenu wpływa na skład, a tym samym na jakość wód gruntowych. Szczególne znaczenie w kształtowaniu jakości wód gruntowych mają opady atmosferyczne oraz intensywność produkcji rolniczej [1]. Grunty, które wyłączają się z użytkowania rolniczego, przechodzą w odłogi lub ugory, stanowiąc grupę nieużytków. Odłogowaniu powinny podlegać gleby najmniej urodzajne, tzn. takie, na których uprawa roślin stała się nieopłacalna. Jednak zarówno ze względu na ochronę jakości wód gruntowych oraz na ewentualną konieczność ponownego zagospodarowania rolniczego należy dążyć do utrzymania tych gleb w dobrej kondycji agrotechniczno-ekologicznej [2]. Prowadzone działania na gruntach ugorowanych powinny sprowadzać się do stworzenia i utrzymania pokrywy roślinnej o odpowiednim składzie gatunkowym i strukturze, aby zapobiec obniżeniu żyzności ugorowanej gleby. Odłogi natomiast powinny być chronione przed degradacją i mogą być wykorzystywane jako zapory biologiczne, użytki czy korytarze ekologiczne [3, 4]. W celu takiej ochrony można zastosować trwałe, wieloletnie rośliny motylkowe jak rutwica wschodnia, która przyczynia się do poprawy żyzności gleby [5]. Podstawowym źródłem wody w glebie są opady atmosferyczne. Ich ilość, intensywność, a także rozkład w roku znacząco wpływają na procesy glebowe, w tym głównie na uruchamianie (mineralizacja) i przyswajalność (bioakumulacja) składników pokarmowych. Jest to ważne, ponieważ woda opadowa podczas spływu powierzchniowego i podpowierzchniowego w profilu glebowym zostaje wzbogacona w składniki pokarmowe,

¹ Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, pl. Łódzki 2, 10-719 Olsztyn, email: ilona.switajska@uwm.edu.pl, szymek@uwm.edu.pl

będących jednocześnie formą zanieczyszczenia wód gruntowych [6]. Należący do składników biogennych azot łatwo ulega migracji do wód gruntowych. Na szybkość jego przemieszczania się w profilu glebowym mają wpływ zarówno rodzaj, jak i zwięzłość gleby, a także sposób ich użytkowania oraz wielkość, natężenie i skład chemiczny opadów [7-9]. Na gruntach ornych największe stężenia fosforu w wodach gruntowych występują w okresie zimowym, co związane jest z brakiem pobierania go przez rośliny. Wzrost stężenia fosforu w wodach gruntowych obserwuje się również w okresie letnim, co wiąże się z obniżeniem się poziomu wód gruntowych, a w efekcie ograniczeniem dostępności wody dla roślin, skutkującym zmniejszeniem bioakumulacji składników.

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu sposobu wieloletniego odlogowania i ugorowania gleb na zmienność stężeń najważniejszych składników biogennych (azot mineralny, fosfor oraz potas) w wodach gruntowych po przywróceniu ich do użytkowania rolniczego.

Metodyka

W okresie od kwietnia 2005 r. do marca 2008 r. przeprowadzono badania dotyczące jakości wód gruntowych gleb przywróconych do użytkowania rolniczego. Badania prowadzono na obiekcie badawczym zlokalizowanym na gruntach wsi Knopin położonej w okolicach Dobrego Miasta na Pojezierzu Olsztyńskim. Badania obejmowały ostatni etap doświadczenia polowego, które zostało założone w 1996 roku na glebie brunatnej właściwej, wytworzonej z gliny lekkiej. W pierwszym etapie badań (lata 1996-2005) gleby wyłączono z użytkowania rolniczego w postaci 6 różnych form: odłóg klasyczny, ugór czarny oraz odłogi obsiane rośliną jednoroczną, trawą (stokłosa bezostna - *Bromus inermis*), wieloletnią rośliną motylkową (rutwica wschodnia - *Galega orientalis*) i mieszanką motylkowej z trawą (rutwica wschodnia i stokłosa bezostna). Poletka doświadczalne miały jednakowe powierzchnie (18 x 90 m każde). W celu monitorowania zmienności jakości wód gruntowych na każdym z nich zainstalowano po dwa piezometry. Następnie wiosną 2005 roku połowę obiektu doświadczalnego zaorano, powstało w ten sposób 6 poletek doświadczalnych (18 x 45 m każde), reprezentujących różne stanowisko (sposób wyłączenia z produkcji rolniczej) z centralnie położonym piezometrem. Następnie, stosując jednakowe nawożenie NPK na wszystkich 6 częściach, w ciągu 3 kolejnych lat obsiewano: pszenicą jara, rzepakiem ozimym oraz pszenicą ozimą, przygotowując uprzednio glebę do siewu poprzez uprawę i nawożenie mineralne. W przypadku pszenicy jarej przedsięwzięcie zastosowano: N - 78 kg·ha⁻¹; P₂O₅ - 36 kg·ha⁻¹; K₂O - 36 kg·ha⁻¹, zaś pod rzepak (wrzesień 2005 r. - sierpień 2006 r.) zastosowano przedsięwzięcie nawozy: N - 24 kg·ha⁻¹; P₂O₅ - 72 kg·ha⁻¹; K₂O - 72 kg·ha⁻¹ oraz pogłównie N - 102 kg·ha⁻¹. Od września 2006 r. do sierpnia 2007 r. pod uprawianą pszenicę ozimą zastosowano przedsięwzięcie nawozy: N - 16 kg·ha⁻¹; P₂O₅ - 48 kg·ha⁻¹; K₂O - 48 kg·ha⁻¹ oraz pogłównie N (wiosna 2007 r.) - 56 kg·ha⁻¹.

Wody gruntowe do analiz chemicznych pobierano raz w miesiącu za pomocą pompy zanurzeniowej z odwiertów piezometrycznych, zlokalizowanych na każdym z poletek i oznaczono w nich: fosfor ogólny (P_{og.}) metodą kolorymetryczną z molibdenianem amonowym; potas (K) metodą emisyjnej spektrometrii atomowej, azot amonowy - N-NH₄ kolorymetrycznie z odczynnikiem Nesslera, azot azotanowy(III) - N-NO₂ kolorymetrycznie

z kwasem sulfanilowym; azot azotanowy(V) - $N-NO_3$ kolorymetrycznie z kwasem fenolodisulfonowym. W omawianych wodach obliczono stężenie azotu mineralnego ($N_{min.}$) - $[N_{min.} = N-NH_4 + N-NO_3 + N-NO_2]$.

Prowadzone badania w okresie od kwietnia 2005 r. do marca 2008 r. wskazują na znaczne zróżnicowanie warunków meteorologicznych zarówno w zakresie ilości i rozkładu opadów, jak i temperatury powietrza, co wywierało znaczący wpływ na obieg materii i przepływ energii w środowisku przyrodniczym, a także na wzrost, rozwój i plonowanie roślin. W trakcie realizacji badań wystąpił rok suchy (kwiecień 2005 r. - marzec 2006 r.) z łączną sumą opadów wynoszącą 453,7 mm oraz dwa lata wilgotne, w których roczne sumy opadów wynosiły odpowiednio 769,0 mm dla okresu kwiecień 2006 r. - marzec 2007 r. oraz 682,7 mm dla okresu kwiecień 2007 r. - marzec 2008 r. W każdym kolejnym roku badań największe opady występowały w okresach późnowiosennych i letnich (kwiecień-sierpień), stanowiąc jednocześnie największy procentowy udział sumy rocznej opadów (rok I - 59%; rok II - 57%; rok III - 74%) [10].

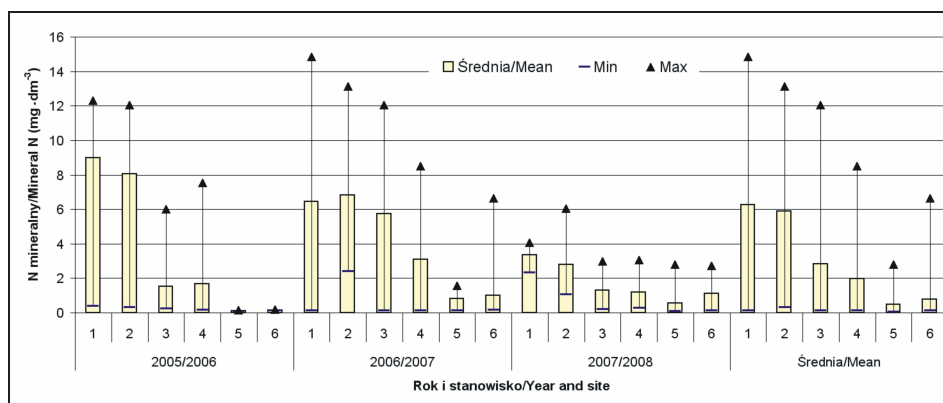
Wyniki i ich omówienie

Sposób wyłączenia gleb z produkcji powodował znaczną zmienność plonotwórczości jako skutek żyzności gleb na poszczególnych stanowiskach, co z kolei miało wpływ na intensywność przemian fizykochemicznych oraz wykorzystywanie przez rośliny uprawne dostarczanego azotu. Szczególnie duże znaczenie miały panujące warunki meteorologiczne, które wpływały na intensywność przemian w glebie, co z kolei powodowało zróżnicowanie w stężeniach azotu mineralnego w wodach gruntowych.

Największe stężenia azotu mineralnego (średnio $6,253 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) odnotowano na stanowisku po wieloletnim ugorze czarnym oraz niewiele mniejsze (średnio $5,885 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) po ugorze obsiewanym rośliną jednoroczną, na co niewątpliwie wpływ miały stężenia $N-NO_3$, który łatwo migrował do wód gruntowych (rys. 1). Niewątpliwie miała tu wpływ najmniejsza żyzność gleb na tych stanowiskach, która bezpośrednio rzutowała na najmniejsze plony roślin uprawnych oraz związaną z tym znacznie mniejszą bioakumulacją azotu. Podczas ugorowania na obydwu obiektach wykonywane były zabiegi uprawowe w celu poprawy warunków tlenowych w warstwie ornej. Taki stan rzeczy sprzyjał mineralizacji materii organicznej i intensywniejszemu ługowaniu wodami opadowymi składników pokarmowych w głąb profilu glebowego.

W trzyletnim okresie badań - po przywróceniu gleb do użytkowania rolniczego największe stężenia azotu mineralnego w wodach gruntowych (średnio $8,976 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) stwierdzono na stanowisku po ugorze czarnym oraz ugorze obsianym rośliną jednoroczną (średnio $8,037 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) w pierwszym roku badań. W kolejnych latach badania stężenia te systematycznie malały, jednocześnie charakteryzując się jednymi z największych różnic pomiędzy wartością minimalną a maksymalną. Duże stężenia azotu mineralnego w wodach gruntowych w pierwszym roku związane były z niewielkimi opadami (rok suchy) i ograniczeniem pobierania azotu pochodzącego zarówno z mineralizacji substancji organicznej nagromadzonej w okresie wieloletniego ugorowania, jak i zastosowanego nawożenia mineralnego N. Najmniejsze zaś stężenia azotu mineralnego w badanych wodach gruntowych zaobserwowano na stanowiskach obsianych mieszanką rutwicy ze stokłosą (średnio $0,503 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) oraz samą stokłosą bezostną (średnio $0,767 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$).

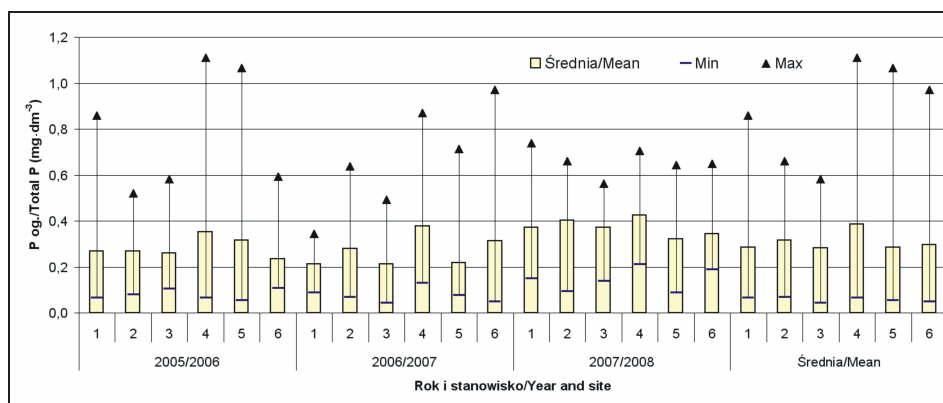
Tak małe stężenia w przypadku mieszanki rośliny motylkowej z trawą sugerują dużą fitosorpcję azotu, przekładając się na obfity plon, niewielkie zaś wartości na stanowisku ze stokłosą mogą wskazywać na niewielką zasobność gleb w azot.



1 - Po ugorze czarnym/ After bare fallow; 2 - Po roślinie jednorocznej/ After annual plant; 3 - Po rutwicy wschodniej/ After goat rue; 4 - Po odłogu klasycznym/ After abandoned land; 5 - Po rutwicy ze stokłosą/ After mixture of goat rue and bromegrass; 6 - Po stokłosie bezostnej/ After bromegrass

Rys. 1. Stężenie azotu mineralnego (N_{\min}) w wodach gruntowych po przywróceniu do użytkowania rolniczego gleb wyłączonych z produkcji rolniczej [$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$]

Fig. 1. Mineral Nitrogen (Mineral N) concentrations [$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$] in groundwater after soil recovery for agricultural production

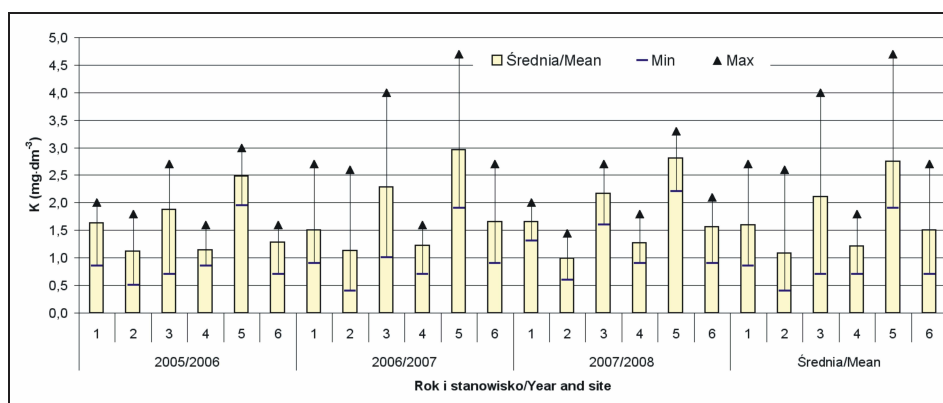


1 - Po ugorze czarnym/ After bare fallow; 2 - Po roślinie jednorocznej/ After annual plant; 3 - Po rutwicy wschodniej/ After goat rue; 4 - Po odłogu klasycznym/ After abandoned land; 5 - Po rutwicy ze stokłosą/ After mixture of goat rue and bromegrass; 6 - Po stokłosie bezostnej/ After bromegrass

Rys. 2. Stężenie fosforu ogólnego (P_{og}) w wodach gruntowych po przywróceniu do użytkowania rolniczego gleb wyłączonych z produkcji rolniczej [$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$]

Fig. 2. Total Phosphorus (P) concentrations [$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$] in groundwater after soil recovery for agricultural production

W badanych wodach gruntowych stężenie P_{og} było w znacznej mierze uzależnione od opadów atmosferycznych. Najmniejsze jego stężenie ($0,043 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) wystąpiło w roku najwilgotniejszym (2006), największe zaś ($0,424 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) w nieznacznie suchszym trzecim roku badań (rys. 2). Stwierdzono, że najniższymi stężeniami (średnia roczna) w pierwszym roku charakteryzowały się wody gruntowe na stanowisku po stokłosie bezostnej, co może świadczyć o zubożeniu w fosfor gleb na skutek ich wieloletniego ugorowania, zaś w drugim roku po ugorze czarnym $0,212 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ i w trzecim po rutwicy ze stokłosą $0,320 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$. Najmniejsze średnie stężenia P_{og} z wielolecia wystąpiły na stanowiskach po rutwicy wschodniej ($0,282 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) oraz po ugorze czarnym ($0,284 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) i po rutwicy ze stokłosą ($0,285 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$). Powyższy układ zapewne z największej bioakumulacji fosforu w największych plonach roślin uzyskiwanych na stanowiskach po rutwicy wschodniej i mieszance rutwicy ze stokłosą, w przypadku ugoru czarnego zaś świadczy o znacznym zubożeniu gleb w fosfor na skutek wieloletniego utrzymania gleby bez okrywy roślinnej. Niezależnie od roku badań największe stężenia P_{og} (średnio $0,385 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) stwierdzano w wodach gruntowych w stanowisku po odłogu klasycznym, gdzie wahały się one od $0,353 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ w pierwszym roku badań do $0,424 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ w roku ostatnim.



1 - Po ugorze czarnym/ After bare fallow; 2 - Po roślinie jednorocznej/ After annual plant; 3 - Po rutwicy wschodniej/ After goat rue; 4 - Po odłogu klasycznym/ After abandoned land; 5 - Po rutwicy ze stokłosą/ After mixture of goat rue and bromegrass; 6 - Po stokłosie bezostnej/ After bromegrass

Rys. 3. Stężenie potasu (K) w wodach gruntowych po przywróceniu do użytkowania rolniczego gleb wyłączonych z produkcji rolniczej [$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$]

Fig. 3. Potassium (K) concentrations [$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$] in groundwater after soil recovery for agricultural production

Na stężenia potasu analizowanych w wodach gruntowych również znaczący wpływ wywarły warunki meteorologiczne oraz sposób wyłączenia gleb z produkcji rolniczej. Największa zmienność stężeń K (rys. 3) wystąpiła w roku najwilgotniejszym na stanowisku po mieszance rutwicy ze stokłosą (różnica między min. i max - $2,8 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) oraz po rutwicy w czystym siewie (różnica między min. i max - $3,0 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$). Spośród gleb ponownie zagospodarowanych najmniejsze stężenia K występowały w wodach gruntowych na stanowisku po roślinie jednorocznej - minimalne $0,4 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ (rok 2006/2007), średnie

roczne (w kolejnych latach odpowiednio: 1,1; 1,1; 1,0 mg·dm⁻³) oraz średnio z 3 lat (1,1 mg·dm⁻³). Taki sposób ugorowania pozostawia stosunkowo dobre stanowisko, lecz w przypadku ponownego zagospodarowania wymaga większego nawożenia potasem. Podobnie małe stężenia K wystąpiły w wodach gruntowych na stanowisku po odłogu klasycznym - średnie roczne (w kolejnych latach: 1,1; 1,2; 1,3 mg·dm⁻³) i średnio z 3 lat (1,2 mg·dm⁻³). Zaś największe stężenia K zarówno maksymalne (odpowiednio w kolejnych latach: 3,0; 4,7; 3,3 mg·dm⁻³), jak i średnie z wielolecia wystąpiły po ugorze obsianym mieszanką rutwicy i stokłosa (2,8 mg·dm⁻³), wskazuje to na największe jego zakumulowanie w glebie w okresie wieloletniego ugorowania w tej formie, a następnie po ponownym zagospodarowaniu rolniczym uwalnianie go w ilościach większych niż potrzeby pokarmowe uprawianych roślin.

Wnioski

1. Poziom zanieczyszczenia wód gruntowych w glebach przywróconych do ponownego użytkowania rolniczego związkami azotu, fosforu i potasu był ściśle uzależniony od sposobu ich ugorowania i odłogowania oraz od aktualnych warunków meteorologicznych.
2. Przedplonowy wpływ na jakość wód gruntowych (stężenie NPK) testowanych sposobów odłogowania i ugorowania gleb był widoczny jeszcze w trzecim roku po ponownym ich zagospodarowaniu.
3. W pierwszym, drugim oraz trzecim roku po ponownym zagospodarowaniu gleb największe zagrożenie zanieczyszczenia wód gruntowych azotem mineralnym stwierdzono na stanowiskach po ugorach czarnym i po obsiewanym rośliną jednoroczną.
4. Stosowanie odłogu klasycznego jako formy wyłączenia gleb z użytkowania rolniczego, po przywróceniu ich uprawy powoduje największe obciążenie fosforem wód gruntowych, najmniejsze zaś w przypadku wyłączenia w formie odłogu obsianego rośliną jednoroczną.
5. Stwierdzenie największych stężeń potasu w wodach gruntowych na stanowiskach po wieloletnim utrzymaniu gleb w postaci ugorów obsianych rutwicą wschodnią oraz mieszanką trawy i rośliny motylkowatej sugeruje możliwość zmniejszenia nawożenia tym składnikiem w porównaniu do innych form wyłączenia gleb z użytkowania rolniczego.

Podziękowania



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Badania realizowano w ramach projektu badawczego MNiI nr 2 P06R 061 28. Autorka Ilona Joanna Świtajska otrzymała stypendium współfinansowane przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego. / The research was a part of a research project MNiI nr 2 P06R 061 28.

Autorka Ilona Joanna Świtajska otrzymała stypendium współfinansowane przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego. / Author Ilona Joanna Świtajska was supported by the European Union within the European Social Fund.

Literatura

- [1] Koc J, Szymczyk S, Wojnowska T, Szyperek U, Skwierawski A, Ignaczak S, Sienkiewicz S. Zesz Probl Post Nauk Roln. 2002;484:265-274.
- [2] Chylińska E. Zesz Probl Post Nauk Roln. 2003;492:47-58.
- [3] Nowicki J, Marks M, Makowski P. Fragm Agron. 2007;24(4):48-57
- [4] Marks M, Nowicki J. Fragm Agron. 2002;2(74) XIX: 79-86
- [5] Ignaczak S, Wojciechowska W. Post Nauk Roln. 1992;4:21-32.
- [6] Ilnicki P. Przegl Komunal. 2002;2:35-45.
- [7] Cymes I, Szymczyk S. Nawozy i Nawożenie. 2004;2(19):9-19.
- [8] Szymczyk S. Chem Inż Ekol. 2004;11(S4):399-406.
- [9] Szymczyk S. J Elementol. 2010;15(1):189-211.
- [10] Szymczyk S. Ecol Chem Eng. 2010;17(2-3):233-247.

GROUNDWATER LOAD OF BIOGENIC COMPOUNDS AFTER RESTORING THE SOIL TO AGRICULTURAL USE

Department of Land Reclamation and Environmental Management, University of Warmia and Mazury in Olsztyn

Abstract: In 1996-2008 years on the Olsztyn Lakeland in the village of Knopin were carrying out research above the influence of restoring the agricultural production the fallow and abandoned soils to the quality of groundwaters. The research of soil, which was excluded from agricultural use in 1996 in various forms as abandoned land, as bare fallow and fallow sown with annual plant, perennial legumes (goat rue - *Galega orientalis*), a mixture of legumes and grass (goat rue and brome grass) and grass (brome grass - *Bromus inermis* Leyss.). Groundwater samples were collected once a month and analyzed to determine: mineral nitrogen (total of N-NO₃, N-NH₄ and N-NO₂), phosphorus and potassium. As a result of examinations carried out, it was found that mineral nitrogen, total phosphorus and potassium concentration in groundwaters was affected the method of long-term exclusion of soils from agricultural use and meteorological conditions especially precipitations and the air temperature, which modified the water cycle and of nutrients in the soil environment. The obtained results indicate that the income of long-term excluding the soil from the agricultural production had been visible still in the third year after another for developing them. It also detected that the biggest groundwaters pollution with mineral nitrogen was on the soil in various forms of bare fallow and fallow sown with annual plant. The sowing of a perennial legumes (goat rue) as form excluded from agricultural use proved to be the most effective method of protecting groundwaters before total phosphorus.

Keywords: groundwater, fallowed land, nitrogen, phosphorus, potassium