

## WPLYW CZĘSTOŚCI KOSZENIA ŁĄKI GÓRSKIEJ NA PLON I SKŁAD CHEMICZNY WÓD ODCIEKOWYCH (W WARUNKACH BADAŃ LIZYMETRYCZNYCH)

**Andrzej JAGUŚ, Stanisław TWARDY**

Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach, Małopolski Ośrodek Badawczy w Krakowie

*Słowa kluczowe: eliminacja nawożenia, łąka górską, odcieki wód z profilu glebowego, plon biomasy*

### Streszczenie

Badania prowadzono w latach 2000–2002. Dotyczyły one wpływu zróżnicowanego użytkowania nienawożonej łąki górskiej na biomasa roślinną i środowisko wodno-glebowe. Prace realizowano w oparciu o doświadczenia lizymetryczne. Utworzono 7 kombinacji użytkowania, w tym 4 łąkowe ze zróżnicowaną liczbą (1–4) pokosów. Pozostałe trzy obiekty imitowały czarny ugór, samozadarniające się pole orne oraz niekoszoną ruń trawiastą.

Z badań wynika, że częstość koszenia runi wpływa zarówno na wielkość plonowania, jak i na ilość i jakość odcieku wody z profilu glebowego. Największe plony suchej masy uzyskano z lizymetrów koszonych dwukrotnie i trzykrotnie. Wydajność runi w lizymetrach koszonych jednokrotnie i czterokrotnie była wyraźnie mniejsza. Stwierdzono, że wraz ze wzrostem liczby pokosów wzrasta wielkość infiltracji wgłębnej wód opadowych. Stosunkowo duże odpływy występowały na gruntach ornych zupełnie pozbawionych okrywy roślinnej, bądź pozostawionych do samozadarnienia. Skład chemiczny wód odciekających z poszczególnych obiektów i ładunek składników mineralnych wynoszonych z profili glebowych był zróżnicowany. Straty składników zależały na ogół od wielkości odpływu. Najmniejsze wystąpiły w sytuacji zaniechania lub jednorazowego koszenia runi. Brak zwartej okrywy roślinnej oraz stosowanie częstego koszenia przyczyniały się do wyraźnego ubożenia gleby.

### WSTĘP

Niekorzystne w ostatnich latach uwarunkowania ekonomiczne są przyczyną odłogowania gruntów ornych, a także ograniczania (lub zaniechania) użytkowania

---

Adres do korespondencji: mgr A. Jaguś, Małopolski Ośrodek Badawczy IMUZ w Krakowie, ul. Ułanów 21b, 31-450 Kraków; tel. +48 (12) 411-81-46, e-mail: imuzkrak@kki.pl

łąk i pastwisk w rolnictwie górskim, co pozostaje w wyraźnym związku z redukcją pogłowia zwierząt gospodarskich [TWARDY, 2001]. Rezygnuje się też z zabiegów pielęgnacyjnych, zwłaszcza nawożenia użytków zielonych, a częstość ich koszenia czy spasanania dostosowuje się do indywidualnych potrzeb gospodarskich [DROŻDŻ, 2001; TWARDY, HAMNETT, 2000].

Taki sposób gospodarowania na wysokoprodukcyjnych niegdyś łąkach i pastwiskach wywołuje określone zmiany w obrębie ekosystemów. Pozbawione dotychczasowej użytkowo-gospodarczej antropopresji ulegają one wyraźnym przekształceniom. Zmienia się nie tylko ilość i jakość runi, ale również dyspozycyjne zasoby wody oraz obieg i dostępność składników mineralnych wykorzystywanych do jej wytworzenia. Kierunki tych zmian – w świetle ogromnego znaczenia ekologicznego górskich użytków zielonych [JAGŁA, TWARDY, 1999; KOSTUCH, 2000] – wymagają wszechstronnych i wnikliwych badań.

W Stacji Badawczej IMUZ w Jaworkach podjęto badania, których celem jest rozpoznanie stanu środowiska wodno-glebowego oraz runi górskich użytków zielonych w warunkach zróżnicowanego ekstensywnego użytkowania, zwłaszcza w sytuacji eliminacji nawożenia [JAGUŚ, TWARDY, 2001]. Zagadnienie to jest poruszane w literaturze fragmentarycznie i przez nielicznych autorów, między innymi MISZTAŁA i SMORONIA [2001] oraz ZARZYCKIEGO [1999]. Opisane w niniejszej pracy badania są realizowane na wyizolowanych powierzchniach, stąd też, co jest powszechnie wiadome, nie oddają pełnego obrazu procesów zachodzących w warunkach naturalnych.

Celem niniejszego opracowania jest analiza plonowania nienawożonych łąk górskich oraz charakterystyka ilości i jakości wód odciekowych w warunkach zróżnicowanej częstości koszenia runi. Opracowanie to, dotycząc problematyki gospodarczych oraz ekologicznych funkcji ekstensywnych łąk górskich, może być pomocne w wypracowaniu optymalnych sposobów gospodarowania na karpackich użytkach zielonych w warunkach równoważenia potrzeb produkcyjnych z ochroną zasobów środowiska przyrodniczego.

## METODY BADAŃ

Badania realizowano w latach 2000–2002 na stacji lizymetrycznej położonej w zlewni Grajcarka (pogranicze Beskidu Sądeckiego i Pienin) na wysokości 600 m n.p.m. Stacja ta składa się z 26 metalowych lizymertrów o wymiarach 1x1x1 m wypełnionych glebą brunatną właściwą, scharakteryzowaną w opracowaniu MISZTAŁA [2000]. Dno każdego z lizymertrów ma kształt odwróconego stożka, który jest wyścielony materiałem żwirowym. Z jego środka przez przewód odcieka woda do wycechowanego naczynia.

Stację lizymetryczną przygotowano do prac doświadczalnych w 1999 r. Przygotowanie to polegało na usunięciu z powierzchni lizymertrów istniejącego zadar-

nienia, spulchnieniu gleby oraz zastosowaniu jednorazowego nawożenia obornikiem bydlęcym. W zabiegu tym, mającym na celu wyrównanie potencjału nawozowego wszystkich lizymetrów, do gleby wprowadzono  $95,2 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ N}$ ,  $19,6 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ P}$  i  $70,0 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ K}$  [JAGUŚ, TWARDY, 2001]. W 2000 r. na opisywanej stacji lizymetrycznej założono siedem obiektów (sześć z nich metodą losowania w czterech powtórzeniach) zróżnicowanego użytkowania ziemi, charakterystycznych obecnie dla znacznych obszarów karpaccich. Były to:

- 1 – samozadarniające się pole orne;
- 2 – niekoszona ruń trawiasta;
- 3 – łąka koszona jednorazowo;
- 4 – łąka koszona dwukrotnie;
- 5 – łąka koszona trzykrotnie;
- 6 – łąka koszona czterokrotnie;
- 7 – czarny ugór (jako obiekt porównawczy na dwóch lizymetrach).

Obiekty od 2. do 6. obsiano mieszkanką trawiasto-koniczynową o następującym składzie gatunkowym:

- trawy wysokie – 50%:
  - tymotka łąkowa (*Phleum pratense*) – 35%,
  - kostrzewa łąkowa (*Festuca pratensis*) – 10%,
  - kupkówka pospolita (*Dactylis glomerata*) – 5%,
- trawy niskie – 20%:
  - życica trwała (*Lolium perenne*),
- motylkowate – 30%:
  - koniczyna czerwona (*Trifolium pratense*) – 20%,
  - koniczyna biała (*Trifolium repens*) – 10%.

Wschody pielęgnowano zraszając i trzykrotnie przykaszając ruń. Dzięki temu uzyskano stosunkowo jednorodny stan runi na wszystkich obsianych lizymetrach.

Założono, że w przypadku czterokrotnego koszenia runi pierwszy pokos będzie przypadać na drugą dekadę maja, a ostatni – na pierwszą dekadę października. Między tymi datami ustalono terminy zbiorów z obiektów koszonych trzykrotnie, dwukrotnie i jednorazowo. Założono całkowitą rezygnację z jakiegokolwiek nawożenia. W ten sposób upodobniono wykorzystanie runi do powszechnie spotykanego w praktyce.

Plony zielonej masy runi określano przez jej ważenie podczas zbioru poszczególnych pokosów. Oznaczanie plonów suchej masy polegało na wysuszeniu 50 g świeżej runi w temperaturze  $105^{\circ}\text{C}$  do stałej wagi i określeniu współczynnika przeliczeniowego.

Codziennie pomiary ilości opadów atmosferycznych wraz z rejestracją innych parametrów meteorologicznych były wykonywane na stacji klimatologicznej IMUZ, funkcjonującej w bezpośrednim sąsiedztwie doświadczenia lizymetrycznego. Stacja ta jest prowadzona zgodnie z zasadami stosowanymi w IMGW [JAGUŚ, RZĘTAŁA, 2001]. Woda opadowa w całości była zatrzymywana na horyzontalnych

powierzchniach lizymetrów, nie podlegając odpływowi powierzchniowemu. Woda przesiąkająca przez profil glebowy była przechwytywana do wycechowanych karnistrów. Jej ilość mierzono od kwietnia do października w odstępach dekadowych.

Wody opadowe pobierano do analiz chemicznych po każdym większym opadzie. Dzięki stałej ekspozycji naczyń zawierały one rozpuszczone składniki opadu suchego. Wody odciekające z profilu glebowego analizowano co najmniej raz w miesiącu (dłuższe przerwy mogły wynikać jedynie z ich braku). Analizy chemiczne wykonywano w laboratorium MOB IMUZ w Krakowie. Po określeniu odczynu próbki wody (pH), oznaczano w niej stężenia azotu amonowego (N-NH<sub>4</sub>), azotu azotanowego (N-NO<sub>3</sub>), fosforanów (PO<sub>4</sub>), wapnia (Ca), magnezu (Mg), sodu (Na), potasu (K) i siarczanów (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>).

Analizy składu chemicznego wód opadowych i odciekających wraz z pomiarem ich ilości umożliwiły obliczenie ładunków poszczególnych składników mineralnych wprowadzanych na powierzchnię lizymetrów z opadami i odprowadzanych z odciekami.

## WYNIKI BADAŃ

### PLONOWANIE RUNI

W roku założenia doświadczenia, z powodu stosowania zabiegów pielęgnacyjnych, ze wszystkich obsianych obiektów zebrano tylko jeden pokos. Plony zielonej masy na poszczególnych obiektach były mało zróżnicowane i wynosiły 0,84–0,99 kg·m<sup>-2</sup>, natomiast ilość uzyskanej suchej masy wynosiła 0,17–0,20 kg·m<sup>-2</sup>, co odpowiada 1,7–2,0 t·ha<sup>-1</sup> s.m.

W następnych latach, tj. 2001 i 2002, średnie plony z poszczególnych obiektów łąkowych były już wyraźniej zróżnicowane (tab. 1).

**Tabela 1.** Plony suchej masy runi (kg·m<sup>-2</sup>) w latach 2001–2002

**Table 1.** Dry matter yields of the grass (kg·m<sup>-2</sup>) in the years 2001–2002

Obiekt Object	Sucha masa w pokosie					Dry matter in a cut				
	I	II	III	IV	łącznie total	I	II	III	IV	łącznie total
	2001					2002				
3	1,00	–	–	–	1,00	0,94	–	–	–	0,94
4	0,64	0,52	–	–	1,16	0,76	0,58	–	–	1,34
5	0,53	0,34	0,47	–	1,34	0,45	0,45	0,31	–	1,21
6	0,23	0,25	0,25	0,28	1,01	0,28	0,28	0,26	0,17	0,99

3 – łąka koszona jednorazowo, 4 – łąka koszona dwukrotnie, 5 – łąka koszona trzykrotnie, 6 – łąka koszona czterokrotnie.

3 – meadow cut once, 4 – meadow cut twice, 5 – meadow cut tree times, 6 – meadow cut four times.

Plony suchej masy były duże i utrzymywały się w granicach 0,94–1,34 kg·m<sup>-2</sup> (tab. 1). W przeliczeniu na powierzchnię 1 ha odpowiada to 9,4–13,4 t s.m. Najmniejsze plony pochodziły z łąk koszonych jednorazowo i czterokrotnie, przy czym w tym ostatnim przypadku plonowanie w obu omawianych latach było prawie jednakowe. Obiekt ten wyróżniało również stosunkowo wyrównane plonowanie podczas całego okresu wegetacyjnego.

### WODY OPADOWE I ODCIEKAJĄCE

Miesięczne i roczne sumy opadów atmosferycznych były istotnie zróżnicowane. Różniły się też od średnich wieloletnich. Największe występowały na ogół w czerwcu i lipcu, najmniejsze zaś – w miesiącach zimowych. Największa różnica rocznych sum opadów w latach 2000–2002 wyniosła aż 232,7 mm, przy czym suma opadów w roku 2000 była najbardziej zbliżona do średniej wieloletniej (tab. 2). Roczne sumy opadów w pozostałych latach były wyraźnie wyższe od średniej wieloletniej. Wyższe opady rejestrowano w okresie wegetacyjnym, tj. od kwietnia do października (tab. 2).

**Tabela 2.** Sumy opadów atmosferycznych (mm) w okresie wegetacyjnym i pozawegetacyjnym dla stacji klimatologicznej w Jaworkach

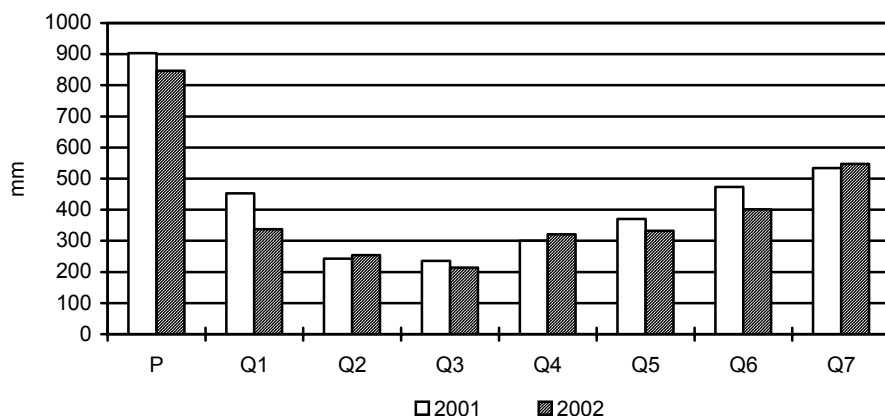
**Table 2.** Precipitation sums for vegetation and non-vegetation periods (mm) at Jaworki Station

Okres Period	Suma opadów    Precipitation sum				
	2000	2001	2002	2000–2002	1956–2002
IV–X	584,0	902,9	847,2	778,0	668,4
I–III, XI–XII	297,0	210,8	155,9	221,3	224,5
I–XII	881,0	1113,7	1003,1	999,3	892,9

Pomiary ilości wód odciekających z profilu glebowego prowadzono od początku kwietnia do końca października. Uchwycono w ten sposób zmiany warunków infiltracji od wiosennego ruszania wegetacji do późnojesiennego obumierania różnie użytkowanej roślinności.

W roku założenia doświadczenia największe ilości odcieków zanotowano na lizymetrach, gdzie utrzymywany był czarny ugor. Wynosiły one średnio 298,0 mm, co stanowiło nieco ponad 50% wielkości opadów. Ilość wody, która odciekła z profili glebowych lizymetrów pozostawionych do samozadarnienia oraz obsianych mieszanką, była mniejsza i wynosiła od 260,3 do 276,9 mm.

Zróżnicowane użytkowanie kośne poszczególnych obiektów wpływało na wielkość infiltracji wgłębnej wód opadowych (rys. 1). Wielkość ta zmieniała się w zależności od kombinacji użytkowania od 26,1 do 59,1% opadu w 2001 r. oraz od 25,3 do 64,6% opadu w 2002 r. Najmniejszą ilość odcieków rejestrowano



Rys. 1. Ilość opadów atmosferycznych  $P$  i odcieków z profili glebowych poszczególnych obiektów ( $Q1-Q7$ ) w okresach od kwietnia do października 2001 i 2002 r.

Fig. 1. Precipitation  $P$  and runoff from soil profiles in individual objects ( $Q1-Q7$ ) for April-to-October periods of 2001 and 2002 (the numbers of objects are explained in the summary)

w przypadku niekoszonej runi trawiastej oraz łąki koszonej jednorazowo. Nie przekraczała ona 30% sumy opadów. Największa występowała natomiast na gruncie ugorowanym osiągając około 60% sumy opadów.

Analiza korelacyjna ciągów ilości opadów i odcieków mierzonych w układzie zbliżonym do dekadowego w okresach IV–X wykazała, że przy różnym sposobie użytkowania, fluktuacje wartości zbioru drugiego są w różnym stopniu zależne od fluktuacji wartości zbioru pierwszego. Wprost proporcjonalna zależność wielkości odcieku od opadu była wyraźna w 2001 r. w przypadku samozadarniającego się pola ornego ( $r = 0,82$ ), łąki koszonej czterokrotnie ( $r = 0,80$ ) oraz czarnego ugoru ( $r = 0,85$ ). W 2002 r. ciągi ilości odcieków i sum opadów były ze sobą skorelowane dodatnio w przypadku wszystkich kombinacji użytkowania ( $r > 0,75$ ), przy czym najwyższą korelację uzyskano w przypadku łąki koszonej czterokrotnie ( $r = 0,85$ ) oraz czarnego ugoru ( $r = 0,94$ ).

#### SKŁAD CHEMICZNY WÓD OPADOWYCH I ODCIEKAJĄCYCH

Wody opadowe miały odczyn kwaśny. Wartość ich pH zmieniała się od 4,50 do 6,44, a średnio wynosiła 5,32. Mniejsza od średniej pojawiła się w przeszło 60% serii pomiarowych. Nie stwierdzono wyraźnych różnic odczynu opadów między rokiem 2001 i 2002, przy czym w obu omawianych latach wartość pH była mniejsza w miesiącach wiosennych w porównaniu z miesiącami jesiennymi.

Analizy zawartości poszczególnych składników w wodach opadowych dowiodły małej mineralizacji tych wód oraz dużej zmienności ich składu chemicznego.

Azot amonowy ( $\text{N-NH}_4$ ) występował w stężeniach  $0,01\text{--}2,00\text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$  (średnio  $0,95\text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ). Podobna zmienność wartości cechowała stężenia azotu azotanowego ( $\text{N-NO}_3$ ), które wynosiły  $0,13\text{--}2,56\text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$  (średnio  $0,58\text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ). Stężenia fosforanów ( $\text{PO}_4$ ) wynosiły  $0,01\text{--}0,68\text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ , przy czym w zdecydowanej większości prób nie przekraczały kilku setnych części  $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ . Największą rozpiętością charakteryzowały się stężenia wapnia (Ca) – od  $2,00$  do  $24,05\text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ . Magnez (Mg) występował w badanych wodach opadowych zarówno w ilościach śladowych, jak i stężeniach na poziomie kilku  $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ . Najczęściej były to stężenia poniżej  $2\text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ . Rząd wielkości stężeń sodu (Na) i potasu (K) był podobny – od setnych części  $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$  do około  $1\text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ . Wyraźnie większa była rozpiętość zmienności stężeń siarczanów ( $\text{SO}_4^{2-}$ ). Wynosiły one  $0,10\text{--}5,89\text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ , przy czym stężenia na poziomie dziesiątych części  $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$  wystąpiły tylko w kilku seriach pomiarowych, spośród wykonanych kilkudziesięciu.

Wody odciekające z profilu glebowego różniły się wyraźnie odczynem (średnie wartości pH od  $7,01$  do  $7,42$ ) oraz składem chemicznym od wód opadowych. W przypadku niektórych składników mineralnych rejestrowano też zróżnicowanie stężeń w zależności od zastosowanych kombinacji użytkowania (tab. 3).

**Tabela 3.** Średnie stężenia poszczególnych składników mineralnych ( $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) w wodach odciekających z lizymetrów z okresów pomiarowych od kwietnia do października 2001 i 2002 roku

**Table 3.** Average concentration of mineral components ( $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) in the water leaving lysimeters for April-to-October periods of 2001 and 2002

Obiekt Object	Stężenie Concentration							
	N-NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>	PO <sub>4</sub>	Ca	Mg	Na	K	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
1	0,06	0,85	0,06	47,86	7,78	0,27	0,53	6,96
2	0,06	1,53	0,12	41,36	6,21	0,30	0,53	6,01
3	0,04	2,02	0,12	46,68	7,36	0,29	0,62	5,11
4	0,05	1,81	0,20	44,26	7,34	0,28	0,68	5,05
5	0,05	1,30	0,08	47,25	7,45	0,31	0,54	4,67
6	0,05	1,06	0,04	43,48	6,69	0,26	0,45	5,41
7	0,06	7,07	0,02	59,60	9,61	0,28	0,49	6,54

1 – samozadarniające się pole orne, 2 – niekoszona ruń trawiasta, 3 – łąka koszona jednorazowo, 4 – łąka koszona dwukrotnie, 5 – łąka koszona trzykrotnie, 6 – łąka koszona czterokrotnie, 7 – czarny ugór.

1 – abandoned arable land, 2 – meadow not cut, 3 – meadow cut once, 4 – meadow cut twice, 5 – meadow cut tree times, 6 – meadow cut four times, 7 – fallow land.

Stężenia azotu amonowego ( $\text{N-NH}_4$ ) w wodach odciekających z lizymetrów były wyrównane na wszystkich kombinacjach użytkowania i wynosiły kilka setnych części  $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ . Stwierdzono nieznaczne zmniejszanie się ich wartości w kolejnych latach badań. Stężenia  $\text{N-NO}_3$  były natomiast wyższe w 2002 r. w porównaniu z oznaczonymi w roku 2001. Wyraźnie różnicował je też sposób

użytkowania gleby. Najwyższe zanotowano w odciekach spod pozbawionego okrywy roślinnej ugoru – średnio  $3,68 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$  w 2001 r. i  $10,03 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$  w 2002 r. W obrębie obiektów kośnych mniejsze stężenia  $\text{N-NO}_3$  związane były z większą częstością koszenia (3–4 razy w sezonie), a większe występowały w przypadku koszenia dwu- lub jednokrotnego. Ta ostatnia zależność cechowała również zróżnicowanie stężeń  $\text{PO}_4$ .

W 2001 r. stężenia Ca na poszczególnych obiektach były dość wyrównane i wynosiły  $51,16\text{--}58,57 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ . W roku następnym największe wystąpiły w przypadku ugoru – średnio  $60,50 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$  oraz ulegającego samozadarnieniu pola ornego – średnio  $42,95 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ . Na pozostałych obiektach były znacznie mniejsze –  $33,77\text{--}38,23 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ . Podobna zmienność cechowała stężenia Mg, przy czym rząd mierzonych wartości sięgał kilku  $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ .

Stężenia Na w wodach przesiąkających przez profil glebowy były małe i wyrównane. W obu omawianych latach wynosiły  $0,17\text{--}0,36 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$  na poszczególnych obiektach. Sposób użytkowania ziemi nie różnicował wyraźnie również stężeń K.

Siarczany ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) występowały w odciekach lizymetrycznych w stężeniach nie przekraczających kilku  $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ . W pierwszym roku były one nieco mniejsze na obiektach użytkowanych kośnie w porównaniu z gruntem ulegającym samozadarnieniu, ugiorem, czy też porzuconym użytkiem zielonym. W roku następnym największe stężenia  $\text{SO}_4^{2-}$  w dalszym ciągu były związane z obiektem pozostawionym do samozadarnienia oraz z obiektem ugorowanym.

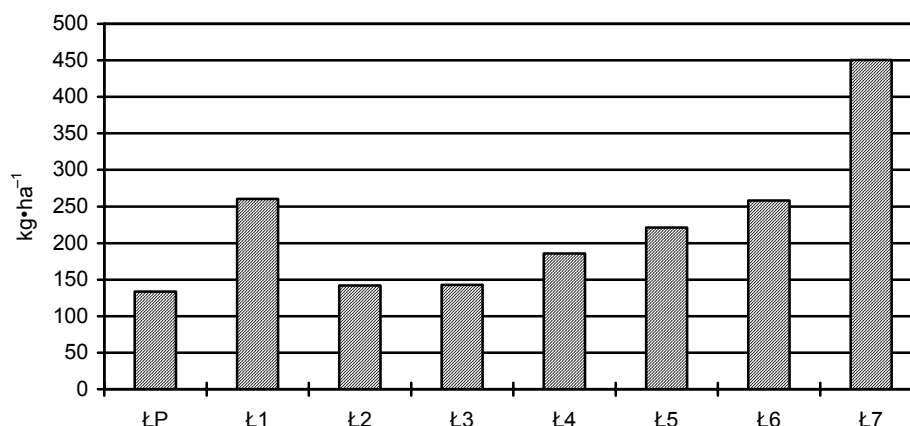
#### ŁADUNEK SKŁADNIKÓW MINERALNYCH W OPADACH I ODCIEKACH

Średni ładunek  $\text{N-NH}_4$  zawarty w wodach opadowych w okresie pomiarowym IV–X wynosił  $8,0 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Dostarczanie z wodami opadowymi azotu azotanowego ( $\text{N-NO}_3$ ) było w tym okresie równe średnio  $5,0 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , natomiast fosforanów ( $\text{PO}_4$ ) –  $0,6 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Ładunek wapnia (Ca) w wodzie opadowej wynosił średnio  $80,4 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , magnezu (Mg) –  $12,4 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , sodu (Na) –  $1,6 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , potasu (K) –  $3,2 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  oraz siarczanów ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) –  $22,3 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Sumaryczny ładunek wszystkich oznaczanych składników wprowadzany na powierzchnię lizymetrów z opadami w okresie IV–X był równy średnio  $133,5 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  (rys. 2).

Ilości poszczególnych składników mineralnych odprowadzane z profilów glebowych z odciekami wyraźnie różniły się od ilości dostarczanych z opadami. Różnicował je też sposób użytkowania ziemi.

Azot amonowy ( $\text{N-NH}_4$ ) w okresie IV–X był wymywany z gleby w średniej ilości co najwyżej kilku dziesiątych części kg z 1 ha. Największe wynieszone ładunki  $\text{N-NH}_4$  obserwowano w przypadku czarnego ugoru. Wymywanie azotu azotanowego ( $\text{N-NO}_3$ ) wyraźnie różnicował sposób użytkowania ziemi. Znaczny ładunek  $\text{N-NO}_3$  został wyniesiony z ulegającego samozadarnieniu pola ornego (śred-





Rys. 2. Średni sumaryczny ładunek składników mineralnych wprowadzany na powierzchnię terenu z opadami (ŁP) i odprowadzany z profili glebowych poszczególnych obiektów z wodami odciekającymi (Ł1–Ł7) w okresie IV–X

Fig. 2. Average total loads of mineral components introduced onto the land area with precipitation (ŁP) and leaving the soil profiles of individual objects with runoff (Ł1–Ł7) for April-to-October periods (the numbers of objects are explained in the summary)

nio 3,4 kg·ha<sup>-1</sup>) oraz z gleby pozostawionej w ugorze (średnio 37,3 kg·ha<sup>-1</sup>). Na pozostałych obiektach wielkości odprowadzonego ładunku wynosiły maksymalnie kilka kg·ha<sup>-1</sup>. Wielkości wymywania PO<sub>4</sub> były stosunkowo wyrównane na poszczególnych obiektach i sięgały – podobnie jak w przypadku azotu amonowego – średnio kilku dziesiątych części kg z 1 ha w okresie IV–X.

Największe ilości wapnia (Ca) w obu okresach pomiarowych (IV–X) zostały wyniesione z profilu gleb ulegających samozadarnieniu (średnio 193,5 kg·ha<sup>-1</sup>), zajętych przez koszoną czterokrotnie run (średnio 196,4 kg·ha<sup>-1</sup>) oraz ugorowanych (średnio 321,9 kg·ha<sup>-1</sup>). Najmniejsze ładunki tego pierwiastka zostały odprowadzone z kombinacji runi niekoszonej (średnio 105,2 kg·ha<sup>-1</sup>) oraz koszonej jedno-razowo w sezonie (średnio 107,8 kg·ha<sup>-1</sup>). Wielkości wymywania Mg były podobne jak wapnia, przy czym rząd wartości ładunku wynosił od kilkunastu do kilkadziesiątu kg·ha<sup>-1</sup>.

Wynoszone z odciekami ładunki Na osiągały średnio w okresie IV–X najczęściej kilka dziesiątych części kg z 1 ha, przekraczając na niektórych obiektach 1,0 kg·ha<sup>-1</sup>. Wymywanie K zmieniało się w zależności od zagospodarowania lizymetrów od nieco ponad 1,0 kg·ha<sup>-1</sup> do około 3,0 kg·ha<sup>-1</sup>. Z kolei SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> były odprowadzane w ilościach kilkunastu, a maksymalnie przeszło 30,0 kg·ha<sup>-1</sup>. W przypadku wszystkich tych składników nieco większe ładunki związane były z kombinacjami częstego użytkowania kośnego, samozadarnienia i ugoru, mniejsze dotyczyły profili glebowych zajętych przez run niekoszoną bądź koszoną rzadko.

Ze względu na zróżnicowanie ilości wymywania niektórych składników mineralnych w zależności od zastosowanej kombinacji użytkowania, zróżnicowany był ładunek sumaryczny badanych składników odprowadzony z poszczególnych profili glebowych (rys. 2). Największa ilość składników wynoszona była z gleb ugorowanych, ulegających samozadarnieniu oraz zajętych przez często koszoną ruń łąkową. Najmniejsze straty występowały na obiekcie łąkowym koszonym jeden raz w sezonie oraz na obiekcie z niekoszoną runią trawiastą.

## DYSKUSJA WYNIKÓW

Przedmiotem badań była nienawożona ruń, imitująca łąkę górską. Określano jej plonowanie w warunkach różnej częstości koszenia oraz ilość i jakość wód odciekających z profilu glebowego.

Plonowanie runi na poszczególnych obiektach było w roku wysiewu mieszanki małe i stosunkowo wyrównane, z uwagi na identyczne zabiegi pratotechniczne, zmierzające do uzyskania jednakowego zadarnienia i składu florystycznego. W następnych latach było bardzo duże i przekraczało na ogół  $10 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  s.m. Uzyskane plony były znacznie większe od podawanych w literaturze dla nienawożonych łąk górskich [KOPEĆ, 1978], a porównywalne z wynikami doświadczeń na niektórych łąkach intensywnie nawożonych [MAZUR, MAZUR, 1988]. Wynikało to zapewne z zastosowania wysokoprodukcyjnej mieszanki trawiasto-koniczynowej, której wysiew był poprzedzony jednorazowym zasileniem gleby obornikiem, którego działanie nawozowe objęło okres badawczy. Należy nadmienić, że koszenie i zbiór zielonki w badaniach lizymetrycznych są dużo dokładniejsze niż w doświadczeniach poletkowych, co jest powodem dużej wydajności plonowania.

Największe plony suchej masy uzyskano w lizymetrach koszonych dwukrotnie i trzykrotnie w sezonie. Zdecydowanie słabiej plonowała ruń koszona jednokrotnie oraz czterokrotnie.

Z badań wynika, że w sytuacji zaniechania nawożenia łąk górskich, wielkość infiltracji w głąb profilu glebowego zależy od sposobu użytkowania runi, a zwłaszcza częstości jej koszenia. Częstsze koszenie łąk (np. czterokrotne), powodujące dłuższe utrzymywanie w sezonie małej wysokości runi, sprzyja natężeniu procesu infiltracji. Jest to między innymi związane z ograniczeniem intercepcji wody opadowej, która dociera do powierzchni gleby nawet podczas niewielkich opadów oraz z ograniczeniem procesu transpiracji ze względu na mniejszą powierzchnię roślin w porównaniu z obiektami koszonymi rzadziej bądź w ogóle niekoszonymi [MISZTAŁ, 2000], na których wartości współczynników odpływu z profilu glebowego są wyraźnie mniejsze. Stwierdzone znaczne odpływy wglębne na kombinacji samozadarniającego się pola ornego były związane z brakiem zwartej okrywy roślinnej.

Analiza korelacyjna relacji opad – odciek dowiodła, że ilość wód odciekających jest wyraźnie uzależniona od ilości opadów w przypadku przesiąkania przez grunt ugorowany, pozostawiony do samozadarnienia oraz zajęty przez łąkę koszoną czterokrotnie w sezonie. W obrębie tych kombinacji proces infiltracji wgłębnej zachodzi najszybciej, przy czym na obiekcie ulegającym samozadarnieniu obserwowane jest jego sukcesywne ograniczanie.

Badania chemizmu wód opadowych w porównaniu z odciekowymi wykazały przeobrażenia składu makrojonowego, zachodzące podczas infiltracji wgłębnej. Stwierdzono zmianę odczynu z kwaśnego do obojętnego lub lekko alkalicznego oraz wyraźne zwiększenie stężeń wapnia i magnezu, a w mniejszym stopniu także siarczanów, co wskazuje na intensywne rozpuszczanie i ługowanie tych składników z gleby [MISZTAŁ, 2001]. Jednocześnie malało stężenie azotu amonowego, co jest związane z jego przemianami chemicznymi i biochemicznymi w glebie [SAPPEK, 1990]. Porównując wielkości sumarycznego ładunku składników wprowadzanego na powierzchnię lizymetrów z opadami i odprowadzanego z odciekami stwierdzono straty składników, co jest zgodne z wynikami uzyskanymi w badaniach lizymetrycznych przez MISZTAŁA [2001].

Ogólnie stężenia poszczególnych składników w wodach odciekających były małe. Wyjątek stanowiły stężenia azotu azotanowego rejestrowane w odciekach z gruntu ugorowanego. Okresowo osiągały one wartości kilkunastu  $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  wskazując na możliwość zanieczyszczenia wód podziemnych tym składnikiem. Zastosowanie w doświadczeniu różnych kombinacji użytkowania, różnicowało jakość wód odciekających, zwłaszcza zawartość azotu azotanowego, fosforanów, wapnia, magnezu i siarczanów. Stwierdzone zróżnicowanie ilości i jakości wód odciekających determinowało wielkości wynoszenia składników mineralnych. Największe ich ilości były odprowadzane z gleb ugorowanych, a w dalszej kolejności z gleb ulegających samozadarnieniu oraz zajętych przez często koszone łąki. Najmniejsze straty zanotowano na obiektach niekoszonej runi trawiastej oraz koszonej jednorazowo w sezonie. Świadczy to o niejednokrotnie opisywanym w literaturze [KOPEĆ, 1992] dużym znaczeniu trwałych użytków zielonych w ograniczaniu wypłukiwania składników mineralnych z gleb górskich. Jest to bardzo istotne w sytuacji dostarczania składników mineralnych wyłącznie z opadami atmosferycznymi.

## WNIOSKI

1. Częstość koszenia runi łąkowej wyraźnie różnicuje ilość zbieranej biomasy trawiastej. Między poszczególnymi kombinacjami różnice te dochodziły do  $4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  s.m.

2. Wielkość infiltracji wgłębnej na ogół jest skorelowana z ilością opadów atmosferycznych i jest determinowana sposobem użytkowania ziemi. Okrywa trawiasta wyraźnie spowalnia proces przesiąkania wody. W badaniach stwierdzono,

że w okresie wegetacyjnym zmienność współczynników odpływu była zróżnicowana i wynosiła od 25 do 60% zarejestrowanej sumy opadów atmosferycznych.

3. Skład chemiczny wód opadowych ulega przeobrażeniom podczas infiltracji i jest różnicowany charakterem okrywy roślinnej. Jej brak decyduje o zwiększonej mineralizacji odcieków.

4. Szata darniowa ogranicza wymywanie składników mineralnych z profilu glebowego. Najskuteczniejsza jest ruń niekoszona lub koszona jednorazowo, gdyż zmniejsza wymywanie nawet trzykrotnie bardziej niż powierzchnie niezadarnione.

5. Istnieje potrzeba kontynuacji badań w celu poszukiwania optymalnych form zagospodarowania terenów górskich pod kątem równoważenia potrzeb rolno-środowiskowych z wodnymi.

## LITERATURA

- DROZDŹ A., 2001. Rola owiec w kształtowaniu i utrzymaniu krajobrazu górskiego. W: Trwała okrywa roślinna jako podstawa zrównoważonego rozwoju rolnictwa w zlewniach karpackich. Mater. konf. Stacja Badawcza IMUZ w Jaworkach 9–11 października 2001 r. Falenty – Kraków: Wydaw. IMUZ s. 75–85.
- JAGŁA S., TWARDY S., 1999. Gospodarka łąkowo-pastwiskowa w terenach górskich i jej wpływ na środowisko przyrodnicze. W: Rola użytków zielonych i zadrzewień w ochronie środowiska rolniczego. Mater. konf. Kraków-Jaworki 21–22 października 1999 r. Kraków: AR, MOB IMUZ s. 117–128.
- JAGUŚ A., RZĘTAŁA M., 2001. Szczawnica i okolice – niektóre możliwości kształcenia w zakresie geografii. Sosnowiec: WNoZUŚ ss. 128.
- JAGUŚ A., TWARDY S., 2001. Wpływ zróżnicowanej intensywności użytkowania runi na plon i wypłukiwanie biogenów z profilu glebowego (wstępne wyniki badań). W: Trwała okrywa roślinna jako podstawa zrównoważonego rozwoju rolnictwa w zlewniach karpackich. Mater. konf. Stacja Badawcza IMUZ w Jaworkach 9–11 października 2001 r. Falenty – Kraków: Wydaw. IMUZ s. 183–193.
- KOPEĆ S., 1978. Porównanie wpływu nawożenia NPK i N na produktywność łąk górskich. Wiad. IMUZ t. 13 z. 4 s. 125–139.
- KOPEĆ S., 1992. Ochronne działanie użytków zielonych przed utratą składników nawozowych wymywanych do wód w warunkach górskich. Wiad. IMUZ t. 17 z. 2 s. 383–399.
- KOSTUCH R., 2000. Znaczenie użytków zielonych w regionie wyżynno-górskim. Aura nr 5 s. 11–12.
- MAZUR K., MAZUR T., 1988. Dynamika plonowania łąki górskiej w okresie 14 lat doświadczenia nawozowego. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 336 s. 109–115.
- MISZTAŁ A., 2000. Odpływ wody i ewapotranspiracja w warunkach zróżnicowanego rolniczego użytkowania gleby górskiej w rejonie Małych Pienin. Rozpr. Habil. Falenty: Wydaw. IMUZ ss. 119.
- MISZTAŁ A., 2001. Produkcyjne wykorzystanie wody oraz odpływ wgłębny w zależności od sposobu użytkowania gleby w warunkach górskich. Falenty – Kraków: Wydaw. IMUZ ss. 86.
- MISZTAŁ A., SMOROŃ S., 2001. Odpływy wody z profilu glebowego w sytuacji zaniechania rolniczego użytkowania ziemi. W: Produkcyjne zużycie wody przez agrocenozy i jego wpływ na środowisko wodno-glebowe. Mater. Semin. nr 47. Falenty: Wydaw. IMUZ s. 116–122.
- SAPEK A., 1990. Procesy związane z wymywaniem azotu z gleb użytkowanych rolniczo. W: Zanieczyszczenia obszarowe w zlewniach rolniczych. Mater. Semin. nr 26. Falenty: IMUZ s. 17–29.

- TWARDY S., 2001. Zwierzęta gospodarskie i produkcja mięsa w Karpatach Polskich. W: Niskonakładowa produkcja rolnicza z wykorzystaniem pasz z użytków zielonych w Karpatach Polskich. Falenty: Wydaw. IMUZ s. 107–124.
- TWARDY S, HAMNETT R. G., 2000. Niskonakładowe sposoby wypasu owiec w Karpatach Polskich. Falenty: Wydaw. IMUZ ss. 32.
- ZARZYCKI J., 1999. Wpływ zaniechania użytkowania na roślinność łąk Babiej Góry. W: Szata roślinna jako wielofunkcyjna dominanta ilościowo-jakościowych zasobów wodnych w górach. Mater. Semin. nr 42. Falenty: Wydaw. IMUZ s. 47–53.

*Andrzej JAGUŚ, Stanisław TWARDY*

**THE INFLUENCE OF CUTTING FREQUENCY OF A MOUNTAIN MEADOW ON YIELD  
AND CHEMICAL COMPOSITION OF PERCOLATING WATERS  
(LYSIMETER STUDIES)**

*Key words: abandoned fertilization, biomass yield, deep infiltration, mountain meadow*

**S u m m a r y**

The paper presents the effects of different use of a mountain meadow on biomass production and deep infiltration. We aimed at evaluating vegetation and water-soil environment at reduced utilization of the grassland. The experiment was carried out with the lysimeter method. The following objects were considered: 1 – abandoned arable land, 2 – not mown meadow, 3 – once cut meadow, 4 – twice cut meadow, 5 – thrice cut meadow, 6 – fourfold cut meadow, 7 – fallow land. Objects were not fertilized, otherwise the grassland was treated in the way common for everyday practice.

Yielding of every mown object was high, reaching generally over  $10 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  DM. The highest results were obtained from the meadow cut two and three times per year, while the meadows cut once and four times appeared to be weaker. The level of deep infiltration varied with the number of cuts. It was found that with the rising number of cuts, the amount of water leaving a soil profile increased. The lowest results were noted when the grassland was not cut at all or was cut once a year.

The study revealed changes in chemical composition of precipitation in the course of deep infiltration due to the use of experimental object. The loads of particular mineral components leaving soil differed. The losses of mineral components were related to the quantity of percolating waters. The highest losses were noted for the object devoid of permanent vegetation, then for the grassland cut more frequently. Abandoned and rarely cut meadows seemed to protect the soil from mineral losses.

---

Recenzenci:

*prof. dr hab. Edward Pierzgałski*

*prof. dr hab. Czesław Szafranski*

Praca wpłynęła do Redakcji 06.01.2004 r.

