

## Możliwości użytkowania rolniczego gleb górskich – badania w masywie Magurki Wilkowskiej (Karpaty Polskie)

### Possibilities of agricultural use of mountainous soils – a study of Magurka Wilkowska massif (Polish Carpathians)

Andrzej Jaguś, Mariusz Skrzypiec

Akademia Techniczno-Humanistyczna, Instytut Ochrony i Inżynierii Środowiska  
ul. Willowa 2, 43-309 Bielsko-Biała, Polska  
e-mail: ajagus@ath.bielsko.pl

---

**Abstract.** The aim of the study was to recognize the present use and agrochemical properties of soil in the Polish Carpathians and also to discuss on the possibilities of agricultural activity in this area. The topic was chosen as a result of recession of agricultural activities in mountains in Poland, which could be seen starting from the 1990s. The research was carried out in the Magurka Wilkowska massif, which was assessed in terms of physiography and agronomy. A research field was set which included the hilltop, slopes and the foothills of the massif (between about 900 m a.s.l. and about 450 m a.s.l.). Fifty soil samples were taken from the research field, which represented turf, forest-turf and forest areas. The samples were analyzed for reaction, as well as concentrations of calcium, magnesium, total nitrogen, total phosphorus and available phosphorus. The research showed that mountainous regions in southern Poland lose their importance for agricultural production, mainly as a result of spontaneous vegetation succession on abandoned agrocenoses. Most soils are heavily acidified and devoid of calcium (only 0.26% dry mass on average) and available phosphorus (in most cases under 5 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in 100 g soil). Use (even extensive) of such soils, requires appropriate fertilization, not only in order to improve nutritive properties, but also to prevent degradation of soil structure and minimize mobility of micropollutants. Researched soils could successfully be used for agriculture due to their favorable granulometry and sufficient potential resources of some elements. For example, average concentrations of magnesium and total nitrogen are 0.22% and 0.28% dry mass, respectively. The research showed that soils of turf ecosystems, in spite of extensive or ceased agricultural use, are characterized by better agrochemical properties than forest soils. Progressive afforestation of turf areas may thus become a degrading factor for the agriculture soil environment. Non-forest areas in the Polish Carpathians should be used as extensive meadows and pastures.

**Słowa kluczowe:** obszary górskie, rolnictwo górskie, gospodarka łąkowo-pastwiskowa, jakość gleb  
**Key words:** mountain areas, mountain agriculture, meadow-pasture use, quality of soil

#### Wstęp

Obszary górskie południowej Polski, utożsamiane w niniejszym opracowaniu z Karpatami Polskimi, rozciągające się pomiędzy progiem pogórza (około 300 m n.p.m.) na północy a granicą państwową na południu, zajmują 19.67 tys. km<sup>2</sup>. Do lat 80. XX w. były to tereny w znacznej części zagospodarowane

rolniczo. Przebieg granic rolno-leśnych był warunkowany przede wszystkim wysokością bezwzględną, nachyleniem i ekspozycją stoków oraz warunkami glebowymi, przy czym regionalnie granice były poprowadzone zbyt wysoko (Galarowski, Kostuch 1965). Według Kurka et al. (1978) w połowie lat 70. XX w. 38.2% podanej powierzchni zajmowały grunty orne, 13.4% użytki zielone, 1.4% sady, lesistość obszaru wynosiła 39.7%, a udział gruntów pozarolniczych i nieleśnych – 7.3%. Uzyskiwane na tych terenach plony były zależne od wysokości nad poziomem morza i wynosiły średnio dla zbóż od 1.38 t na ha w przedziale 700-1000 m n.p.m. do 2.35 t na ha poniżej 500 m n.p.m., a dla zbiorów siana – od 3 do 6 t na ha w tych samych przedziałach wysokościowych (Kurek et al. 1978). W przypadku zbóż i innych upraw polowych często były to plony niezadowolające przy dużych nakładach pracy, a gospodarka orna prowadzona na gruntach położonych nawet powyżej 900 m n.p.m. zagrażała zasobom glebowym i wodnym. Stąd też postulowano ukierunkowanie rolnictwa na użytkowanie łąkowo-pastwiskowe, wskazując korzystną rolę górskich użytków zielonych dla produkcji zwierzęcej oraz w ochronie środowiska (Kostuch 1976, Kurek et al. 1978).

Od początku lat 90. XX w. rolnictwo w Karpatach Polskich zaczęło podlegać recesji. Wynikało to z transformacji ustrojowej i związanej z nią polityki wolnorynkowej, w tym ograniczenia państwowego wsparcia organizacyjnego i ekonomicznego dla rolników – m.in. wygasło pomocowe działanie tzw. „Uchwały Górskiej” z 1985 roku (Uchwała...). Efektem odlogowania gruntów ornych oraz użytków łąkowo-pastwiskowych było – i zachodzi obecnie – ich samoistne zadarnianie, zakrzaczenie i zalesianie (Jaguś et al. 2012). Zaniechanie użytkowania gruntów bądź jego ekstensyfikacja powodują jednocześnie zmiany środowiska glebowego (Jaguś 2006, 2008), wpływające na przydatność rolniczą terenu. Stąd też w 2011 r. przeprowadzono badania mające na celu rozpoznanie podstawowych cech pokrywy glebowej obszarów górskich pod kątem możliwości oceny jej aktualnej przydatności rolniczej. Obszary te należy bowiem postrzegać jako posiadające potencjał dla rolnictwa zrównoważonego, zwłaszcza produkcji mleka, węgny i mięsa poprzez ekstensywną hodowlę bydła i owiec, opartą na naturalnej paszy trawiastej (Twardy, Hamnett 2000, Twardy et al. 2001). Badania przeprowadzono w masywie Magurki Wilkowieckiej (szczyt sięga 909 m n.p.m.), stanowiącym skraj pasma Beskidu Małego w rejonie miasta Bielsko-Biała (ryc. 1). O dawnym rolniczym zagospodarowaniu tego masywu świadczą choćby rozległe hale i śródleśne polany, ulegające sukcesywnemu samozalesianiu.

## Metody

Badania analityczne gleb poprzedzono rozpoznaniem fizjografii masywu Magurki Wilkowieckiej (w tym sytuacji glebowej przedstawionej na mapach glebowo-rolniczych) oraz – w drodze obserwacji i wywiadów środowiskowych – dawnego i współczesnego zagospodarowania terenu. Poligon badawczy został wydzielony na południowo-zachodnich skłonach masywu – od partii wierzchowinowych (około 850-900 m n.p.m.) do podnóża (około 450-500 m n.p.m.) w rejonie miejscowości Wilkowice (ryc. 1). W jego obrębie pobrano 50 próbek glebowych spod poziomu organicznego, każda w formie pionowego rdzenia o miąższości 15 cm (głębokość 5+20 cm). Próbki, reprezentujące tereny leśne, leśno-darniowe i darniowe, przetransportowano w bawełnianych workach do laboratorium. Zostały one wysuszone do stanu powietrzno-suchego, rozdrobnione, a następnie przesiane przez sito o średnicy oczek 1 mm. Taki materiał (<1 mm), przygotowany zgodnie z metodyką państwowego monitoringu środowiska (Siebielec et al. 2012), został poddany analizom na odczyn oraz zawartość wapnia (Ca), magnezu (Mg), azotu ogólnego (N<sub>og</sub>), fosforu ogólnego (P<sub>og</sub>) i fosforu przyswajalnego (P<sub>prz</sub>).



Ryc. 1. Lokalizacja poligonu badawczego (źródło: Google Earth)

Fig. 1. Location of research area (source: Google Earth)

Odczyn próbek glebowych oznaczono w wodzie destylowanej (pomiar elektrometryczny pH-metrem firmy VWR). Oznaczenie zawartości Ca, Mg oraz  $P_{og}$  wymagało mineralizacji próbek – dokonano tego w mineralizatorze mikrofalowym Mars firmy CEM. Dopiero w uzyskanym wyciągu dokonywano oznaczenia metodą atomowej spektrometrii emisyjnej ze wzbudzeniem w plazmie (ICP-OES), wykorzystując spektrometr emisyjny firmy VARIAN. Azot ogólny oznaczano poprzez ogrzewanie próbek ( $>900^{\circ}C$ ) w aparacie firmy LECO (model Truspec), w którym związki azotu ulegają przemianom w azot cząsteczkowy ( $N_2$ ). Jego zawartość jest mierzona za pomocą detektora przewodnictwa cieplnego. Do celu oznaczenia  $P_{prz}$  przygotowano wyciągi glebowe według metody Egnera-Riehma (w roztworze mleczanu wapnia i kwasu solnego). Oznaczenia stężenia jonów fosforu (z reakcji kwasu ortofosforowego z molibdenianem amonu w obecności chlorku cynawego i fotoreksu) dokonano w przesączu na spektrofotometrze firmy MACHERY-NAGEL.

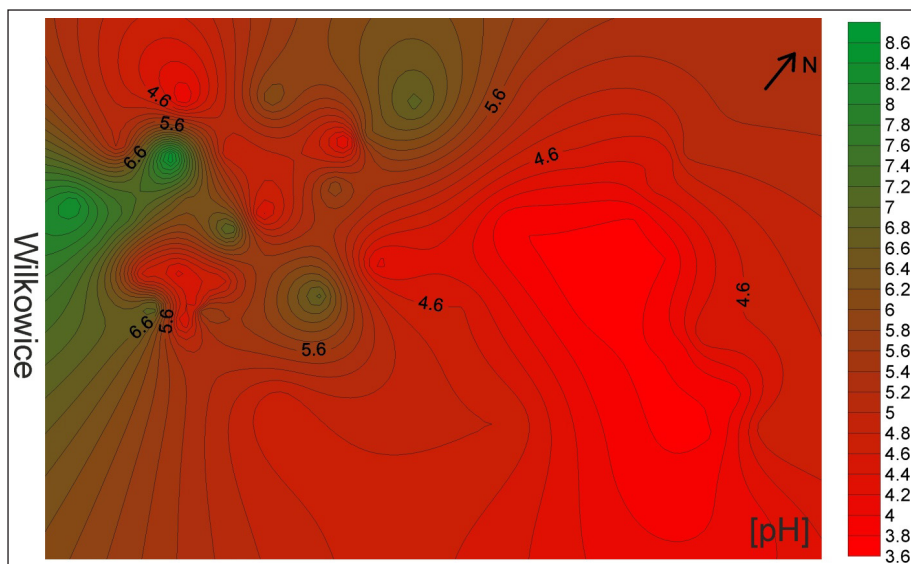
## Wyniki i dyskusja

W rejonie masywu Magurki Wilkowieckiej działalność rolnicza ma obecnie charakter drobnotowarowy (na potrzeby własne, ewentualnie handlu targowego). Miejscowo zagospodarowane są podnóża masywu (kompleksy: zbożowy górski, owsiano-ziemniaczany górski, użytki zielone średnie, użytki zielone słabe i bardzo słabe) oraz jego partie wierzchowinowe (kompleksy: owsiany górski, użytki zielone słabe i bardzo słabe). Są to niewielkie pola uprawne (głównie poletka zbożowe, ziemniaczane i warzywne) bądź ekstensywne użytki zielone, wypasane i wykaszane dla nielicznych zwierząt gospodarskich (chów wynikający z tradycji rodzinnych) lub w celu utrzymania rolnej rejestracji gruntów. Znaczna część obszaru

jest porośnięta lasem mieszanym lub ulega samozalesianiu, którego wyrazem jest rozprzestrzenianie w obrębie ekosystemów darniowych między innymi dziurawca (*Hypericum maculatum*), borówki (*Vaccinium myrtillus*), maliny (*Rubus idaeus*), jałowca (*Juniperus communis*), olszy (*Alnus incana*), leszczyny (*Corylus avellana*). W ten sposób tracony jest areal gruntów do rolniczego wykorzystania, gdyż przywrócenie tej funkcji (karczowanie roślinności, oczyszczanie gleb) wymagałoby dużych nakładów finansowych.

Na badanym obszarze dominują gleby brunatne kwaśne o uziarnieniu gliny średniej pylastej (gsp). Materiał glebowy na całym poligonie badawczym jest klasyfikowany jako glina, przy czym wykazuje przestrzenną zmienność składu granulometrycznego. W wyższych partiach terenu obok gsp spotyka się gliny średnie, gliny lekkie pylaste i gliny lekkie (zajęte miejscami przez gleby bielicowe), natomiast u podnóża masywu występują strefy glin ciężkich pylastych. Zróżnicowana jest również głębokość zalegania fliszowego podłoża skalnego. Pod względem agrotechnicznym badane gleby należą do gleb średnich i ciężkich, czyli o znacznym potencjale pokarmowym. Zatem gatunkowo pokrywa glebowa posiada stosunkowo korzystne właściwości agrarne, choć może mieć tendencje do zbyrkania lub zaskorupiania. W pewnym stopniu zapobiega temu użytkowanie łąkowo-pastwiskowe, gdyż systemy korzeniowe darniowej roślinności górskiej mają w stosunku do gleb działanie sprzyjające zachowaniu agregatowej struktury (Kostuch, Kopeć 1980).

Mniej zadowalające właściwości gleb badanego obszaru wynikają z ich typologii (gleby brunatne kwaśne), ale zapewne także zaniedbań w wapnowaniu. Co prawda oznaczone pH próbek (w H<sub>2</sub>O destylowanej) zmieniło się w granicach od 3.7 do 8.8, jednak w aż 60% przypadków nie przekraczało 5.0 (odczyn bardzo kwaśny). Tylko sześć próbek (z pięćdziesięciu) miało odczyn obojętny (pH 6.8-7.4), a dwie – alkaliczny (pH ≥ 7.5). Niższe pH dotyczyło przede wszystkim gleb terenów wierzchwinowych oraz gleb leśnych (tab. 1). Korzystny odczyn stwierdzono tylko miejscowo i był on związany, jak przewidywano, z zagospodarowanymi gruntami rejonu Wilkowice (ryc. 2). Z uzyskanych wartości pH oraz rolniczych materiałów instruktażowych (Hołubowicz-Kliza 2006) wynika więc, że rolnicze użytkowanie analizowanego obszaru na większą skalę wymagałoby wapnowania (najlepiej nawozami tlenkowymi ze względu na ciężkość agrotechniczną). Przy obecnym pH należałoby się bowiem liczyć m.in. z obniżeniem pobierania przez rośliny ważnych pierwiastków pokarmowych (P, Mg, Ca, Mo), redukcją systemu korzeniowego czy też przenikaniem toksycznych metali śladowych do tkanek roślinnych (Kabata-Pendias, Pendias 1999, Górlach, Mazur 2001, Wang et al. 2013).



Ryc. 2. Odczyn gleb w obrębie poligonu badawczego

Fig. 2. Soil reaction within the research area



Zakwaszenie badanych gleb wynika m.in. z niskiej zawartości wapnia. Średnio wynosiła ona 0.26% s.m. gleby, tymczasem J. Borowiec i D. Urban (1993) sugerują wyraźny niedobór tego pierwiastka dla roślin już przy zawartościach w glebie poniżej 0.5%. Korzystniej pod względem zaopatrzenia w wapń wypadły gleby położone w niższych partiach terenu, a także zajęte przez ekosystemy darniowe (tab. 1). Najmniej wapnia stwierdzono w glebach wierzchowinowej partii masywu (850-900 m n.p.m.) – maksymalnie 0.08%. Warunki terenowe nie różnicowały natomiast wyraźnie zawartości magnezu (tab. 1). Cechował ją względny dostatek – średnio na poziomie 0.22% s.m. gleby (zakres od 0.09 do 0.42%). W badaniach potwierdziła się znana zależność między zawartością wapnia i magnezu a odczynem (większa zawartość pierwiastków – wyższe pH). Średnie zawartości Ca i Mg w poszczególnych klasach odczynu były następujące:

- gleby bardzo kwaśne – 0.05% Ca i 0.18% Mg;
- gleby kwaśne – 0.29% Ca i 0.26% Mg;
- gleby lekko kwaśne – 0.25% Ca i 0.23% Mg;
- gleby obojętne – 0.86% Ca i 0.35% Mg;
- gleby alkaliczne – 1.46% Ca i 0.39% Mg.

Stwierdzony niedobór wapnia w przeszło 80% badanych próbek glebowych jest niepokojący. Efektem tego niedoboru może być bowiem degradacja fizyczna (zwłaszcza struktury), chemiczna i biologiczna gleb. Ewentualne użytkowanie tych gleb musi być poprzedzone odpowiednim nawożeniem/wapnowaniem.

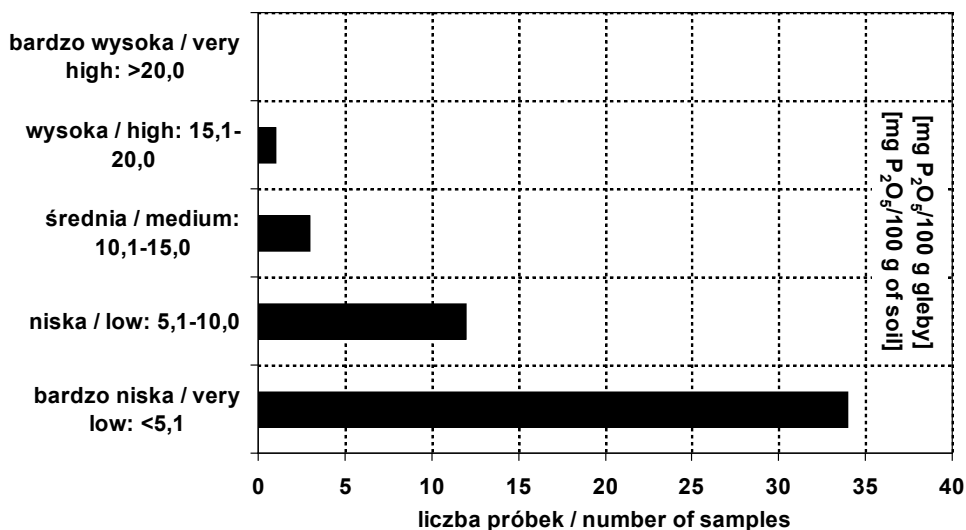
Tab. 1. Parametry jakościowe badanych gleb (wartości średnie) w różnych warunkach terenowych

Tab. 1. Qualitative parameters of researched soils (mean values) in different field conditions

Parametr	Gleby terenów leśnych	Gleby terenów darniowych	Gleby terenów <600 m n.p.m.	Gleby terenów >750 m n.p.m.
Odczyn Reaction [pH]	4.91	5.79	5.76	4.42
Ca [% s.m.] [% d.m.]	0.16	0.50	0.46	0.10
Mg [% s.m.] [% d.m.]	0.21	0.26	0.23	0.19
N <sub>og</sub> N <sub>tot</sub> [% s.m.] [% d.m.]	0.27	0.31	0.26	0.30
P <sub>og</sub> P <sub>tot</sub> [% s.m.] [% d.m.]	0.08	0.09	0.05	0.12

Zawartość azotu ogólnego w badanych glebach wynosiła od 0.012 do 1.19% s.m. Średnio była równa 0.28%, przy czym wartości poniżej średniej dotyczyły 34 próbek, a powyżej średniej 16 próbek. W 36 próbkach (72%) oznaczono co najmniej 0.1% N<sub>og</sub>, a zatem jego zawartość na badanym obszarze jest bardzo korzystna w odniesieniu do wyników państwowego monitoringu gleb ornych na obszarze całej Polski (Siebielec et al. 2012), w którym percentyl 90 (dla 216 próbek) określono na poziomie zaledwie 0.17% N<sub>og</sub>. Ponieważ w glebach zajętych przez użytki zielone mineralizacja azotu następuje na znacznie większą skalę niż w glebach ornych (Sapek 1990), badane gleby (pod względem zawartości N<sub>og</sub>) można ocenić jako posiadające wysoki potencjał produkcyjny dla gospodarki łąkowo-pastwiskowej. Analiza danych nie wykazała dużego zróżnicowania stężeń azotu w skali położenia wysokościowego czy rodzaju okrywy roślinnej gleb (tab. 1), jednak zauważono, że stężenia najwyższe (rzędu 0.7–1.2%) były związane z zadrzewieniami liściastymi, ale poza zwartymi biocenozami leśnymi. Miejsca takie określane są jako żyzne wyspy glebowe, które mogą się tworzyć pod określonym baldachimem roślinnym (Rahmonov et al. 2011).

Fosfor ogólny występował w badanych glebach w ilości od 0.017 do 0.18% suchej masy (średnio 0.086%). Bardzo podobne wartości przedstawiono w wynikach państwowego monitoringu gleb ornych w Polsce (Siebielec et al. 2012). W przeprowadzonych badaniach zwraca uwagę wyraźnie wyższa koncentracja  $P_{og}$  w górnych partiach masywu (tab. 1), zwłaszcza w obrębie wierzchowinowych ekosystemów darniowych. Przytoczone zawartości fosforu, gdyby był on sukcesywnie dostępny dla roślin, wystarczyłyby na wiele lat przeciętnego plonowania roślin (Sapek 2002). Jednak ze względu na unieruchomienie tego pierwiastka w nierozpuszczalnych związkach, każda działalność rolnicza wymaga stosowania nawożenia fosforowego. Lepszym niż  $P_{og}$  wskaźnikiem wartości pokarmowej gleby jest zawartość fosforu przyswajalnego, tj. jego ilości we wszystkich związkach, które mogą podlegać przemianom chemicznym i dać pobierany przez rośliny jon  $H_2PO_4^-$ . W przeprowadzonych badaniach zawartość  $P_{prz}$  udało się oznaczyć w 28 próbkach. Czulość metody nie pozwoliła na dokładne określenie stężenia w 22 próbkach, tzn. było w nich poniżej 1 mg  $P_{prz}$  na 100 g gleby. Wartości oznaczone mieściły się w granicach od 1.06 do 8.5 mg/100 g gleby. W tych próbkach udział fosforu przyswajalnego w fosforze ogólnym wynosił średnio 3.5% (od 0.8 do 15.7%). Największy udział zarejestrowano w glebach użytkowanych łąk w rejonie Wilkowic. Zawartość fosforu przyswajalnego w glebach poligonu badawczego należy interpretować – według metody Egnera-Riehma (Gorlach, Mazur 2001) – jako niewystarczającą dla prowadzenia działalności rolniczej. Spośród 50 próbek, w 34 była ona bardzo niska, w 12 niska, a tylko w 3 średnia i w 1 wysoka (ryc. 3). Dodatkowo, stwierdzony kwaśny odczyn badanych gleb może powodować uwstecznianie ważnych jonów  $H_2PO_4^-$  do postaci trudno rozpuszczalnych fosforanów żelaza, glinu lub manganu.



Ryc. 3. Zawartość fosforu przyswajalnego w badanych próbkach

Fig. 3. Concentration of available phosphorus in soil samples

Dyskutowane wyniki badań wskazują na poważne ograniczenia dla prowadzenia działalności rolniczej w rejonie Magurki Wilkowieckiej, wynikające z uwarunkowań glebowych i niekontrolowanych sukcesji roślinnych. Tymczasem ochrona przyrody karpackiej wymaga zrównoważonego użytkowania dawnych terenów rolniczych, bowiem ich samozalesienie nie doprowadzi do wykształcenia wartościowych zbiorowisk leśnych. Najkorzystniejszą formą ich wykorzystania byłaby ekstensywna gospodarka łąkowo-pastwiskowa. Użytkowane ekosystemy darniowe, jeśli wspomnieć tylko ich najważniejsze funkcje przyrodnicze, są gwarantem bioróżnorodności terenów górskich, a także elementem przestrzeni poprawiającym stan zasobów wodnych. Wiąże się to przede wszystkim

z ograniczaniem przez zbiorowiska darniowe procesów spływu powierzchniowego (i jednocześnie erozji gleb) na rzecz zwiększania retencji glebowej (pojemność wodna gleb może sięgać nawet 500 mm w profilu o głębokości 1 m), a co ważniejsze – wydatnego zasilania wód podziemnych (Kostuch, Kopeć 1980, Misztal 2000). Funkcja ta jest niezwykle istotna wobec powstawania w Karpatach Polskich aż 13% zasobów wodnych kraju (Starkel 1990). Ich ochrona za pośrednictwem użytków zielonych dotyczy nie tylko retencji, lecz także zabezpieczenia jakościowego. Użytki zielone wykazują bowiem ograniczające działanie na migrację substancji chemicznych ze środowiska glebowego (Kopeć 1980), co ma z kolei wpływ na jego wartość agronomiczną.

## Wnioski

Obszary górskie Karpat Polskich tracą znaczenie dla produkcji rolniczej, głównie w wyniku spontanicznych sukcesji roślinnych na opuszczonych agrocenozach. Dowiodły tego badania w masywie Magurki Wilkowieckiej.

Większość gleb jest poważnie zakwaszona oraz zubożała w wapń i przyswajalny fosfor. Ich użytkowanie, nawet ekstensywne, wymagałoby odpowiedniego zasilania nawozowego, nie tylko w celu poprawy właściwości pokarmowych, ale także by zapobiec degradacji struktury glebowej i mobilności mikrozanieczyszczeń.

Gleby mogą być przydatne rolniczo, gdyż posiadają korzystny skład granulometryczny i duże potencjalne zasoby niektórych pierwiastków (np. magnezu lub azotu).

Gleby ekosystemów darniowych, mimo ekstensyfikacji lub zaniechania użytkowania, cechują nadal wyraźnie lepsze właściwości agrochemiczne (w zakresie wykonanych badań) od gleb leśnych. Powinny one służyć zrównoważonej gospodarce łąkowo-pastwiskowej. Ich samozalesienie może stać się czynnikiem degradującym.

## Literatura

- Borowiec J., Urban D. 1993. Zawartość wapnia i magnezu w glebach i roślinności łąk regionu lubelskiego jako wskaźnik potrzeb wapnowania i zaopatrzenia roślin w te składniki. Materiały seminaryjne IMUZ 32, p. 261-266.
- Galarowski T., Kostuch R. 1965. Próba analizy przebiegu granicy rolno-leśnej na Pogórzu i w Beskidach Zachodnich. Zeszyty Komitetu Zagospodarowania Ziemi Górskich PAN w Krakowie 9, p. 165-192.
- Gorlach E., Mazur T. 2001. Chemia rolna. PWN, Warszawa.
- Holubowicz-Kliża G. 2006. Wapnowanie gleb w Polsce. Instrukcja upowszechnieniowa Nr 128. Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa Państwowy Instytut Badawczy, Puławy.
- Jaguś A., Rzetala M. A., Rzetala M. 2012. The development of cultural landscapes in the Polish Carpathians. 12th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2012 – Conference Proceedings Volume V. SGEM, Albena (Bulgaria), p. 867-874.
- Jaguś A. 2006. Wpływ zaniechania nawożenia różnie użytkowanej łąki górskiej na odciek wody i składników mineralnych w świetle badań lizymetrycznych. Praca doktorska (maszynopis). Małopolski Ośrodek Badawczy IMUZ, Kraków.
- Jaguś A. 2008. Zmiany jakościowe odpływów wód glebowych w warunkach recesji gospodarki nawozowej (na przykładzie górskich użytków zielonych). Monitoring Środowiska Przyrodniczego 9, p. 63-69.
- Kabata-Pendias A., Pendias H. 1999. Biogeochemia pierwiastków śladowych. PWN, Warszawa.
- Kopeć S. 1980. Ograniczające działanie użytków zielonych na wypłukiwanie składników mineralnych z gleby. Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie 11, p. 311-312.
- Kostuch R. 1976. Przyrodnicze podstawy gospodarki łąkowo-pastwiskowej w górach. PWRiL, Warszawa.
- Kostuch R., Kopeć S. 1980. Znaczenie trwałych użytków zielonych w gospodarce wodnej gór. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych 235, p. 165-175.

- Kurek S., Głuszecki K., Jagła S., Kostuch R., Pawlik-Dobrowolski J. 1978. Przyrodnicze podstawy użytkowania ziemi w Karpatach. Materiały Instruktażowe IMUZ 25, p. 1-44.
- Misztal A. 2000. Odpływ wody i ewapotranspiracja w warunkach zróżnicowanego rolniczego użytkowania gleby górskiej w rejonie Małych Pienin. Instytut Melioracji i Użytków Zielonych, Falenty.
- Rahmonov O., Rzetala M.A., Rahmonov M., Kozyreva E., Jagus A., Rzetala M. 2011. The formation of soil chemistry and the development of fertility islands under plant canopies in sandy areas. Research Journal of Chemistry and Environment 15(2), p. 823-829.
- Sapek A. 1990. Procesy związane z wymywaniem azotu z gleb użytkowanych rolniczo. Materiały seminaryjne IMUZ 26, p. 17-29.
- Sapek A. 2002. Rozpraszanie fosforu do środowiska – mechanizmy i skutki. Zeszyty edukacyjne IMUZ 7, p. 9-24.
- Siebielec G., Smreczak B., Klimkowicz-Pawlas A., Maliszewska-Kordybach B., Terelak H., Koza P., Hryńczuk B., Łysiak M., Miturski T., Gałązka R., Suszek B. 2012. Monitoring chemizmu gleb ornyc w Polsce w latach 2010-2012 (raport końcowy). Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa Państwowy Instytut Badawczy, Puławy.
- Starkel L. 1990. Zróżnicowanie przestrzenne środowiska Karpat i potrzeby zmian w użytkowaniu ziemi. Problemy Zagospodarowania Ziemi Górskich 30, p. 11-29.
- Twardy S., Hamnett R.G. 2000. Niskonakładowe sposoby wypasu owiec w Karpatach Polskich. Instytut Melioracji i Użytków Zielonych, Falenty.
- Twardy S., Kuźniar A., Kopacz M. 2001. The characteristic of agriculture in the Polish Carpathians. W: S. Twardy (red.), Trwała okrywa roślinna jako podstawa zrównoważonego rozwoju rolnictwa w zlewniach karpackich. Wydawnictwo IMUZ, Falenty-Kraków, p. 230-237.
- Uchwała nr 4 Rady Ministrów z dnia 21 stycznia 1985 r. w sprawie aktywizacji gospodarczej i społecznej oraz rozwoju rolnictwa na terenach górskich i górzystych. Monitor Polski 1985 nr 2, poz. 11. Rada Ministrów, Warszawa.
- Wang X.M., Zhou C.C., Liu G.J., Dong Z.B. 2013. Transfer of metals from soil to crops in an area near a coal gangue pile in the Guqiao Coal Mine, China. Analytical Letters 46(12), p. 1962-1977.