

Kazimierz PIEKUT, Henryk PAWŁAT

Katedra Przyrodniczych Podstaw Melioracji SGGW

Wymywanie składników chemicznych z gleb użytków rolnych do wód gruntowych

Wstęp

Poziom migracji składników pokarmowych z gleb do wód gruntowych jest jednym z ważniejszych wskaźników oceny równowagi ekosystemów. Określa jednocześnie wpływ działalności antropogenicznej na jakość wód podziemnych (Hallberg 1986). Istnieje wiele metod oceny i badań wymywania składników chemicznych z gleby do wód gruntowych. Większość z nich dotyczy wymywania potencjalnego, a nie rzeczywistego dla warunków polowych (Gee i in. 1991).

W niniejszej pracy przedstawiono przegląd literatury dotyczącej ważniejszych czynników wpływających na wymywanie składników chemicznych z gleb użytków rolnych do wód gruntowych i metod badań.

Przemieszczanie wody i składników chemicznych do wód gruntowych

Procesy przepływu wody i związków chemicznych w glebach są bardzo złożone. Dotychczasowe opracowania w większości dotyczą badań w warunkach

laboratoryjnych. Teorie w tym zakresie są mało precyzyjne dla warunków polowych (Feyen i in. 1995).

Ogólnie ujmując – podstawowym warunkiem przemieszczania składników pokarmowych w strefie nienasyconej gleby do wód gruntowych jest występowanie ich w formie rozpuszczalnej oraz ruch wody w dół. Aby taki ruch nastąpił, opady muszą przekroczyć ewapotranspirację, odpływ powierzchniowy i podpowierzchniowy oraz pojemność wodną gleby. W zależności od różnicy pomiędzy polową pojemnością wodną a aktualną zawartością wody w glebie możemy wyróżnić generalnie dwa typy ruchu wody w glebie i związane z nim przemieszczanie się składników chemicznych: wymywanie i kapilarne podnoszenie.

Wymywanie składników chemicznych występuje wówczas, kiedy zawartość wody w glebie jest wyższa niż jej pojemność polowa, a nadmiar jej przepływa do niższego poziomu gleby. Woda ta pozostaje w nim przez pewien krótki czas, podczas którego następuje zrównoważenie potencjałów i stężenia jonów wody opadowej z wodą glebową. Stopień zrównoważenia zależny jest od czasu

przebywania wody z opadu w poszczególnych warstwach gleby, a co z kolei w dużym stopniu zależne jest od wielkości porów i kanałów, przez które przepływa woda, jak i ilości wody. Przemieszczanie się wody na drodze grawitacyjnej ustaje, z chwilą gdy aktualna wilgotność gleby osiągnie wartość polowej pojemności wodnej. Dalsze przemieszczanie się wody i składników zachodzi na drodze kapilarnej. Głębokość, na jaką występuje przemieszczanie się wody i rozpuszczonych w niej składników chemicznych, zależy od wielkości i intensywności opadu oraz zdolności retencyjnych gleby. Gleby lekkie są w stanie zatrzymać około 80 mm wody w metrowej warstwie, natomiast zwięzłe gleby ilaste i pylaste nawet powyżej 200 mm wody (MAFF 1993).

W warunkach kiedy ewapotranspiracja przewyższa opady atmosferyczne, występuje kapilarny ruch wody i składników chemicznych ku górze. Wysokość podnoszenia spowodowana jest porowatością gleby, siłą ssącą roślin i głębokością korzenia się roślin.

Normalnie uprawiana gleba z reguły jest układem heterogenicznym, w którym oprócz przepływu kapilarnego we wszystkich kierunkach, zgodnie z różnicą ciśnień, zachodzi grawitacyjny przepływ wody przez makropory, szczeliny, spękania oraz kanały bytowania zwierząt i otwory po obumarłych roślinach. Czynniki te stymulują migrację składników chemicznych do głębszych warstw gleby.

Zabiegi uprawowe, takie jak orka, oraz czynniki klimatyczne, jak zamarzanie, rozmarzanie, okresy suszy – sprzyjają tworzeniu się układu heterogenicznego

gleby, a zatem grawitacyjnemu przepływowi wody. Wtedy woda opadowa przepływa do niższych poziomów, nie nasycając połowej pojemności wodnej warstw górnych (Kosmas i in. 1991; Bootlink 1993). Jest to szczególnie widoczne, gdy po okresie suszy następuje intensywny opad burzowy.

Booltink i Bouma (1991) stwierdzili, że w glebie zwięzłej 52% wody przepływa przez duże przestwory, kanały i szczeliny. Najczęściej ocenia się, że w większości gleb tą drogą do głębszych poziomów przepływa 20%–50% wody z opadu (Jabro i in. 1991).

Wpływ agrotechniki na wymywanie składników

Wszystkie zabiegi agrotechniczne działające na zmianę właściwości fizycznych gleby, procesów fizykochemicznych oraz biologicznych (Knight i in. 1992) pośrednio wpływają także na gospodarkę wodną gleby i przemieszczanie się wody w profilu glebowym, uwalnianie się i przemieszczanie składników pokarmowych. Uprawiane rośliny ze względu na właściwości fizjologiczne, potrzeby pokarmowe i wymagania agrotechniczne w znacznym stopniu oddziałują na powyższe procesy.

W badaniach nad wymywaniem składników ze strefy korzeniowej roślin najczęściej prac poświęcono azotanom z uwagi na powszechność ich występowania, łatwość przemieszczania w glebie, szkodliwy wpływ na jakość wód pitnych i przyjęte (WHO i EWG) dopuszczalne zawartości w wodzie pitnej ok. 50 mg/l (Duynisveld i in. 1988). Ze względu na mniejszą szkodli-

wość i znacznie mniejsze wymywanie mniej badań prowadzi się nad innymi składnikami pokarmowymi.

W procesach wymywania składników chemicznych największy wpływ mają czynniki atmosferyczne. Decydują one zarówno o przemieszczaniu się wody w glebie, jak również o tempie mineralizacji substancji organicznych i wzroście roślin. W występowaniu wymywania krytyczny jest okres jesienno-zimowy, kiedy to opady przekraczają ewapotranspirację. Uprawa roślin ozimych oraz poplonów ozimych, zwiększających ewapotranspirację i pobieranie składników, znacznie redukuje wymywanie (Torstensson 1993). Oprócz ogólnej ilości opadów decydującym czynnikiem jest ich rozkład i intensywność, szczególnie po okresie suszy, kiedy to rośliny są w stresie lub opady wystąpią po zbiorze roślin, a przepływająca woda łatwo wypłukuje nie pobrane składniki (Webster i Dowdell 1984).

Płytsza i mniej intensywne uprawa, zmniejszająca areację roli, przyczynia się do obniżenia mineralizacji i zmniejsza wymywanie składników (Herzog i Konrad 1992). Eliminacja orki i wykonywanie siewów bezpośrednich istotnie obniża wymywanie azotanów w porównaniu z siewami konwencjonalnymi (Colbourne 1985; Levanon i in. 1993). Pozostawienie pola bez roślin pobierających wodę i składniki pokarmowe, szczególnie po przedplonach, które pozostawiają duże ilości bogatej w azot substancji organicznej i wystąpieniu warunków do jej szybkiej mineralizacji, przyczynia się do wymywania znacznych ilości azotanów. Zjawisko to jest powszechne przy zaory-

waniu roślin motylkowych, wieloletnich i użytków przemiennych (Cameron i Wild 1984), a także w czasie ich przesiewania i odnawiania (Geron i in. 1993).

W celu ograniczenia wymywania składników zaleca się opóźnienie uprawy do późnej jesieni lub nawet do wiosny i wysiew roślin pobierających duże ilości składników, szczególnie azotu (Unwin 1988). Przy wcześniejszym zbiorze roślin przedplonowych i wysiewie roślin jarych późniejszego siewu pożądana jest uprawa poplonów "catch crops", które redukują ruch wody i składników w głąb profilu glebowego (Jaggard i Armstrong 1993; Shepherd i May 1993). Bilans składników i substancji organicznej należy sporządzić nie w układzie: przedplon – roślina następcza, ale dla całej rotacji płodozmianu (Watson i in. 1993, 1994).

Cechy fizjologiczne i wymagania agrotechniczne roślin odgrywają ważną rolę w ich przydatności do uprawy na terenach zasilania wód podziemnych. Trawy pobierające duże ilości wody i składników pokarmowych obniżają ryzyko zanieczyszczenia wód (MAFF 1993). Ponadto zwarty system korzeniowy ogranicza areację gleby, co sprzyja akumulacji azotu w glebie, a także denitryfikacji. Ryzyko to może jednak wystąpić na intensywnie nawożonych użytkach zielonych (Pawłat 1991; Watts i in. 1991). Ważny jest nie tylko poziom nawożenia, ale także jego sposób i użytkowanie. Nawet przy wysokim, lecz podzielonym na mniejsze dawki nawożeniu mineralnym można ograniczyć wymywanie. Stosowanie nawozów słabiej rozpuszczalnych ogranicza także ryzyko szybkiego przemieszczania się składników poza zasięg systemu korzeniowego, jedno-

częściej zapewnia roślinom dostęp do składników przez dłuższy okres.

Rośliny okopowe, zwykle intensywnie nawożone i uprawiane na oborniku, powodują znaczne wymywanie składników. Stosowanie nierozłożonego, słomianego obornika, rozkładającego się intensywnie po zbiorze roślin, nasila to zjawisko. Uwalniane składniki w okresie jesienno-zimowym wymywane są w znacznych ilościach poza zasięg systemu korzeniowego. Dotyczy to szczególnie azotu, zwłaszcza na glebach lekkich. Ponadto rośliny okopowe pozostawiają szybko rozkładające się pozostałości, a przy ich wykopywaniu wierzchnia warstwa gleby jest intensywnie napowietrzana. Stosowanie przekompostowanego obornika i uprawa odmian o dłuższym okresie wegetacji, zbieranych później, i wcześniejszy wysiew roślin jarych mogą ograniczyć zjawisko wymywania. Przy wcześniejszym zbiorze należy uprawiać rośliny ozime lub wysiewać poplony.

Ozime rośliny zbożowe pobierające wodę i składniki pokarmowe w okresie największego zagrożenia wymywaniem znacznie lepiej chronią przed zanieczyszczeniem w porównaniu do zbóż jarych, szczególnie późniejszego siewu (Cameron i Wild 1984).

Metody badań przemieszczania się składników chemicznych w glebie

Aby ocenić ilość składników chemicznych migrujących z gleby, należy dokonać pomiaru ilości wody odpływającej i koncentracji w niej składników chemicznych. Generalnie można wyróżnić trzy

metody badań nad wymywaniem składników (Grimme 1984):

- **Badanie rozmieszczenia składników w profilu glebowym przez wykonanie odwiertów i ekstrakcje rozpuszczalnych składników przez wytrząsanie lub odwirowywanie próbek gleby.** Metoda ta jest szczególnie przydatna w warunkach głębokiego zalegania wód gruntowych. Wykonując takie wiercenia w cykliczny sposób, co kilka lat, możemy prześledzić przemieszczanie się składników w profilu glebowym w czasie (Foster i in. 1986). Wykonywanie odwiertów na głębokość 1–2 m jest stosunkowo łatwe i powszechnie stosowane. Obejmuje jednak strefę fluktuacji i nie jest dokładnym wskaźnikiem przemieszczania się składników poza zasięg systemu korzeniowego roślin, gdyż niektóre rośliny uprawne przy wystąpieniu kapilarnego podnoszenia mogą pobierać wodę ze znacznie głębszych poziomów. Głębokie wiercenia wymagają kosztownego sprzętu. Przy tej metodzie bardzo pomocna jest znajomość historii pola, gdyż pozwala wyjaśnić również tempo przemieszczania się składników w strefie nienasyconej.

- **Badania lizymetryczne powszechnie stosowane do oceny gospodarki wodnej roślin** (Łabędzki 1989), gospodarki pokarmowej (Smoroń 1983; Ruszkowska i Warchołowska 1988) oraz wymywania składników (Smoroń 1989; Ruszkowska i in. 1989; Pawłat i in. 1990; Pawłat 1991).

Badania lizymetryczne są najbardziej odpowiednią metodą w przypadku gleb lekkich, mniej gleb zwięzłych (Unwin 1988). Oddzielnym zagadnieniem jest

wielkość lizymetrów i sposób pobierania monolitów glebowych bądź formowania profilów glebowych. Trawy są bardziej dogodne do badań lizymetrycznych. W przypadku roślin polowych wymagane są większe i głębsze lizymetry, a więc bardziej kosztowne. Przy dużych lizymetrach profile glebowe formowane są najczęściej przez umieszczanie gleby warstwa po warstwie, co znacznie zmienia warunki przepływu wody w porównaniu do profilu nienaruszonego (Bergström 1987). W naruszonym profilu glebowym zmieniają się procesy glebowe i warunki wzrostu roślin, co również wpływa na uzyskane wyniki i możliwości odniesienia ich do warunków naturalnych. W badaniach lizymetrycznych mierzona jest cała woda przepływająca, natomiast w warunkach polowych woda ta może być zmagazynowana w podglebiu i pobrana przez rośliny w okresach niedoborów wody (Jansson i Thoms 1986).

• **Pobieranie prób roztworu glebowego przy użyciu sączków ssących.** Najczęściej stosuje się sączki ceramiczne, chociaż używa się także wykonane z tlenku glinu, spiekanego szkła, nylonu, PCV, teflonu i perforowanej stali (Smith i Carsel 1986). Istotą tej metody jest to, że poprzez porowate sączki w wyniku użytego podciśnienia zasysana jest woda glebowa. Przepływ wody w profilu glebowym oznacza się na podstawie bilansu wodnego (Herzog i Konrad 1992). Podstawy tej metody zostały opisane już na początku XX w. (Briggs i McCall 1904). Cały zestaw do poboru próbek składa się z trzech części: sączka ssącego, butli i pojemnika ssącego. Zaletą tej metody jest prosta instalacja i niewielkie naruszenie

profilu glebowego. Istnieje wiele sposobów instalowania (Litaor 1988). Najłatwiej jest umieścić sączek w otwór wywiercony w profilu glebowym o podobnym przekroju. W celu zapewnienia dobrego kontaktu sączka z glebą stosuje się uszczelnianie różnym materiałem (Barbee i Braun 1986). Przed umieszczeniem nowego sączka zaleca się przepłukanie go w rozcieńczonym kwasie (Litaor 1988). Jest to zalecane szczególnie w przypadku oznaczania mikroelementów (Creasey i Dreiss 1988).

Przy interpretacji uzyskanych wyników należy uwzględnić i ocenić metodami statystycznymi zmienność właściwości fizykochemicznych badanego poletka, obszaru i badanej głębokości. Najbardziej reprezentatywne wyniki uzyskuje się w glebach drobnoziarnistych, homogenicznych (Grossmann i Udluft 1991). Na glebach heterogenicznych woda pobierana jest głównie z większych porów (Bottcher i in. 1984). Aby tego uniknąć należy używać mniejszego podciśnienia i pobierać małe próbki w krótkich odstępach czasu. Na glebach o dobrej strukturze, gdzie po opadach woda przepływa głównie poprzez makropory, wyniki różnią się znacznie od wyników uzyskanych przy użyciu płytek ssących (Barbee i Braun 1986). Różnice te dotyczą również składu chemicznego pobranej próbki. Na skład chemiczny pobieranych próbek wpływają również procesy sorpcji i precypitacji niektórych związków chemicznych na powierzchni sączka (Hansen i Harris 1975) oraz pH i rodzaj sączka (Grossmann i Udluft 1991). Przy ocenie rzeczywistego wymywania istotnym zagadnieniem jest uwzględnienie wzrostu korzeni w dół przy ustalaniu głębokości

umieszczania sączków w glebie i pobieraniu próbek wody. W początkowym okresie wzrostu roślin próbki wody można pobierać z płytszych poziomów, w miarę wzrostu korzeni zaś należy zwiększać głębokość umieszczania sączków (Addiscott i Darby 1991).

W ostatnich latach rozwój technik komputerowych w coraz większym stopniu umożliwia opracowanie modeli pozwalających symulować wielkość odcieków i ilość składników wymywanych ze strefy korzeniowej roślin. Dokładność uzyskanych tą drogą wyników zależy od wartości danych użytych do modelu i złożoności samego modelu (Boesten i in. 1991; Feddes i in. 1988).

Wnioski

1. Wymywanie składników chemicznych z gleb użytków rolnych do wód gruntowych zależy głównie od ilości i rozkładu opadów atmosferycznych, ewapotranspiracji, zdolności retencyjnej gleby, występowania w niej makroporów, szczelin, spękań i kanałów.

2. Na przemieszczanie się składników chemicznych z wodą w głąb profilu glebowego bardzo duży wpływ ma stosowana agrotechnika. Do obniżania się migracji biogenów przyczynia się płytsza i mniej intensywna uprawa roli, stosowanie nawozów mniej rozpuszczalnych, uprawa roślin ozimych i traw oraz poplonów. Wymywanie składników stymuluje intensywne nawożenie mineralne, stosowanie obornika, uprawa roślin okopowych oraz pozostawianie pola bez roślin.

3. Istnieje wiele metod badań i oceny wymywania składników chemicznych z

gleby do wód gruntowych. Otrzymywane wyniki w metodach badań lizymetrycznych w większości wypadków nie charakteryzują wymywania właściwego dla normalnie uprawianych obszarów. Stosowane metody polowe również nie w pełni odzwierciedlają rzeczywiste wymywanie, a wyniki uzyskuje się w znacznym stopniu w pośredni sposób. Większość metod poboru próbek wody dla oznaczania koncentracji składników chemicznych obejmuje wodę kapilarną, pomija się natomiast wodę przepływającą poprzez makropory, szczeliny i spękania w glebie, jak również kanały po dżdżownicach i obumarłych korzeniach.

4. Dla oznaczania stopnia wymywania na podstawie ich rozmieszczenia w profilu glebowym próbki do analiz należy pobierać również z głębszych poziomów, poniżej zasięgu oddziaływania najgłębiej korzeniących się w rotacji roślin.

Literatura

- ADDISCOTT T. M., DARBY R. J. 1991: *Relating the nitrogen fertilizers needs of winter wheat crop to the soil's mineral nitrogen. Influence of the downward movement of nitrate during winter and spring*. J. Agric. Sci. 117; 239–249.
- BARBEE G. C., BROWN K. W. 1986: *Comparison between suction and free-drainage solution samplers*. Soil. Sci. 141; 149–154.
- BERGSTRÖM L. 1987: *Nitrate leaching and drainage from annual and perennial crops in tile-drained plots and lysimeters*. J. Environ. Qual. Vol. 16, no 1; 11–18.
- BOESTEN J. J. T. I., LINDEN A. M. A. 1991: *Modelling the influence of sorption and transformation on pesticide leaching and persistence*. J. Environ. Quality 20; 425–435.
- BOOLTINK H. W. G. 1993: *Field monitoring of nitrate leaching and water flow in a structured clay soil*. In: H. W. G. Booltink (ed):

- Morphometric methods for simulation of water flow.* Wageningen (S.I.: s.n.) I 11; 109–128.
- BOOTLINK H. W. G., BOUMA J. 1991: *Physical and morphological characterization of bypass flow in a well structural clay soil.* Soil and groundwater research report II. Nitrate in soils. Commission of the European Communities. Brussels–Luxembourg; 101–113.
- BOTTCHER A. B., MILLER L. W., CAMPBELL K. L. 1984: *Phosphorus adsorption in various soil-water extraction cup materials: effect of acid wash.* Soil Sci. 137; 239–244.
- BRIGGS L. J., McCALL A. G. 1904: *An artificial root for inducing capillary movement of soil moisture.* Science 20; 566–569.
- CAMERON K. C., WILD A. 1984: *Potential aquifer pollution from nitrate leaching following the plowing of temporary grassland.* J. Environ. Qual. 13; 274–278.
- COLBOURNE P. 1985: *Nitrogen losses from the field: denitrification and leaching and intensive winter cereal production in relation to tillage method of a clay soil.* Soil use management. 1; 117–120.
- CREASEY C., DREISS S. J. 1988: *Porous cup samplers: cleaning procedures and potential sample bias from trace element contamination.* Soil. Sci. 145; 93–101.
- DUYNISVELD W. H. M., STREBEL O., and BOTTCHER J. 1988: *Are nitrate leaching from arable land and nitrate pollution of groundwater avoidable?* Ecological Bulletins 39; 116–125.
- FEDDES R. A., KABAT P. van BAKEL P. J. T., BRONSWIJK J. J. B., HARBERTSMA J. 1988: *Modeling soil water dynamics in the unsaturated zone – state of the art.* J. Hydrology 100; 69–100.
- FEYEN J., VANCLOOSTER D., MALLANTS D., DIELS J. 1995: *Physical aspects of solute transport in soils.* Mat. wykład. w programie Tessa "Ochrona i zrównoważony rozwój środowiska" (maszynopis).
- FOSTER S. S. D., BRIGDE L. R., GEAKE A. K., LAWRENCE A. R. PARKER J. M. 1986: *The groundwater nitrate problems. A summary of research on the impact of agricultural land-use practices on groundwater quality between 1976 and 1985.* Oxfordshire British Geological Survey, Natural Environment Research Council. Hydrogeological Report 86/2.
- GEE G. W., KINCAID C. T., LENHARD R. J., SIMMONS C. S. 1991: *Recent studies of flow and transport in the vadose zone.* Review of Geophysics, supplement; 227–239.
- GERON C. A., DANNEBERGER T. K., TRAINA S. J., LOGAN T. J., STREET J. R. 1993: *The effects of establishment methods and fertilization practices on nitrate leaching from turf-grass.* J. Environ. Quality. 22; 119–125.
- GRIMME H. 1984: *Inorganic Nitrogen Losses through leaching and denitrification in soils of the Humid Tropics.* In: Proceedings of Symposium on "Nitrogen management in Farming Systems in Humid and Subhumid tropics, held at the International Institute of Tropical Agriculture (I. I. T. A.), Ibadan, Nigeria, October 23–26; 57–72.
- GROSSMANN J., UDLUFT P. 1991: *The extraction of soil water by the suction – cup method: a review.* J. Soil. Sci. 42; 83–93.
- HALLBERG R. G. 1986: *From hoes to herbicides. Agriculture and groundwater quality.* J. Soil. and Water Cons. Nov.-Dec.; 357–363.
- HANSEN E. A., HARRIS A. R. 1975: *Validity of soil-water samples collected with porous ceramic cups.* Soil Sci. Society of America Proceedings 39; 528–536.
- HATANO R., BOOLTING H. W. G., 1992: *Using fractional dimensions of stained flow patterns in a clay soil to predict bypass flow.* J. Hydr. 135: 121–131.
- HENG L. K., WHITE R. E., BOLAN N. S., SCOTTER D. R. 1991: *Leaching losses of major nutrients from a mole-drained soil under pasture.* New Zealand J. Agricul. Resarch. 34; 325–334.
- HERZOG H., KONRAD R. 1992: *Nitrogen Movement in an Arable Sandy Soil and Ways of Reducing Nitrogen Losses-Preliminary Results.* J. Agronomy and Crop Sci. 169; 135–143.
- JABRO J. D., LOTSE E. G., SIMMONS K., BAKER D. E. 1991: *A field study of macropore flow under saturated conditions using a bromide tracer.* J. Soil and Water Cons. 46(5); 376–380.
- JAGGARD K., ARMSTRONG M. 1993: *Catch Cropping Before Beet – The Practicalities British Sugar Beet Review.* 61/2; 19–22.
- JANSSON P. E., THOMS C. 1986: *Simulated and measured water dynamics of unfertilized and*

- fertilized barley. *Acta Agric. Scand.* 36; 162–172.
- KNIGHT D., ELLIOT P. W., ANDERSON J. M., SCHOLEFIELD D. 1992: *The role of earthworms in managed, permanent pastures in Devon, England.* *Soil Biol. Bioch.* 24; 1511–1517.
- KOSMAS C., MOUSTAKAS N., KALLIANOU C., YASSOGLOU N. 1991: *Cracking Patterns. Bypass flow and Nitrate Leaching in Greek Irrigated Soils.* In *Soil And Groundwater Research Report II.* Commission of the European Communities, Brussels.-Luxembourg; 141–147.
- LEVANON D., CODLING E. E., MEISINGER J. J., STARR J. L. 1993: *Mobility of agrochemicals through soil from two tillage systems.* *J. Environ. Qual.* 22; 155–161.
- LITAOR M. J. 1988: *Review of soil solution samplers.* *Water Resources Research* 24; 727–733.
- ŁABĘDZKI L. 1989: *Evaluation of the applicability of some climatic indices of potential evapotranspiration in the determination of actual evapotranspiration of meadow in the lower Vistula Valley.* *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 369; 99–105.
- MAFF 1993: *Monitoring of Nitrate Concentrations In Water Draining from Subsoil. Pilot Nitrate Sensitive Areas Scheme.* Information and Advice for Farmers.
- PAWŁAT H. 1991: *The effect of diversified habitat condition and biology features of plant on the migration of the chemical components from meadow rhizosphere to the ground waters.* *Zesz. Nauk. AGH. Sozologia i Sozotechnika.* 31; 161–169.
- PAWŁAT H., KOC G., ZIELENIEWSKA-STAREGA Z. 1990: *Wpływ intensywnego nawożenia gnojowicą na zawartość składników chemicznych w wodzie odciekającej z ryzosfery zbiorowisk trawiastych.* *Rocz. Nauk Roln.* F. 82 1/2; 115–122.
- RUSZKOWSKA M., WARCHOŁOWSKA M. 1988: *Results of investigations on nutrient balance in a lysimetric experiment (1977–1985).* Institute of Soil Science and Cultivation of Plants Puławy: IUNG, S 61; 30.
- RUSZKOWSKA M., RĘBOWSKA Z., KAPUSTA A., SYKUT S., KUSIO M. 1989: *Pobieranie mikroelementów przez rośliny i wymywanie ich z gleby w zależności od rodzaju gleby, poziomu nawożenia i nawadniania.* *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 325; 37–40.
- SHEPHERD M., MAY M. 1993: *Establishing nitrogen catch crops: British Sugar Beet Review.* 61/2; 13–16.
- SMITH C., CARSEL R. F. 1986: *A stainless-steel soil solution sampler for monitoring pesticides in the vadose zone.* *Soil Science Society of Amer. J.* 50; 263–265.
- SMOROŃ S. 1983: *Bilans składników pokarmowych na łące i na polu.* *Wiad. Melior. R.* 26 nr 1; 11–13.
- SMOROŃ S. 1989: *Bilans podstawowych składników pokarmowych łąki w warunkach lizymetrycznych, ze szczególnym uwzględnieniem strat przez wymywanie.* *Zesz. Nauk AR Kraków. Sesja Nauk. z.* 22; 305–314.
- TORSTENSSON G. 1993: *Critical Periods for Nitrogen Leaching in Ecological Agriculture. Workshop on Nitrogen Leaching in Ecological Agriculture.* KVL. Denmark, Oct. 12–15.
- UNWIN R. J. 1988: *Nitrate loss from agricultural land. A review of experimental work.* ADAS. Cropping Services; 1–71.
- WATTS D. G., HERGERT G. W., NICHOLS J. T. 1991: *Nitrogen leaching losses from irrigated orchardgrass on sandy soils.* *J. Environ. Quality.* 20; 355–362.
- WATSON C. A., FOWLER S. M., WILMAN D. 1993: *Soil inorganic-N and nitrate leaching on organic farms.* *J. Agric. Sci.* 120; 361–369.
- WATSON C. A., FOLWER S. M. 1994: *Purchases and Sales of N, P and K, Soil Inorganic N and Nitrate Leaching on an Organic Horticultural Holding.* *Biological Agriculture and Horticulture* 10; 189–195.
- WEBSTER C. P., DOWDELL R. J. 1984: *Effect of different drought and irrigation on the fate of nitrogen applied to cut permanent grass sward in lysimeters: – leaching losses.* *J. Sci. Fd. Agric.* 35; 1105–1111.

Summary

Leaching of chemical components from agricultural land to the groundwater and methods of study. The review of papers concerning major factors effecting leaching on agricultural lands and methods of studies has been presented.

Leaching of chemical components from agricultural land to the groundwater is determined by

amount and distribution of precipitation, evapotranspiration, soil water storage capacity, and occurrence in soil makropores, fissures, cracks, root's and earthworm's channels.

Applied soil and plant cultivation methods have an effect of nutrients leaching. Reduced soil tillage, applications of less soluble fertilizers, winter crops, grass and catch crops cultivation decrease leaching of nutrients. High level of fertilization, application of manure, row crop cultivation and leaving soil without plant coverage foster leaching of nutrients. Most of the applied methods of leaching studies not fully represent real leaching

for field conditions because of preferential water movement through makropores, fissures, cracks, root's and earthworm's channels.

Authors' address

K. Piekut, H. Pawłat

Warsaw Agricultural University – SGGW

02-787 Warszawa, ul. Nowoursynowska 166

Poland