

Katedra Chemii Rolnej, Akademia Rolnicza w Krakowie  
Al. A. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków, Poland

Barbara Wiśniowska-Kielian, Adam Paździoro

### Ocena zawartości mikroelementów w roślinności użytków zielonych w regionie górskim

---

Estimation of microelements content in vegetation of grasslands in a mountain region

ABSTRACT. The paper presents microelements content in vegetation of mountain grasslands. Samples of the sward were taken from Ujsoły commune situated in the southern part of Beskid Żywiecki with altitude 540–1324 m a.s.l., in a strongly formatted terrain with a slope reaching 30–50°. The vegetation from Złatna contained the most of microelements, and the lowest Fe, Zn and Cu levels were observed in Soblówka. Fe content in the sward from Ujsoły and Złatna was more diversified than in the other localities. More than half of the samples had optimum Fe content, and all samples of the sward from Soblówka and 50% from Glinka revealed its deficit. Mn level in the sward from Soblówka showed the greatest variability. Mn deficit was confirmed in 4% of sward samples, 8% – had optimal its level, and 88% its excessive concentration. Zn content was the most diversified in the sward from Złatna, and in the other localities it proved smaller variability. Too low Zn level was observed in 38% of sward samples, 54% had optimum Zn content, and in 8% its excessive quantity was confirmed. Cu level was more diversified in Soblówka and Ujsoły than in the other two localities. All sward samples revealed a deficit of Cu. Zn and Cu in vegetation were positively correlated with their soil content, and Zn and Mn demonstrated a negative correlation with soil pH. Moreover Zn, Mn and Cu content was positively correlated with total N content in sward, and Zn and Cu – with Fe content in sward.

KEY WORDS: grassland, mountain region, microelements, fodder quality

W wielu krajach użytki zielone odgrywają ważną rolę w żywieniu zwierząt gospodarskich i zaspokajają znaczną część ich potrzeb pokarmowych. Użytki te, zwłaszcza pastwiska, są najbardziej opłacalnym źródłem paszy w żywieniu

przeżuwaczy, szczególnie bydła mlecznego. W Polsce wiele z tych użytków jest zaniedbanych, co pogarsza ich plonowanie i jakość pozyskiwanej paszy, nadal jednak zajmują one poczesne miejsc w żywieniu zwierząt w terenach górskich. Plonowanie użytków zielonych zależy od składu florystycznego, położenia nad poziomem morza oraz nachylenia i wystawy stoku.

Wśród pierwiastków śladowych ważną rolę odgrywają niezbędne dla żywych organizmów mikroelementy: Fe, Mn, Zn i Cu. Pierwiastki te potrzebne są w małej ilości, a przekroczenie optymalnego ich poziomu może działać toksycznie na żywe organizmy [Kabata-Pendias, Pendias 1999]. Celem pracy było zbadanie zawartości mikroelementów w runi użytków zielonych górskiej gminy Ujsoły i ocena na tej podstawie wartości paszowej uzyskanego siana.

#### METODY

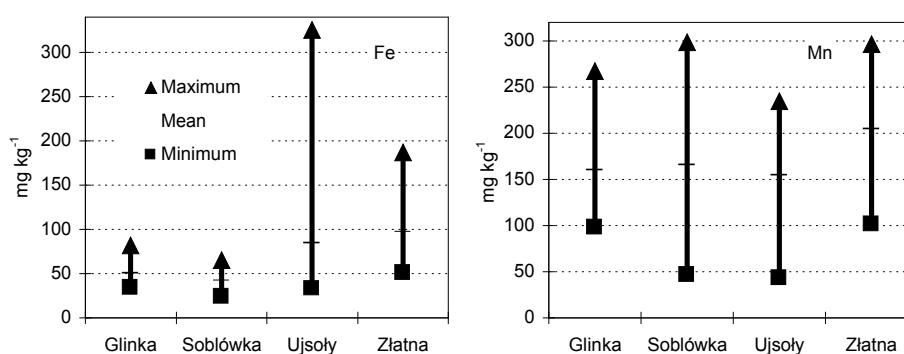
Badania przeprowadzono w czerwcu 2002 r. na terenie gminy Ujsoły, położonej w południowej części Beskidu Żywieckiego na wysokości 540–1324 m n.p.m., o lesistości 72%. Teren jest tu silnie ukształtowany, a nachylenie stoków dochodzi do 30–50°. Gleby wytworzone w większości ze skał fliszowych są niedostatecznie uwilgotnione na skutek małej miąższości profilu glebowego, szybkiego spływu powierzchniowego, który wywołuje silną erozję, potęgowaną przez zrywkę drewna [Uchwała Rady Gminy Ujsoły X/3/82/99 1999]. Roczne sumy opadów wahają się od 900 mm w dolinach do ponad 1300 mm na szczytach [Matuszczyk 1989]. Warunki glebowo-klimatyczne omówiono szczegółowo we wcześniejszej pracy [Wiśniowska-Kielian, Paździorko 2004a].

Próbki runi z użytków zielonych zebrano z powierzchni 1 m<sup>2</sup>. Z tych samych miejsc pobrano glebę do analiz chemicznych. Liczba pobranych próbek była proporcjonalna do ilości gospodarstw w poszczególnych miejscowościach: w Ujsołach pobrano 22 próbki, w Glince i Złatnej – po 10, a w Sobłówe – 8 próbek. Próbki runi suszono na powietrzu, jak przy sporządzaniu siana, a następnie w suszarce w temp. 65°C w celu określenia plonu suchej masy. Materiał roślinny zmielono, poddano mineralizacji na sucho, a popiół roztworzono w HNO<sub>3</sub> (1:2). Koncentrację Fe, Mn, Zn i Cu w roztworach oznaczono metodą emisyjnej spektrometrii plazmowej ICP-AES w aparacie JY 238 ULTRACE Jobin Yvon Emission.

#### WYNIKI

Zawartość mikroelementów w runi była uzależniona od miejsca jej pobrania. Największą średnią zawartością żelaza odznaczała się ruń pochodząca z terenu

Złatnej, następnie z Ujsół, a znacznie mniejszą z Glinki i Soblówki. Jego zawartość wynosiła odpowiednio: 96,1, 84,2, 50,2 i 41,4 mg Fe kg<sup>-1</sup> s.m. Najmniejsze zróżnicowanie poziomu Fe obserwowano w runi z terenu Glinki i Soblówki, większe w runi z terenu Złatnej, a największe z Ujsół (ryc. 1). Względne odchylenia standardowe (V) wahały się od 25,7 do 79,4%. Pasza, według różnych opracowań [Falkowski i in. 1996], powinna zawierać od 50 do 200 mg Fe kg<sup>-1</sup> s.m. Optymalną zawartość żelaza wykazywało 56% próbek, przy czym niedobór tego pierwiastka stwierdzono w większości próbek runi z terenu Glinki i Soblówki.



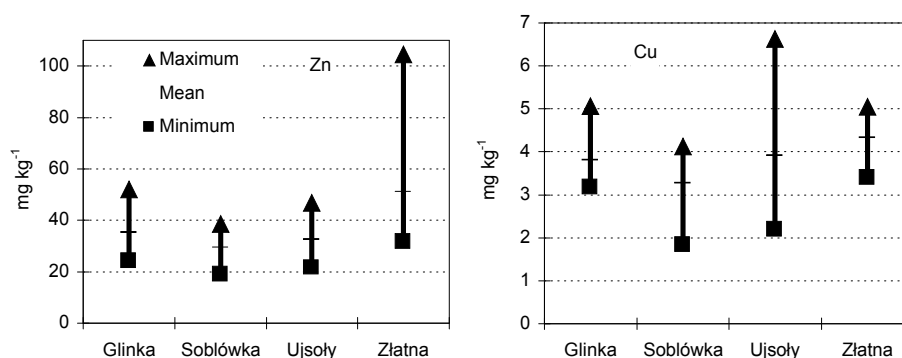
Rycina 1. Zawartość Fe i Mn w runi użytków zielonych, mg kg<sup>-1</sup> s.m.

Figure 1. Fe and Mn content in a grassland sward, mg kg<sup>-1</sup> d.m.

Najwięcej manganu zawierała run z terenu Złatnej, średnio 204,3 mg kg<sup>-1</sup> s.m., a w pozostałych miejscowościach miała podobną zawartość, wynoszącą od 153,9 do 165,5 mg Mn kg<sup>-1</sup> s.m. (ryc. 1). Zawartość Mn w runi z Soblówki była bardziej zróżnicowana (V=51,0%) niż w pozostałych miejscowościach, w których obserwowano podobną zmienność jego poziomu (V = 30,1–33,8%). Dobra pasza powinna zawierać 50–100 mg Mn kg<sup>-1</sup> s.m. [Falkowski i in. 1996]. Wynika stąd, że 4% próbek runi miało niedostateczną jego zawartość, 8% – optymalną, a aż 88% wykazywało nadmiar tego mikroelementu.

Największą zawartość cynku obserwowano w runi z terenu Złatnej, mniejszą w Glince i Ujsolach, a najmniejszą w Soblówce. Średnie zawartości tego pierwiastka wynosiły odpowiednio: 50,7, 35,2, 32,4 i 29,1 mg Zn kg<sup>-1</sup> s.m. (ryc. 2). Zawartość cynku była najbardziej zróżnicowana w runi ze Złatnej (V = 40,5%), a w pozostałych miejscowościach wykazywała podobną zmienność (V = 21,5–25,3%). Pasza dobrej jakości powinna zawierać 30–50 mg Zn·kg<sup>-1</sup> s.m. [Falkowski i in.

1996], zatem 38% próbek runi wykazywało jego niedobór, 54% miało optymalną zawartość, a tylko w 8% stwierdzono nadmiar Zn.



Rycina 2. Zawartość Zn i Cu w runi użytków zielonych, mg kg<sup>-1</sup> s.m.

Figure 2. Fe and Mn content in a grassland sward, mg kg<sup>-1</sup> d.m.

Run z Złatnej wykazywała największą zawartość miedzi. W runi z Glinki i Ujsół poziom tego pierwiastka był niższy i do siebie zbliżony, a najmniej odnotowano jej w Sobkówce. Średnie zawartości wynosiły odpowiednio: 4,32, 3,85, 3,86 i 3,26 mg Cu kg<sup>-1</sup> s.m. (ryc. 2). Zróżnicowanie zawartości miedzi w runi z Sobkówki i Ujsół było większe ( $V = 24,9$  i  $23,7\%$ ) niż w dwóch pozostałych miejscowościach ( $V = 14,0$  i  $13,1\%$ ). Optymalna zawartość miedzi w paszy wynosi 7–10 mg kg<sup>-1</sup> s.m. [Falkowski i in. 1996], można więc ocenić, że wszystkie próbki runi wykazywały jej niedobór.

Zawartość pierwiastków śladowych w runi badanych użytków zielonych zależała od niektórych właściwości gleby. Zawartość Zn i Cu w runi była dodatnio skorelowana z ich zawartością w glebie (odpowiednio:  $r_{0,01} = 0,428$  i  $r_{0,001} = 0,444$ ). Z kolei zawartość Mn i Zn była ujemnie skorelowana z pH gleby (odpowiednio:  $r_{0,01} = -0,373$  i  $r_{0,05} = -0,273$ ). Ponadto zawartość Zn, Mn i Cu była dodatnio skorelowana z całkowitą zawartością N w runi (odpowiednio:  $r_{0,001} = 0,526$ ,  $r_{0,05} = 0,307$  i  $r_{0,001} = 0,516$ ), a koncentracja Zn i Cu z zawartością Fe w runi ( $r_{0,01} = 0,365$  i  $r_{0,01} = 0,368$ ).

#### DYSKUSJA

Gleby badanych użytków zielonych z gminy Ujsół wykazywały się znacznym zakwaszeniem, ich pH w 1 mol KCl dm<sup>-3</sup> nie przekraczało 4,5. Cechowały się też wysoką zawartością ilu koloidalnego (30–70%), materii organicznej

(38,6–47,2 g kg<sup>-1</sup>) oraz kationową pojemnością sorpcyjną (140,7 do 205,9 mmol (+) kg<sup>-1</sup>) [Wiśniowska-Kielian, Paździorko 2004a], co mogło wpłynąć na zróżnicowanie zawartości mikroelementów w glebie i w roślinach.

W swoich badaniach Lipiński i Lipińska [2001] stwierdzili, że zawartość materii organicznej wywiera wpływ głównie na absorpcję żelaza przez rośliny użytków zielonych, gdyż łatwo tworzy związki chelatowe z Fe [Kabata-Pendias, Pendias 1999]. Żelazo w formie Fe<sup>2+</sup> jest jednym z najbardziej ruchliwych jonów w glebie, a jego stężenie jest proporcjonalne do zakwaszenia gleby. Odczyn gleby oddziałuje głównie na koncentrację manganu [Lipiński, Lipińska 2001], co potwierdzono w prezentowanych badaniach. Przyczyną takiego stanu jest większa rozpuszczalność manganu w bardzo kwaśnych glebach tych użytków i wzmożona jego fitoprzyswajalność. Przyswajalność tego pierwiastka jest większa na glebach kwaśnych (pH < 5,5) oraz alkalicznych (pH ok. 8), a także słabo przewietrzanych, w których przeważają procesy redukcji. Zawartość dostępnego Mn zależy też od składu granulometrycznego i zawartości materii organicznej. Jest on słabo wiązany przez materię organiczną, co decyduje o jego dużej ruchliwości w glebach. Niskiemu pH gleby towarzyszy zwiększona zawartość Mn w sianie [Malhi i in. 1999b]. Zawartość Mn zwiększa się na ogół w roślinach w miarę ich rozwoju [Falkowski i in. 1996], co znalazło odzwierciedlenie w badaniach własnych, gdyż stwierdzono nadmierną koncentrację tego pierwiastka w runi zebranej w czerwcu 2002 r., czyli będącej w początkowej fazie kwitnienia. Oresnik i in. [1999] obserwowali znaczne zróżnicowanie zawartości Mn zależnie od gatunku trawy, części rośliny i pokosu. Pędy wegetatywne zawierały go istotnie więcej niż reprodukcyjne, zaś I pokos runi znacznie mniej niż pokos jesienny. Jego wysoka koncentracja w pokosie jesiennym mogła też wynikać ze znacznych opadów w tym okresie, a jak stwierdzono we wcześniejszych pracach [Prończuk 1983; Wiśniowska-Kielian, Kasperczyk 1993; Warda i in. 1996], wyższa wilgotność gleby sprzyja pobieraniu Mn, a także Fe i Cu przez rośliny. Tę zależność tylko częściowo potwierdza zawartość żelaza w runi użytków zielonych gminy Ujsoły. Zdaniem Falkowskiego i in. [1996] wysoki poziom Fe w paszy może mieć związek ze znaczną zawartością żelaza w glebach łąkowych. Większość próbek z tej gminy wykazywała optymalny poziom Fe, a jego niedobór występujący na terenie Sobków mógł wynikać z lepszego plonowania runi i rozcieńczenia składnika w większej masie plonu. Z drugiej strony może to wynikać z dużej zawartości Mn w glebie [Wiśniowska-Kielian, Paździorko 2004b], działającego antagonistycznie w stosunku do Fe i powodującego nagromadzenie się Fe<sup>3+</sup>, w wyniku czego może wystąpić niedobór przyswajalnej formy Fe<sup>2+</sup> [Falkowski i in. 1996].

Pogląd o ważnej roli materii organicznej i minerałów ilastych w sorpcji pierwiastków śladowych podziela również Nowak [1995], który badając występowanie metali ciężkich w glebach Beskidu Śląskiego zaobserwował znaczny udział Zn w formie rozpuszczalnej, związanej z substancją organiczną oraz z tlenkami Mn-Fe i Mn. Na skutek procesu wietrzenia w glebach kwaśnych cynk staje się łatwo rozpuszczalny, jego jony tworzą mobilne połączenia mineralne lub organiczno-mineralne, a dzięki temu jest łatwo pobierany przez rośliny. Natomiast nadmierne nawożenie fosforem i wapnowanie gleb może być przyczyną wtórnego niedoboru cynku dla roślin [Kabata-Pendias, Pendias 1999]. Zanieczyszczenie tym pierwiastkiem występuje w silnie uprzemysłowionych rejonach kraju [Gorlach i in. 1993; Czarnowska 1995]. Podwyższoną zawartość Zn w niektórych próbkach runi można tłumaczyć kwaśnym odczynem, który sprzyja zwiększonej absorpcji tego pierwiastka przez rośliny [Malhi i in. 1999a]. Na górskim użytku zielonym Kafedjiev i in. [2001] obserwowali największą akumulację cynku w czerwcu, czyli w runi pierwszego pokosu, a dwukrotną obniżkę jego poziomu w sierpniu, gdy zbierano drugi pokos. Szczególnie wysoka koncentracja cynku, obserwowana w runi z terenu Żłatnej, mogła wynikać ze słabszego plonowania, co sprzyjało nagromadzeniu się Zn w runi [Wiśniowska-

-Kielian 2001]. Przy małym plonie biomasy oraz większym zwarciu runi roślinność użytków zielonych lepiej wykorzystuje składniki pokarmowe zawarte w glebie [Wiśniowska-Kielian, Kasperczyk 1999]. Wielkość plonów górskich użytków zielonych zależy od ekspozycji oraz nachylenia stoku. Większe plony runi uzyskuje się na stokach północnych, ze względu na większe uwilgotnienie podłoża i mniejszą ewaporację [Figuła 1958; Kopeć 1975]. Zwiększenie nachylenia zboczy zmniejsza plon o 1,5–2,2% na każdy stopień spadku w przedziale 10–20° [Kopeć, Misztal 1996], gdyż następuje spływanie poziomu próchnicznego w wyniku zmywu stokowego, przez co maleje pojemność wodna i retencja wody dostępnej [Linczar 1995]. Takie zjawisko obserwowano w tym przypadku. Większa zawartość Zn mogła też wynikać z dużej zasobności skały macierzystej w ten pierwiastek, co obserwowano w wytworzonych z fliszu karpackiego glebach Żywiecczyny [Terelak i in. 1997].

Gorlach i in. [1994] twierdzą, że zawartość Cu jest skorelowana z zawartością frakcji koloidalnej, a co za tym idzie z wielkością pojemności sorpcyjnej gleby. Miedź jest wiązana w glebach przez substancję organiczną i minerały ilaste, wytrąca się w postaci siarczanów, siarczków i węglanów [Weber 1993; Kabata-Pendias, Pendias 1999, Terelak i in. 2000]. Jej zawartość w glebach kraju nie przekracza 10 mg Cu kg<sup>-1</sup> [Mocek 1989; Kabata-Pendias, Pendias 1999; Terelak i in. 2000]. Znajduje to potwierdzenie w niedostatecznej zawarto-

ści tego pierwiastka we wszystkich próbkach runi z gminy Ujszoły. Może to mieć związek z zawartością Zn w glebie, zwłaszcza z terenu Złatnej i Glinki [Wiśniowska-Kielian, Paździorko 2004b]. Cynk jest antagonistą Cu, przez co zwiększona jego zawartość w glebie zmniejsza pobranie miedzi przez rośliny. Zakwaszenie gleby zmniejsza udział roślin motylkowatych i dwuliściennych w runi na korzyść traw [Jurkowska i in. 1984]. Trąba i Wolański [1999] stwierdzili, że rośliny dwuliścienne: motylkowate, ziola i chwasty zawierają więcej Cu niż trawy, toteż wprowadzenie motylkowatych do mieszanek pastwiskowych niweluje niedobory mikroelementów i poprawia wartość biologiczną paszy [Warda i in. 1996].

#### WNIOSKI

1. Najwięcej mikroelementów zawierała ruń z terenu Złatnej, a najniższy poziom Fe, Zn i Cu obserwowano w runi z Soblówki.

2. Zawartość Fe w runi z terenu Ujsół i Złatnej była bardziej zróżnicowana niż w pozostałych miejscowościach. Ponad połowa próbek z tych miejscowości miała optymalny poziom Fe, natomiast wszystkie próbki runi z Soblówki i 50% próbek z Glinki wykazywało jego niedobór.

3. Największą zmienność wykazywała zawartość Mn w runi z Soblówki. Jego niedobór stwierdzono w 4% próbek runi, zawartość optymalną miało 8%, a nadmierną 88% próbek.

4. Zawartość cynku była najbardziej zróżnicowana w runi ze Złatnej, a w pozostałych miejscowościach wykazywała mniejszą zmienność. Zbyt niski poziom Zn obserwowano w 38% próbkach runi, 54% miało optymalną zawartość, a w 8% próbek stwierdzono jego nadmiar.

5. Poziom Cu był bardziej zróżnicowany w runi z Soblówki i Ujsół niż w runi z Glinki i Złatnej. Wszystkie próbki wykazywały niedostateczną jej zawartość.

6. Zawartość Zn i Cu w runi była dodatnio skorelowana z ich zawartością w glebie, zaś zawartość Zn i Mn wykazywała ujemną korelację z pH gleby. Ponadto zawartość Zn, Mn i Cu była dodatnio skorelowana z całkowitą zawartością N w runi, a zawartość Zn i Cu z zawartością Fe w runi.

#### PIŚMIENNICTWO

- Czarnowska K. 1995. Metale ciężkie w skałach osadowych okruchowych jako punkt odniesienia zanieczyszczenia gleby. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 418, 1, 87–90.

- Falkowski M., Kukułka I., Kozłowski S. 1996. Ocena jakościowa runi łąk trwałych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 442, 41–49.
- Figuła K. 1958. Badania nad gospodarką górskich użytków zielonych. Roczn. Nauk Rol., Ser. F, 72, 1, 131–185.
- Gorlach E., Brydak K., Gambuś F. 1993. Distribution of heavy metals in soil profiles of the Cracow region. Polish J. Soil Sci. 26, 2, 97–104.
- Gorlach E., Gambuś F., Brydak K. 1994. Zawartość metali ciężkich w glebach i roślinach łąkowych wokół Huty im. Tadeusza Sendzimira. Acta Agr. et Silv. 32, 13–24.
- Jurkowska H., Kasperczyk M., Wiśniowska-Kielian B., Rogóż A., Wojciechowicz T. 1984. Wpływ nawożenia azotowego na zawartość mikroelementów w roślinności łąkowej. Acta Agr. et Silv. 23, 115–125.
- Kabata-Pendias A., Pendias H. 1999. Biogeochemia pierwiastków śladowych. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa, ss. 398.
- Kafedjiev V., Odjakova T., Angelov L., Todorova P., Petkova I. 2001. Zinc accumulation capacity of the meadow vegetation in different mountain areas (South and Central Bulgaria). Bulg. J. Agricul. Sci. 7, 4/5, 445–449.
- Kopeć S. 1975. Studia nad kształtowaniem się retencji wodnej gleb górskich użytków zielonych na tle ich plonowania. IMUZ, Falenty, Studia i Rozprawy, ss. 65.
- Kopeć S., Misztal A. 1996. Kształtowanie się plonowania górskich łąk łąkowych w zależności od ekspozycji stoków i spadku terenu. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 442, 237–244.
- Linczar M. 1995. Erozja gleb w Polsce. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 418, 1, 91–99.
- Lipiński W., Lipińska H. 2001. Oddziaływanie materii organicznej i odczynu na zawartość metali ciężkich w glebach i roślinach użytków zielonych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 479, 187–192.
- Malhi S.S., Harapiak J.T., Nyborg M., Wiśniowska-Kielian B. 1999a. Effect of long-term application of different nitrogen forms on soil reaction and some microelement contents in soil and bromegrass hay. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 465, 547–558.
- Malhi S.S., Wiśniowska-Kielian B., Harapiak J.T., Nyborg M. 1999b. Liming as a factor of yield improvement and quality change of bromegrass (*Bromus inermis* Leyss.) grown for hay. Zesz. Nauk. AR w Krakowie. Sesja naukowa, 64, 247–262.
- Mocek A. 1989. Możliwości racjonalnego zagospodarowania gleb chemicznie skażonych w przemysłowych strefach ochrony sanitarnej. Roczn. AR w Poznaniu. Rozprawy Nauk. 185, ss. 98.
- Nowak B. 1995. Współwystępowanie metali ciężkich w glebach Beskidu Śląskiego. Prace Instytutu i Lab. Bad. Przem. Spoż. 50, 72–79.
- Oresnik A., Lavrencic A., Stopar J. 1999. Variabilnost v vsebnosti mangana v vzorcih trav in crne detelje. Zbornik Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Kmetijstvo (Zootehnika), 74, 2, 53–60.
- Prończuk J. 1983. Składniki mineralne w sianie i kupkowie z łąk trwałych w zależności od pH, wilgotności i nawożenia siedlisk. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 246, 29–45.
- Terelak H., Motowicka-Terelak T., Stuczyńska T., Pietruch Cz. 2000. Pierwiastki śladowe Cd, Cu, Ni, Pb, Zn w glebach użytków rolnych Polski. Bibl. Monit. Środ. ss. 69.
- Terelak H., Stuczyński T., Motowicka-Terelak T., Piotrowska M. 1997. Zawartość Cd, Cu, Ni, Pb, Zn i S w glebach woj. katowickiego i Polski. Arch. Ochr. Środ. 23, 3/4, 69–81.
- Trąba C., Wolański P. 1999. Łąki zielone źródłem wartościowej paszy dla bydła. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, Konferencje, 361, 243–250.



- Warda M., Ćwintal H., Krzewiec D. 1996. Wieloletnie zasiewy motylkowato-trawiaste sposobem na zwiększenie różnorodności florystycznej i wartości paszowej runi pastwiskowej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 442, 453–464.
- Weber J. 1993. Wpływ związków próchnicznych na kumulowanie i migracje w glebie niektórych metali ciężkich emitowanych przez przemysł. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 411, 281–292.
- Wiśniowska-Kielian B. 2001. Zmiany składu chemicznego runi po renowacji pastwiska – zawartość mikroelementów. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 480, 345–356.
- Wiśniowska-Kielian B., Kasperczyk M. 1993. Skład florystyczny i chemiczny runi nowo założonej łąki górskiej w ostatnim pięcioleciu dwunastoletniego statycznego doświadczenia. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie* 282, Rol. 31, 161–172.
- Wiśniowska-Kielian B., Kasperczyk M. 1999. Zmiany zawartości składników mineralnych w roślinach i w glebie w zależności od sposobu zagospodarowania łąki. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 467, 679–687.
- Wiśniowska-Kielian B., Paździorko A. 2004a. Ocena zawartości makroelementów i pierwiastków śladowych w glebach i roślinności użytków zielonych w regionie górskim. Cz. I. Właściwości gleby. *J. Elementology* (w druku)
- Wiśniowska-Kielian B., Paździorko A. 2004b. Ocena zawartości makroelementów i pierwiastków śladowych w glebach i roślinności użytków zielonych w regionie górskim. Cz. III. Zawartość mikroelementów w glebie. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* (w druku)

