

Wpłynęło 25.10.2016 r.  
Zrecenzowano 20.12.2016 r.  
Zaakceptowano 27.01.2017 r.  
A – koncepcja  
B – zestawienie danych  
C – analizy statystyczne  
D – interpretacja wyników  
E – przygotowanie maszynopisu  
F – przegląd literatury

# WYMYWANIE MAKROSKŁADNIKÓW Z GÓRNYCH WARSTW PROFILU GLEBOWEGO ŁĄKI GÓRSKIEJ W WARUNKACH ZRÓŻNICOWANEGO NAWOŻENIA

**Piotr KACORZYK** ABCDEF

Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Wydział Rolniczo-Ekonomiczny, Instytut Produkcji Roślinnej, Zakład Łąkarstwa

## Streszczenie

Celem pracy było określenie wpływu zróżnicowanego nawożenia łąki górskiej na ilość wymytych makroskładników z dwóch poziomów glebowych (15 i 40 cm). Doświadczenie obejmowało sześć wariantów w trzech powtórzeniach; badania prowadzono w latach 2012–2014. Wodę do analiz laboratoryjnych pobierano w trzech różnych okresach: intensywnej wegetacji roślin, spowolnionej wegetacji roślin i pozawegetacyjnym. Ilość wyniesionych składników nawozowych z wodami odciekowymi była uzależniona od głębokości profilu glebowego. Na ilość wymytego z gleby azotu i potasu wpływały również nawożenie i sposób aplikacji dawki azotu. Duże ilości azotu i fosforu wynoszone z gleby w okresie pozawegetacyjnym wynikały z mineralizacji materii organicznej, braku pobierania tych składników z roztworu glebowego przez system korzeniowy oraz zwiększonej objętości odcieków w tym okresie.

**Słowa kluczowe:** łąka, nawożenie, składniki nawozowe, woda przesiąkowa, wymywanie

## WSTĘP

Na zanieczyszczenie wód według GARDNERA i in. [2002] znaczący wpływ ma działalność rolnicza. Nieracjonalne stosowanie nawozów i środków ochrony roślin na użytkach rolnych może powodować skażenie gleb i wód. Częstym zagrożeniem jakości wód jest eutrofizacja [SOSZKA 2009]. Skuteczną metodą ograniczającą proces eutrofizacji jest minimalizowanie antropogenicznego dopływu biogenów do

**Do cytowania For citation:** Kacorzyk P. 2017. Wymywanie makroskładników z górnych warstw profilu glebowego łąki górskiej w warunkach zróżnicowanego nawożenia. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 17. Z. 1 (57) s. 53–61.

wód. Zdaniem KANIUCZAKA i AUGUSTYN [2011] spływy powierzchniowe z terenów rolniczych dostarczają do rzek 65% związków azotu.

Podstawowym dokumentem Unii Europejskiej w sprawie ochrony wód przed zanieczyszczeniami pochodzenia rolniczego jest tzw. dyrektywa azotanowa [Dyrektywa 91/676/EWG]. Ma ona na celu ochronę jakości wód w całej Europie przez zapobieganie przedostawaniu się azotanów do wód gruntowych i powierzchniowych oraz zachęcanie do stosowania dobrej praktyki rolniczej. Zgodnie z rezolucją Organizacji Narodów Zjednoczonych fundamentalnym prawem człowieka jest dostęp do czystej wody. Polskie prawo zobowiązuje do zarządzania zasobami wodnymi w taki sposób, aby zapewnić ludności wodę odpowiedniej ilości i jakości [Ustawa... 2001]. W powyższym kontekście należy zwrócić uwagę na obszary górskie, które w Polsce są głównym źródłem wody dobrej jakości [KOSTUCH 2000].

Celem niniejszych badań była ocena wpływu zróżnicowanego nawożenia łąki górskiej na ładunek składników nawozowych wymywanych z gleby przez wodę odciekową. Dodatkowym elementem tych badań było porównanie ilości tych strat określonych na dwóch głębokościach profilu glebowego.

## MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Badania przeprowadzono w latach 2012–2014 na terenie stacji doświadczalnej Uniwersytetu Rolniczego, znajdującej się w Beskidzie Sądeckim, w paśmie Jaworzyny Krynickiej. Na obiekcie kontrolnym dominowały kostrzewa czerwona (*Festuca rubra* L. s. str.) i mietlica pospolita (*Agrostis capillaris* L.), a na obiektach nawożonych kostrzewa łąkowa (*Festuca pratensis* Huds.) oraz perz właściwy (*Elymus repens* (L.) Gould). Łąka położona była na wysokości 610 m n.p.m. na zboczu o nachyleniu 4° w kierunku NE (20°55'30" E, 49°24'48" N). Średnia ilość opadów atmosferycznych rocznie w okresie badań wynosiła 1007 mm. Na polu doświadczalnym gleba miała skład granulometryczny gliny średniej; sklasyfikowano ją wg WRB jako Haplic Cambisol (Dystric) [PTG 2011]. Przed rozpoczęciem badań gleba charakteryzowała się następującymi właściwościami: pH w KCl = 4,3 mol·dm<sup>-3</sup>, zawartość substancji organicznej równa 2,82%, N ogólnego 0,245%, P, K, Mg odpowiednio 5,07; 62,41; 73,92 mg·kg<sup>-1</sup> s.m. Doświadczenie założono metodą losowanych bloków w 3 powtórzeniach. Zastosowano 6 niżej wymienionych wariantów.

1. Kontrola – bez nawożenia.
2. P<sub>20</sub>K<sub>60</sub> kg·ha<sup>-1</sup>.
3. N<sub>90</sub>P<sub>20</sub>K<sub>60</sub> kg·ha<sup>-1</sup> w proporcji 50% + 50% N.
4. N<sub>90</sub>P<sub>20</sub>K<sub>60</sub> kg·ha<sup>-1</sup> w proporcji 70% + 30% N.
5. N<sub>120</sub>P<sub>20</sub>K<sub>60</sub> kg·ha<sup>-1</sup> w proporcji 50% + 50% N.
6. N<sub>120</sub>P<sub>20</sub>K<sub>60</sub> kg·ha<sup>-1</sup> w proporcji 70% + 30% N.

Azot w formie saletry amonowej (34% N) na wybranych obiektach był stosowany w dwóch częściach. Pierwszą część zastosowano pod I odrost w proporcjach 50% lub 70% dawki azotu, a pod II pokos pozostała część (50% lub 30%). Fosfor w postaci superfosfatu (40% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) i potas w formie soli potasowej (56% K<sub>2</sub>O) stosowano w całości na początku wegetacji. Jesienią 2011 roku zastosowano wapnowanie wapnem tlenkowym z zawartością magnezu (40% CaO, 20% MgO) w ilości 1,5 t·ha<sup>-1</sup> na wszystkie objekty.

Wszystkie badane objekty użytkowano 2-kośnie. Pierwszy odrost zbierano na początku kwitnienia kostrzewy czerwonej, w III dekadzie czerwca, a drugi w I dekadzie września.

Na każdym poletku znajdowały się dwa lizymetry w modyfikacji Szyłowej, umieszczone na głębokości 15 i 40 cm. Służyły one do oceny ilości i składu chemicznego wody odciekowej. Zbiorcza powierzchnia każdego lizymetru była w kształcie koła o promieniu 25 cm. Dna lizymetrów wypełniono żwirem, skąd przez lejkowate dno i rurkę woda spływała do zbiorników, które znajdowały się poza powierzchnią doświadczenia w specjalnie przygotowanym podpiwniczeniu. Ilość wody przesiąkowej oraz jej skład oceniano każdorazowo po jej ukazaniu się w odbieralnikach. W każdym roku badań wyróżniono trzy okresy:

- I od 1.04 do 30.06 (intensywna wegetacja);
- II od 1.07 do 31.10 (powolna wegetacja);
- III od 1.11 do 31.03 (pozawegetacyjny).

Zawartość pierwiastków P i K oznaczono metodą ICP-AES za pomocą aparatu firmy JY 238 Ultrace [JONES, CASE 1990]. Zawartość N-NO<sub>3</sub> oznaczono fotometrem mikroprocesorowym LF-205 firmy Slandi.

Ilość wody odciekowej i wymywanych składników obliczono jako średnie arytmetyczne z okresu trzech lat badań. Ładunki składników wymywanych z gleby w przeliczeniu na hektar obliczono, mnożąc ilość wody przesiąkowej przez zawartość w niej danego składnika.

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie z uwzględnieniem testu NIR na poziomie istotności  $\alpha < 0,05$ , wykorzystując program Statistica 7.

## WYNIKI BADAŃ

Najmniej wody odciekowej odpłynęło z obiektu kontrolnego z profilu glebowego 0–15 cm, było to 302 mm, a z 0–40 cm – 261 mm (tab. 1). Odpływ wody z obiektów nawożonych był większy od kilku do kilkunastu procent w odniesieniu do kontroli. We wszystkich wariantach odpływy z głębszego profilu były mniejsze średnio o 10% od odpływów z profilu płytszego.

**Azot.** Na obiektach kontrolnym i nawożonym łącznie fosforem i potasem większe ilości azotu znajdowały się w wodzie przesiąkowej pochodzącej z płytszego profilu gleby (0–15 cm). Były one ponad 4-krotnie większe od ilości znajdują-

**Tabela 1.** Ilość wody odciekowej oraz makroskładników wyniesionych z wodami odciekowymi z profilu gleby o miąższości 15 i 40 cm w zależności od poziomu nawożenia, średnie z lat 2012–2014

**Table 1.** The load of elements leaching from the soil of 15 and 40 cm depth depending on fertilization level, mean of the years 2012–2014

Wariant Variant	Okres Period	Ilość wody odciekowej, mm Leachate water amount, mm		Ilość składników wyniesionych, kg·ha <sup>-1</sup> Amount of amount components, kg·ha <sup>-1</sup>					
				N-NO <sub>3</sub>		P		K	
		0–15 cm	0–40 cm	0–15 cm	0–40 cm	0–15 cm	0–40 cm	0–15 cm	0–40 cm
Kontrola Control	I	99	92	3,02	0,46	0,74	0,06	0,28	0,15
	II	94	75	1,50	0,29	0,53	0,04	1,92	0,39
	III	109	94	3,48	1,39	2,31	0,05	1,36	0,21
	sum	302	261	8,00	2,14	3,58	0,15	3,56	0,75
P <sub>20</sub> K <sub>60</sub>	I	111	95	3,27	0,40	3,03	0,03	1,23	0,16
	II	104	84	1,50	0,31	1,68	0,03	4,00	0,47
	III	115	112	3,87	1,15	1,80	0,10	1,35	0,35
	sum	329	291	8,64	1,86	6,51	0,16	6,58	0,98
N <sub>90</sub> P <sub>20</sub> K <sub>60</sub> (50 : 50%)	I	118	102	1,43	1,47	0,54	0,05	0,92	0,19
	II	94	89	1,39	2,05	1,20	0,08	3,57	0,93
	III	124	116	3,68	7,71	1,53	0,14	0,32	0,50
	sum	336	307	6,50	11,23	3,27	0,27	4,81	1,62
N <sub>90</sub> P <sub>20</sub> K <sub>60</sub> (70 : 30%)	I	116	109	2,19	0,73	0,99	0,04	0,85	0,46
	II	100	97	2,56	1,60	1,61	0,04	8,54	1,14
	III	121	113	1,19	7,64	0,67	0,11	0,84	0,39
	sum	337	319	5,94	9,97	3,27	0,19	10,23	1,99
N <sub>120</sub> P <sub>20</sub> K <sub>60</sub> (50 : 50%)	I	110	108	2,20	0,80	0,85	0,07	0,99	0,18
	II	99	82	1,15	2,36	1,37	0,08	4,10	0,52
	III	115	112	3,22	9,26	1,91	0,07	0,44	0,11
	sum	324	302	6,57	12,42	4,13	0,22	5,53	0,81
N <sub>120</sub> P <sub>20</sub> K <sub>60</sub> (70 : 30%)	I	118	93	2,99	2,92	1,58	0,06	1,22	0,21
	II	106	92	2,13	2,42	2,05	0,07	9,85	1,29
	III	122	116	4,62	5,96	5,95	0,17	1,46	0,33
	sum	347	301	9,74	11,30	9,58	0,30	12,53	1,83
NIR LSD α < 0,05		41	34	1,75	3,57	1,24	0,17	1,53	0,72

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

cych się w wodzie przemieszczonej przez głębszy profil gleby (0–40 cm). Natomiast na obiektach nawożonych azotem oraz fosforem i potasem stwierdzono zależność odwrotną. Woda pochodząca z profilu gleby o głębokości 0–40 cm zawierała 1,5–2-krotnie więcej tego składnika niż woda z płytszego profilu. Największe ilości azotu zostały wyniesione z gleby ze wszystkich obiektów w okresie III – po

zawegetacyjnym. Z głębszego profilu gleby z obiektów kontrolnego, nawożonego łącznie fosforem i potasem oraz azotem w ilości  $90 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  zastosowanej w proporcji po 50% pod I i II odrost w okresie wegetacyjnym została wyniesiona z wodą prawie 2-krotnie mniejsza ilość tego składnika niż w okresie pozawegetacyjnym. Natomiast na obiektach z dawką  $90 \text{ kg N}$  podzieloną w proporcji 70% pod I i 30% pod II odrost oraz dawką  $120 \text{ kg N}$ , zastosowaną w proporcji po 50% pod każdy odrost ładunek wyniesionego azotu z profilu gleby w okresie wegetacyjnym był aż 3-krotnie mniejszy od ładunku wyniesionego w okresie pozawegetacyjnym. Na obiekcie nawożonym azotem w ilości  $120 \text{ kg N}$  podzielonej w proporcji 70% pod I i 30% pod II odrost ładunek wyniesionego azotu z gleby w obu okresach był zbliżony. Analizując ilości tego składnika wyniesione z wodą w okresie wegetacji z profilu gleby 0–40 cm, stwierdzono, że z obiektów kontrolnego i nawożonego fosforem i potasem najmniejsze wymywanie było w II okresie (intensywnej wegetacji). Z kolei z obiektów nawożonych azotem w ilości  $90 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  oraz w ilości  $120 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  zastosowanej po 50% pod pierwszy i drugi odrost najmniej azotu z gleby odpyływało w okresie I – wiosennym. Natomiast w odcieku z obiektu nawożonego  $120 \text{ kg N}$  stosowanego w proporcji 70% pod I i 30% pod II odrost w okresie intensywnej wegetacji ładunek ten w był większy niż w drugiej połowie lata. Azot w ilości  $90 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  zwiększył ładunek wymytego azotu z jednostki powierzchni w odniesieniu do obiektu kontrolnego średnio 5-krotnie, a w ilości  $120 \text{ kg}$  – 6-krotnie.

**Fosfor.** Ładunki fosforu znajdujące się w wodzie pochodzącej z profilu 0–15 cm były wielokrotnie większe od ładunków wyniesionych z profilu o głębokości 0–40 cm i były to różnice na wszystkich obiektach statystycznie istotne. Największą różnicę – aż 40-krotną – stwierdzono na obiekcie nawożonym łącznie fosforem i potasem, na obiekcie kontrolnym różnica była 24-krotna. Na obiektach nawożonych azotem, fosforem i potasem różnice te były 12–19-krotne. Najwięcej fosforu wynosiła woda przemieszczająca się przez płytszy profil glebowy na obiekcie nawożonym fosforem i potasem –  $6,51 \text{ kg P}$ , natomiast najmniejsze ( $3,27 \text{ kg}$ ) na obiekcie nawożonym azotem w ilości  $90 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Ładunki tego składnika wynieszone z profilu glebowego o głębokości 0–40 cm mieściły się w granicach od  $0,15$  do  $0,30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Rodzaj i poziom nawożenia nie miały większego wpływu na ilości tego składnika wynieszonego z gleby przez wodę przesiąkową. Największy odpływ fosforu z gleby stwierdzono w okresie III – pozawegetacyjnym. Był on zbliżony do wartości, które ulegały wymyciu łącznie w okresach I i II.

**Potas.** Woda przesiąkowa pochodząca z profilu glebowego 0–15 cm zawierała 3–7-krotnie więcej potasu w porównaniu z wodą z profilu głębszego (0–40 cm). Najmniejszą różnicę – 3-krotną odnotowano na obiekcie nawożonym azotem w ilości  $90 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  zastosowanej w proporcji po 50% pod pierwszy i drugi odrost. Natomiast największa, prawie 7-krotna, różnica była na obiekcie nawożonym łącznie fosforem i potasem oraz na obiekcie nawożonym azotem w ilości  $120 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , podzielonej w proporcji 70% pod pierwszy i 30% pod drugi odrost. Na ilość potasu

w wodzie pochodzącej z płytszego profilu wyraźny wpływ miały proporcje podziału ilości azotu. W warunkach podziału w proporcji 50 : 50% pod każdy odrost woda ta zawierała 2-krotnie mniej tego składnika w porównaniu z wodą pochodzącą z obiektów, gdzie azot zastosowano w proporcji 70 : 30%. Najmniejszy wyniesiony ładunek potasu z wodą z głębszego profilu stwierdzono w okresie I (wiosennym), zaś największy w okresie II (spowolniona wegetacja). Różnica tego ładunku w tych okresach na obiektach kontrolnym oraz nawożonym fosforem i potasem była 2–3-krotna, a na pozostałych obiektach z udziałem azotu 3–6-krotna. Roczny ładunek wyniesionego potasu z gleby był najmniejszy na obiekcie kontrolnym, gdzie wynosił  $0,75 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Na obiekcie nawożonym fosforem i potasem ładunek wyniesionego potasu był bliski  $1 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Natomiast na obiektach z podziałem ilości azotu po 50% pod każdy odrost ładunek był większy 2-krotnie niż na kontroli, a w warunkach podziału azotu w proporcji 70% : 30% – 2,5-krotnie.

## DYSKUSJA WYNIKÓW

Mając na uwadze ubytek składników nawozowych w glebie oraz zanieczyszczenie nimi wody przesiąkowej, w dyskusji szczególną uwagę zwrócono na jakość wody odciekowej z głębszego profilu glebowego (0–40). W niniejszej pracy na uwagę zasługują:

- duże ilości przemieszczonej wody na obiekcie kontrolnym,
- znaczne różnice w ilości wynoszonych składników nawozowych z profili glebowych,
- zależność ładunku wyniesionego azotu i potasu od ilości azotu i sposobu jej podziału,
- stosunkowo duże ilości azotu i fosforu wynoszone z gleby w okresie pozawegetacyjnym.

Zebrane znacznie mniejsze plony z obiektu kontrolnego niż z obiektów nawożonych dają podstawy, by sądzić o mniejszym zużyciu wody na ich wyprodukowanie, a zatem odpływie większej ilości wody z profilu glebowego. Zależność ta znajduje odzwierciedlenie w wynikach badań SZAJDY i ŁABĘDZKIEGO [2016]. Tymczasem w niniejszych badaniach stwierdzono zależność odwrotną. Przyczyną odpływu mniejszej ilości wody z poziomów glebowych na obiektach nawożonych był skład florystyczny runi. Dominowały w nim gatunki tworzące słabo zwartą darni. Sprzyjało to łatwemu przemieszczaniu się wody. Gatunkami tymi były: kostrzewa łąkowa (*Festuca pratensis* Huds.), perz właściwy (*Elymus repens* (L.) Gould), śmiełek darniowy (*Deschampsia caespitosa* (L.) P. Beauv.). Natomiast runi obiektu kontrolnego była zdominowana przez mietlicę pospolitą (*Agrostis capillaris* L.), kostrzewę czerwoną (*Festuca rubra* L. s. str.), wiechlinę łąkową (*Poa pratensis* L.), które tworzyły zwartą darni. Wyjaśnienia powyższych zależności znajdują się w pracach innych autorów [JAGUŚ, TWARDY 2004; KASPERCZYK i in. 2010].

Wielokrotnie mniejsze ilości fosforu i potasu wynoszone z głębszego profilu glebowego na obiektach nawożonych azotem i kontrolnym w porównaniu ze stratami tych składników z profilu płytszego należy tłumaczyć ich pobraniem przez bogatszy system korzeniowy oraz absorpcję przez głębszą warstwę gleby (15–40 cm). Z kolei 2-krotnie większe ładunki azotu oraz 2,5-krotnie potasu wynoszone z wodą z profilu głębszego obiektów nawożonych azotem w odniesieniu do obiektu kontrolnego należy łączyć ze znaczną podażą tych składników w środowisku glebowym. Za takim rozumowaniem przemawia także największy ładunek azotu wynoszony w okresie wiosennym z obiektu nawożonego  $120 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  stosowanego w ilości 70% pod pierwszy odrost.

Na podaż azotu i potasu w glebie – oprócz nawożenia – miała także wpływ mineralizacja substancji organicznej. Z badań przeprowadzonych na glebach łąkowych przez SAPEK i KALIŃSKĄ [2004] wynika, że między ilością zastosowanego azotu nawozowego a intensyfikacją mineralizacji substancji organicznej w glebie istnieje dodatnia zależność. Według HATCH i in. [2002] o ilości uwalnianego azotu w wyniku mineralizacji substancji organicznej decyduje również jej potencjał w glebie, z którym dodatnio jest związana populacja mikroorganizmów wiążących ten składnik. Stosunkowo duże ilości wymywanego azotu z gleby z obiektów kontrolnego i nawożonego fosforem oraz potasem były wynikiem znacznego udziału w runi roślin bobowatych. Na stopień mineralizacji substancji organicznej w glebie ma wpływ wiele czynników, między innymi stan okrywy roślinnej gleby. Z wielu badań wynika, że między poziomem nawożenia azotem a stopniem zadarnienia istnieje ujemna zależność [DOBOSZYŃSKI 1993; KASPERCZYK, KACORZYK 2008]. Słabsze zadarnienie i związana z nim mniejsza masa korzeniowa zwiększają dostęp powietrza do gleby, co w konsekwencji przyspiesza mineralizację substancji organicznej. Dlatego większe ilości azotu nawozowego zastosowane w drugiej połowie lata (pod II odrost w proporcji 50 : 50%) zadecydowały o słabszym zagęszczeniu runi i w następstwie o większych ładunkach wynoszonego azotu z gleby w okresach II (spowolniona vegetacja) i III (pozawegetacyjny) oraz w stosunku rocznym. Natomiast większe ładunki potasu wymywane z obiektów nawożonych azotem po zastosowaniu dawek w proporcji 70 : 30% odpowiednio pod I i II odrost w porównaniu z wymywaniem z obiektów, gdzie stosowano podział azotu w ilości na dwie równe części, są trudne do wyjaśnienia. Stwierdzone duże straty składników wynoszonych z wodami odciekowymi w okresie pozawegetacyjnym w porównaniu z notowanymi w okresie wegetacyjnym znajdują odzwierciedlenie w wynikach badań TERLIKOWSKIEGO [2013]. Z badań tego autora wynika, że ilość azotu wyniesionego z wodą w okresie pozawegetacyjnym była 3–4-krotnie większa niż w okresie wegetacji. Świadczy to o dość intensywnie zachodzącej mineralizacji substancji organicznej w glebie w okresie jesienno-zimowym, o czym donosi także BJÖRNSSON [2004].

## WNIOSKI

1. Ilość wody przemieszczającej się przez profil glebowy o 0–40 cm była o 10% mniejsza niż z płytszego profilu. Na ogół istniała dodatnia zależność między ilością wody przesiąkowej a poziomem nawożenia azotem.

2. Ładunki wynoszonego azotu i fosforu z wodą przesiąkową w okresie poza-vegetacyjnym były wielokrotnie większe niż w okresie vegetacyjnym (w okresie intensywnego i powolnego wzrostu roślin). Natomiast ładunek wynoszonego potasu na ogół był największy w drugiej połowie okresu wegetacji (powolnego wzrostu).

3. Pomiędzy poziomem nawożenia azotem a ładunkiem wynoszonego azotu i potasu istniała dodatnia zależność. Z kolei na ładunek fosforu poziom nawożenia azotem nie miał większego wpływu.

4. Ładunki wynoszonego fosforu i potasu przez wodę przemieszczającą się przez profil 0–15 cm były wielokrotnie większe niż z profilu 0–40 cm. Świadczy to o dużej absorpcji tych składników przez głębszą warstwę gleby 15–40 cm i system korzeniowy.

## BIBLIOGRAFIA

- BJÖRNSSON H. 2004. Mineralization of nitrogen to climatic variation and soil. W: Controlling nitrogen flows and losses. Red. D. J. Hatch, D. R. Chadwick, S. C. Jarvis, J. A. Roker. Wageningen. Academic Publishers s. 140–141.
- DOBOSZYŃSKI L. 1993. Nawożenie użytków zielonych w świetle prac polskich od czasów najdawniejszych do I wojny światowej i dwudziestolecie międzywojenne [The fertilization of grassland in light of the Polish thesis from ancient times to World War I and interwar period]. Biblioteczka Wiadomości IMUZ. Nr 80. ISBN 83-85735-08-9 ss. 72.
- Dyrektywa Rady 91/676/EWG z dnia 12 grudnia 1991 r. w sprawie ochrony wód podziemnych przed zanieczyszczeniami powodowanymi przez azotany pochodzenia rolniczego. z późn. zm.
- GARDNER C.M.K., COOPER D.M., HUGES S. 2002. Phosphorus in soils and field drainage water in the Thame catchment, UK. Science of the Total Environment. Vol. 282–283 s. 254–260.
- HATCH D.J., GOULDING K., MORPHY D. 2002. Nitrogen. W: Agriculture, hydrology and water quality. Red. P.M. Hagarth, S.C. Jarvis. Wallingford, UK. CABI Publ. s. 2–28.
- JAGUŚ A., TWARDY S. 2004. Wpływ częstotliwości koszenia łąki górskiej na plon i skład chemiczny wód odciekowych (w warunkach badań lizymetrycznych) [The influence of cutting frequency of a mountain meadow on yield and chemical composition of percolating waters (lysimeter studies)]. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 4. Z. 1 (10) s. 125–137.
- JONES J.B., CASE V.W. 1990. Sampling, handling, and analyzing plant tissue samples. W: Soil testing and plant analysis. Red. R.L. Westerman. Wyd. 3. SSSA Book Series. No. 3. Madison, WI. Soil Science Society of America s. 389–427.
- KANIUCZAK J., AUGUSTYN Ł. 2011. Zawartość związków azotowych i fosforanów w wodach powierzchniowych przeznaczonych do zaopatrzenia ludności w wodę do spożycia [The content of nitrogen compounds and phosphates in surface water intended for supply in drinking water]. Inżynieria Ekologiczna. Nr 27 s. 46–47.
- KASPERCZYK M., KACORZYK P. 2008. Wpływ rodzaju nawożenia na wartość gospodarczą łąki górskiej [The effect of fertilization on the productivity of a mountain meadow]. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 8. Z. 1 (22) s. 143–150.



- KASPERCZYK M., SZEWCZYK W., KACORZYK P. 2010. Wpływ rodzaju nawożenia na ilość i skład chemiczny wód przesiąkowych [Effect of fertilization type on the quantity and chemical composition of percolating water]. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*. Z. 547 s. 177–183.
- KOSTUCH R. 2000. Znaczenie użytków zielonych w regionie wyżynno-górskim [The importance of grasslands in the upland-mountain region]. *Aura*. Nr 5 s. 11–12.
- PTG 2011. Systematyka gleb Polski [Systematics of Polish soil]. *Roczniki Gleboznawcze*. T. 62. Nr 3. ISSN 2300-4967 ss. 142.
- SAPEK B., KALIŃSKA D. 2004. Mineralizacja organicznych związków azotu w glebie w świetle długoletnich doświadczeń łąkowych IMUZ [Mineralization of soil organic nitrogen compounds in the light of long-term grassland experiments in IMUZ]. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*. T. 4. Z. 1 (10) s. 182–200.
- SOSZKA H. 2009. Problemy metodyczne związane z oceną stopnia eutrofizacji jezior na potrzeby wyznaczania stref wrażliwych na azotany [Methodical problems associated with the assessment of lake eutrophication for designation of zones vulnerable to nitrates]. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*. T. 9. Z. 1 (25) s. 151–158.
- SZAJDA J., ŁABĘDZKI L. 2016. Wyznaczanie ewapotranspiracji rzeczywistej użytków zielonych na podstawie ewapotranspiracji maksymalnej i potencjału wody w glebie [Determination of actual evapotranspiration of grassland on the basis of maximum evapotranspiration and soil water potential]. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*. T. 16. Z. 1 (53) s. 71–92.
- Ustawa z dnia 18 lipca 2001 r. Prawo wodne. *Dz. U.* 2001. Nr 115 poz. 1229 z późn. zm.
- TERLIKOWSKI J. 2013. Określenie ilości azotu mineralnego uwalnianego z gleby (mady próchnicznej) na Żuławach Elbląskich [Estimation of the amount of mineral nitrogen released from meadow soil (humus alluvial soil) in Elbląg Żuławy region]. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*. T. 13. Z. 3 (43) s. 149–159.

Piotr KACORZYK

## LEACHING OF MACRONUTRIENTS FROM UPPER LAYERS OF THE MOUNTAIN MEADOWS SOIL PROFILE UNDER DIFFERENT FERTILIZATION

**Key words:** *fertilization, fertilizer components, leaching water, meadow*

### S u m m a r y

The aim of the study was to determine an effect of differentiated of the fertilization mountain meadow on the amount of macroelements leaching from the two soil profiles (15 and 40 cm). The experiment included six variants in triplicate, the study was conducted in the years 2012–2014. Water for laboratory analysis was collected at three different periods: intense vegetation of the plants, slow vegetation and off-season period. The amount of fertilizer compounds eluted with leachate waters depended on the depth of the soil profile. The amount of nitrogen and potassium eluted from the soil was also affected by fertilization, and the way of nitrogen dose distribution. Large amounts of nitrogen and phosphorus eluted from the soil during the off-season from resulted mineralization of organic matter and lack of these ingredients uptake from the soil solution by the root system and increase of eluate volume in this period.

**Adres do korespondencji:** dr inż. Piotr Kacorzyk, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Instytut Produkcji Roślinnej, Zakład Łąkarstwa, al. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków; tel. + 48 601 074 382, e-mail: p.kacorzyk@ur.krakow.pl