

## Wpływ sposobu koszenia na warunki glebowe i skład florystyczny ciepłolubnej łąki pienińskiej

Impact of different mowing regime on the soil conditions and floristic composition of thermophilous Pieniny meadow

TOMASZ ZALESKI<sup>1</sup>, JAN ZARZYCKI<sup>2</sup>, ANDRZEJ KACPRZAK<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Katedra Gleboznawstwa i Ochrony Gleb, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie*

<sup>2</sup>*Katedra Ekologii, Klimatologii i Ochrony Powietrza, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie*

<sup>3</sup>*Zakład Gleboznawstwa i Geografii Gleb, Uniwersytet Jagielloński*

**Abstract.** The aim of the study was to find answers to the following questions: 1 – has the replacement of traditional scything by machinery mowing a significant impact on soil parameters and species composition of meadow communities in the Pieniny National Park; 2 – will different mowing change the habitat conditions for plants? The experiment was located on the Wyrówek glade, at 750–790 m a.s.l. The study was conducted in the years 2004–2012. The studied soil properties included: thickness of ectohumus horizons, bulk density, total porosity, air porosity and water retention. Plant species composition and the Shannon-Wiener diversity index taking into account both the number of species and the evenness of their participation were also assessed.

**Key words:** Grassland management, active protection, mountain soils, water retention

### WSTĘP

Wielogatunkowe łąki ze względu na ich bogatą florę i faunę oraz znaczną wartość krajobrazową są istotnym elementem w zachowaniu różnorodności biologicznej. Pod względem bogactwa gatunkowego należą do najbogatszych zbiorowisk roślinnych na świecie (Wilson i in. 2012). W Pienińskim Parku Narodowym półnaturalne łąki i pastwiska zajmują prawie 20% powierzchni. Urozmaicają jego krajobraz i są siedliskiem wielu gatunków roślin, grzybów i zwierząt, a ciepłolubna łąka pienińska należy do najbardziej różnorodnych zbiorowisk roślinnych w Polsce (Każmierczakowa i in. 2004).

Powstanie i dalsze istnienie takich łąk w strefie klimatu umiarkowanego w Europie związane jest nieodłącznie z tradycyjną, ekstensywną gospodarką rolną. W obecnych warunkach ekonomicznych użytkowanie wielogatunkowych, ale niskoplonujących łąk, jest nieopłacalne, więc w całej Europie następuje drastyczny spadek ich powierzchni (Peeters 2012). Podobny proces obserwuje się także w polskich Karpatach (Zarzycki, Korzeniak 2013).

Tradycyjny sposób użytkowania wiązał się zwykle z późnym koszeniem i zebraniem siana. Często zamiast drugiego pokosu łąki były wypasane jesienią. Obecnie dla zachowania szczególnie cennych zbiorowisk wprowadzono, w ramach

programów rolnośrodowiskowych, dopłaty dla rolników w celu zachęcenia ich do ekstensywnego użytkowania łąk. Na obszarach chronionych stosuje się zabiegi ochrony czynnej. Powinny one zostać tak dobrane, aby charakteryzowały się wysoką efektywnością, a więc umożliwiły utrzymanie różnorodności biologicznej i typowości zbiorowiska przy jak najmniejszych kosztach zabiegów. W przeszłości łąki górskie koszone ręcznie, przy użyciu kosy. Suszenie i zbieranie siana wykonywano także ręcznie, a jego zwózka odbywała się przy użyciu wozów konnych (z najtrudniej dostępnych polan znoszone siano w chustach). Obecnie ze względu na koszty nie jest to możliwe i powszechnie stosuje się maszyny do wszelkich prac przy produkcji i zwózce siana.

Wprowadzenie mechanizacji prac polowych w rolnictwie obok niewątpliwych korzyści ekonomicznych powoduje negatywne oddziaływanie na środowisko glebowe. Poprzez nacisk mechanizmów jezdnych i wielokrotne przejazdy zespołów agregatowych zwiększa się gęstość i zwięzłość gleby oraz zmienia się struktura porów glebowych (Domżał i in. 1984; Głąb 2002), co najczęściej powoduje zmniejszenie retencyjności gleby, szczególnie w powierzchniowym poziomie (Kopeć i in. 2001; Kopeć, Głąb 2004). Głąb i in. (2009) wykazali, że w górskich regionach sposób użytkowania łąki powoduje zmiany wielkości retencji wody w glebie, a Zaleski i Kopeć (1999, 2003) stwierdzili, że wieloletnie nawożenie mineralne wpływa na wielkość retencji w poziomach powierzchniowych tak użytkowanych gleb.

#### CEL BADAŃ

Gleby Pienińskiego Parku Narodowego są zróżnicowane pod względem retencyjności w zależności od uziarnienia, zawartości materii organicznej i struktury (Niemyska-Lukaszuk i in. 2002; Zaleski in. 2006). Ze względu na trwałą agregatową strukturę poziomów próchnicznych tych gleb, odróżniają się one lepszymi niż poziomy genetyczne występujące pod nimi warunkami wodno-powietrznymi. Jest to ważne dla zaspokojenia fizjologicznych potrzeb wodnych roślin w okresie wegetacji. Mając na uwadze możliwość zmian warunków wodno-powietrznych w glebie,

a szczególnie w poziomach powierzchniowych, na skutek wprowadzenia mechanicznego koszenia i zbioru siana z polan pienińskich, zbadano wybrane parametry fizyczne, pozwalające na scharakteryzowanie warunków glebowych pod względem właściwości retencyjnych.

Pomimo licznych prac dotyczących wpływu różnych sposobów użytkowania na skład gatunkowy runi, niewiele jest badań uwzględniających ręczne koszenie i jego oddziaływanie na zbiorowisko roślinne i glebę (Liira i in. 2008; Tälle 2013). Koszty i nakłady prac przy użyciu maszyn są znacznie mniejsze niż przy ręcznym koszeniu, ale czy efekt końcowy jest taki sam?

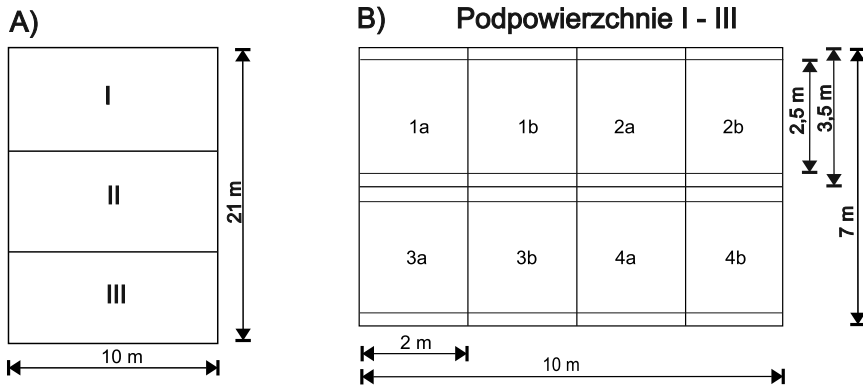
Celem pracy była odpowiedź na pytanie, czy zastąpienie tradycyjnego ręcznego koszenia i zbioru siana maszynami ma znaczący wpływ na parametry gleby i skład gatunkowy zbiorowiska łąkowego. Czy pod wpływem różnego sposobu koszenia zmieniają się warunki glebowe dla roślin?

#### MIEJSCE I METODY BADAŃ

##### *Miejsce badań*

W lipcu 2004 roku założono doświadczenie na polanie Wyrobek. Powierzchnia badawcza położona była na wypukłym odcinku stoku, w przedziale wysokości 750–790 m n.p.m., o ekspozycji północnej i nachyleniu kilku-kilkunastu stopni. Łąki na tej polanie stanowią własność Pienińskiego Parku Narodowego od 2001 roku i od ponad 20 lat nie były użytkowane. Roślinność łąkowa na tej polanie została zaliczona do licznie występującego w Pieninach zbiorowiska *Dactylis glomerata*–*Poa trivialis* (Pancer-Koteja i in. 2004). Wcześniej, w latach 60. XX w. na polanie dominowała ciepłolubna łąka pienińska (Grodzińska i in. 1982). W połowie XIX w. były to pola orne (mapa katastralna z 1846).

Uwzględniając zmienność przestrzenną pokrywy glebowej i rzeźbę terenu, wyznaczono i trwale oznakowano 3 powierzchnie badawcze w różnych częściach polany. Na każdej powierzchni wydzielono 3 podpowierzchnie, o różnych sposobach użytkowania: koszenie mechaniczne, koszenie ręczne oraz, jako kontrola,



**Ryc. 1.** Schemat podziału powierzchni badawczych: A) podział na podpowierzchnie: I – koszenie mechaniczne, II – koszenie ręczne, III – brak koszenia; B) podział podpowierzchni I-III: 1 do 4 – kolejne powtórzenia; a – analizy roślinności, b – analizy właściwości gleby

**Fig. 1.** Scheme of the division of the research areas: A) division into sub-areas: I – machinery mowing, II – hand mowing, III – ceased mowing; B) division of sub-areas I-III: 1 to 4 – repetitions; a – vegetation analysis, b – soil analysis

bez koszenia (Ryc. 1). W obrębie każdej z podpowierzchni wyznaczono i zastabilizowano 4 polećka do powtórzeń o powierzchni 5 m<sup>2</sup>, na których dokonano analizy roślinności i określono właściwości gleby. Powierzchnie były skoszone na przełomie lipca i sierpnia. Po wysuszeniu siano było zebrane z powierzchni.

#### Analiza gleb

Skład granulometryczny oznaczono metodą areometryczną według PN-R-04032:1998, a klasyfikację uziarnienia wykonano według Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego (PTG 2009), węgiel organiczny metodą Tiurina w modyfikacji Oleksynowej, zawartość CaCO<sub>3</sub> oznaczono Metodą Scheiblera, pH metodą potencjometryczną w H<sub>2</sub>O i w 1mol KCl w stosunku gleby do roztworu 1:2,5. Wykonano oznaczenie miąższości poziomów ektohumusowych Of. Z głębokości 5–10 cm pobrano próbki gleb o zachowanym naturalnym układzie, w cylindrach o objętości 100 cm<sup>3</sup>, w których wyznaczono: gęstość gleby (GG), połowę pojemność wodną (PPW) przy potencjale wody glebowej pF = 2,0) i wilgotność trwałego więdnięcia roślin (WTW) metodą płyt porowatych w komorach ciśnieniowych Richards'a. Oznaczono również gęstość stałej fazy gleby metodą piknometryczną. Porowatość ogólną (PO) obliczono na podstawie wielkości gęstości stałej fazy gleby i gęstości gleby. Retencję wody

użytecznej dla roślin (RWU) obliczono, jako różnicę pomiędzy PPW i WTW, a porowatość aeracyjną (PA) jako różnicę pomiędzy PO i PPW.

Badania glebowe w 2005 i 2006 roku wykonano dwukrotnie, przed i po zabiegu koszenia. Ze względu na brak istotnych różnic między wynikami badań przed i po koszeniu, od 2007 badania gleby wykonywano tylko po skoszeniu i zbiorze siana, najczęściej w sierpniu lub wrześniu.

Dla wybranych właściwości: miąższość poziomu Of, GG, PPW, PA i RWU wykonano analizę statystyczną, której celem było określenie istotności różnic między średnimi; posłużono się testem Tukey'a dla równych liczebności.

#### Analiza roślinności

Na każdym z poletek oceniano pokrycie powierzchni (w %) przez każdy występujący gatunek. W okresie od 2004 do 2009 ocenę składu gatunkowego wykonywano corocznie, a z uwagi na niewielkie tempo zmian, następną ocenę wykonano w 2013. Dla potrzeb analiz statystycznych obliczono średnie pokrycie gatunków z poletek dla poszczególnych sposobów użytkowania. Ocenę zmian składu gatunkowego przeprowadzono przy zastosowaniu nietendycyjnej analizy zgodności (DCA), przy użyciu programu CANOCO (ter Braak, Smilauer 2002). Dla zwiększenia przejrzystości wykresu przedstawiającego te zmiany zaprezentowano wyniki z lat 2004,

2009 i 2013. Na wykresie uwzględniono jedynie gatunki o najlepszym dopasowaniu. Różnorodność gatunkową oszacowano na podstawie średniej liczby gatunków na 1 m<sup>2</sup> oraz współczynnika różnorodności Shanonna-Wienera, który uwzględnia zarówno liczbę gatunków jak i ich udział.

## WYNIKI

### Charakterystyka gleb

Badania typologiczne gleby wykonano przed założeniem doświadczenia. Gleby na polanie Wyrobek zakwalifikowano do pararendzin brunatnych (PTG 1989), a według klasyfikacji WRB — do Skletli-Calcaric Cambisols (FAO 1998; Kacprzak i in. 2006). Pod względem typologicznym oraz właściwości fizykochemicznych w pokrywie glebowej polany Wyrobek dominują charakterystyczne dla Pienińskiego Parku Narodowego pararendziny brunatne, czyli gleby wytworzone ze skał klastycznych zawierających dużo węgla wapnia w profilu glebowym (Niemyska-Lukaszuk i in. 2002).

W miejscach założonych poletek doświadczalnych miąższość poziomu próchnicznego Ah wynosiła od 11 do 15 cm. Gleby te w poziomach powierzchniowych cechowały się wysoką zawartością C organicznego, kwaśnym odczynem i małą zawartością frakcji szkieletowych (> 2,0 mm). W spągowej części profilu występowały poziomy

gliniaste, średnio i bardzo silnie szkieletowe o dużej zawartości CaCO<sub>3</sub> (Tab. I).

Koszenie łąki spowodowało widoczne zmiany w miąższości poziomu ektohumusowego Of, składającego się ze słabo rozłożonych obumarłych szczątków runi łąkowej. Zmiany te zauważono dopiero w drugim roku badań i od tego czasu miąższości poziomu Of analizowano corocznie, dlatego brakuje wyników z pierwszego roku badań (Ryc. 2). Zastosowane metody koszenia spowodowały trwale zróżnicowanie miąższości poziomu ektohumusowego Of. Gleby obiektów nieskoszonych charakteryzowały się istotnie ( $p < 0,05$ ) większą miąższością poziomu Of zarówno od gleb koszonych mechanicznie jak i ręcznie. Jednocześnie miąższość tego poziomu była istotnie większa na obiektach koszonych ręcznie niż na obiektach koszonych mechanicznie. Taka zależność występowała we wszystkich latach badań (Ryc. 2).

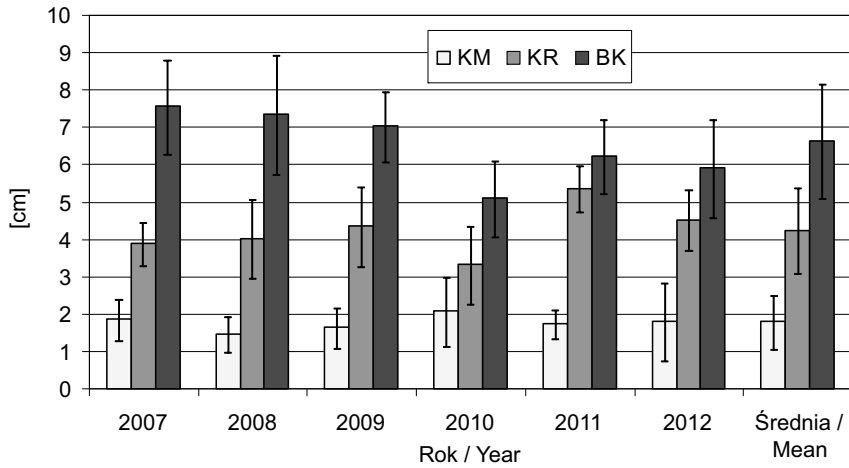
Gęstość objętościowa gleby na obiektach koszonych mechanicznie była istotnie większa od gęstości gleb koszonych ręcznie i niekoszonych. Na obiektach koszonych mechanicznie średnia gęstość gleby była zawsze większa od 1,0 Mg · m<sup>-3</sup> a na obiektach koszonych ręcznie i niekoszonych mniejsza od 1,0 Mg · m<sup>-3</sup> (Tab. II). Konsekwencją zmian gęstości gleby było zróżnicowanie porowatości ogólnej i struktury porów zarówno powietrznych (PA) jak i kapilarnych zatrzymujących wodę dostępną dla roślin (RWU) (Tab. II).

**Tabela I.** Właściwości gleby z powierzchni badawczej Wyrobek I

**Table I.** Properties of soil from the research area Wyrobek I

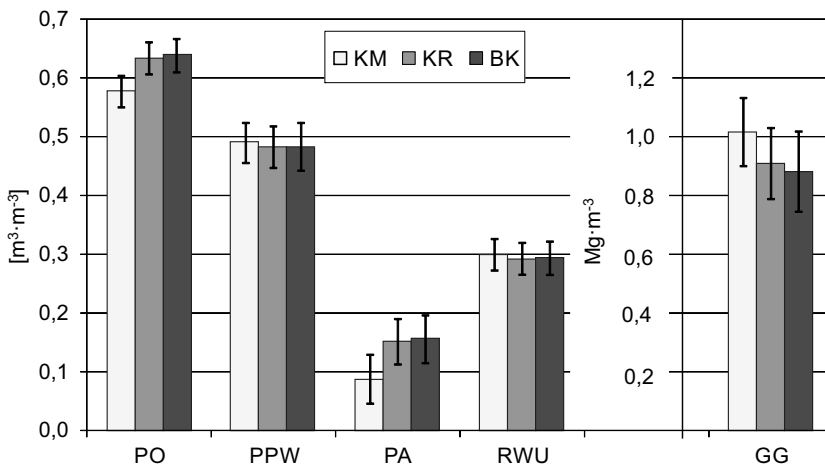
Głębokość / Depth [cm]	Poziom / Horizon	Barwa wg skali Munsell'a / Mun- sell's colour	Frakcja o średnicy w mm Fraction at diameter in mm				pH		CaCO <sub>3</sub> [g · kg <sup>-1</sup> ]	Org. C / Organic C [g · kg <sup>-1</sup> ]
			[%]				H <sub>2</sub> O	KCl		
			> 2	2,0– 0,05	0,05– 0,002	< 0,002				
0–6	Of		Słabo rozłożone szczątki traw / Low decomposed grass litter							
6–17	Ah	10 YR 4/3	10	23	74	3	5,1	3,9	1,4	38,0
17–30	AB	10 YR 4/4	30	28	66	6	5,7	4,4	1,7	17,1
30–55	B1	10 YR 4/4	40	30	63	7	7,3	6,7	15,3	9,2
55–80	HCca1	10 YR 4/3	75	50	39	11	8,1	7,0	50,05	b.d. / n.d.*
80–(120)	HCca2	10 YR 5/4	60	25	60	15	8,2	7,1	174,7	b.d. / n.d.

\* – b.d. – brak danych / n.d. – no data



**Ryc. 2.** Zróżnicowanie miąższości poziomu ektohumusowego w kolejnych latach. Symbole jak w tabeli II

**Fig. 2.** Differentiation of depth of the ectohumus horizon in following years. Symbols as in table II



**Ryc. 3.** Średnie wieloletnie właściwości wodno-powietrznych gleb. Symbole jak w tabeli II. Te same litery nad słupkami oznaczają grupy jednorodnie,  $\alpha < 0,05$

**Fig. 3.** Long-term means of water-air properties. Symbols as in table II. The same letters over the bars indicate homogenous groups,  $\alpha < 0.05$

Koszenie mechaniczne spowodowało istotne ( $p < 0,05$ ) zmniejszenie porowatości ogólnej, ale nie wpłynęło istotnie na wielkość polowej pojemności wodnej (PPW). Parametr ten charakteryzował się dużym zróżnicowaniem w latach badań a średnie z całego okresu badań były bardzo podobne (Ryc. 3). Wraz ze zmniejszeniem porowatości ogólnej pod wpływem koszenia mechanicznego nastąpiło istotne zmniejszenie porowatości powietrznej w tych glebach. Różnice

w porowatości ogólnej i powietrznej pomiędzy glebami obiektów koszonych mechanicznie i niekoszonych wyniosły odpowiednio od  $0,03 m^3 \cdot m^{-3}$  do  $0,10 m^3 \cdot m^{-3}$  i od  $0,04 m^3 \cdot m^{-3}$  do  $0,10 m^3 \cdot m^{-3}$ . W podobnym zakresie, pod wpływem koszenia mechanicznego, zmieniła się wielkość retencji wody użytecznej dla roślin (Tab. II).

Tylko koszenie mechaniczne spowodowało istotne zróżnicowanie właściwości wodno-powietrznych gleb. Zmiany te zapoczątkowane już

**Tabela II.** Właściwości gleb w latach badań (wyniki przedstawiono jako średnie arytmetyczne  $\pm$  odchylenie standardowe); KM – koszenie mechaniczne, KR – koszenie ręczne, BK – brak koszenia; GG – gęstość objętościowa gleby, PO – porowatość ogólna, PPW – połowa pojemność wodna, PA – porowatość aeracyjna, RWU – retencja wody użytecznej dla roślin

**Table II.** Soil properties from following years (results expressed as means  $\pm$  standard deviation); KM – mechanical mowing, KR – handy mowing, BK – no mowing; GG – bulk density, PO – total porosity, PPW – water field capacity, PA – air porosity, RWU – plant available water

Rok Year	Koszenie Mowing	GG	PO	PPW	PA	RWU
		[Mg · m <sup>-3</sup> ]			[m <sup>3</sup> · m <sup>-3</sup> ]	
2004	KM	1,05 ± 0,07	0,55 ± 0,03	0,49 ± 0,01	0,06 ± 0,04	0,30 ± 0,03
	KR	0,92 ± 0,05	0,63 ± 0,02	0,50 ± 0,03	0,14 ± 0,03	0,31 ± 0,02
	BK	0,89 ± 0,01	0,64 ± 0,01	0,51 ± 0,04	0,13 ± 0,03	0,32 ± 0,01
2005	KM	1,10 ± 0,03	0,55 ± 0,01	0,48 ± 0,04	0,07 ± 0,03	0,29 ± 0,01
	KR	0,96 ± 0,05	0,61 ± 0,04	0,49 ± 0,05	0,12 ± 0,02	0,30 ± 0,04
	BK	0,87 ± 0,06	0,64 ± 0,05	0,46 ± 0,01	0,17 ± 0,03	0,27 ± 0,05
2006	KM	1,01 ± 0,07	0,59 ± 0,03	0,48 ± 0,03	0,11 ± 0,04	0,40 ± 0,03
	KR	0,95 ± 0,07	0,61 ± 0,03	0,46 ± 0,04	0,15 ± 0,05	0,42 ± 0,03
	BK	0,92 ± 0,10	0,62 ± 0,04	0,45 ± 0,02	0,17 ± 0,04	0,43 ± 0,04
2007	KM	1,05 ± 0,05	0,55 ± 0,02	0,47 ± 0,01	0,08 ± 0,02	0,36 ± 0,02
	KR	0,87 ± 0,02	0,66 ± 0,01	0,48 ± 0,01	0,17 ± 0,01	0,47 ± 0,01
	BK	0,84 ± 0,01	0,65 ± 0,01	0,49 ± 0,01	0,16 ± 0,01	0,46 ± 0,01
2008	KM	1,06 ± 0,04	0,57 ± 0,02	0,45 ± 0,01	0,12 ± 0,03	0,38 ± 0,01
	KR	0,88 ± 0,03	0,65 ± 0,01	0,48 ± 0,03	0,17 ± 0,04	0,46 ± 0,02
	BK	0,85 ± 0,04	0,66 ± 0,02	0,45 ± 0,05	0,20 ± 0,03	0,47 ± 0,02
2009	KM	1,03 ± 0,05	0,57 ± 0,02	0,47 ± 0,04	0,09 ± 0,04	0,38 ± 0,02
	KR	0,85 ± 0,03	0,66 ± 0,01	0,48 ± 0,02	0,18 ± 0,02	0,47 ± 0,01
	BK	0,83 ± 0,03	0,66 ± 0,01	0,49 ± 0,04	0,17 ± 0,03	0,47 ± 0,01
2010	KM	1,07 ± 0,06	0,56 ± 0,02	0,48 ± 0,01	0,08 ± 0,03	0,37 ± 0,02
	KR	0,96 ± 0,07	0,61 ± 0,03	0,47 ± 0,02	0,14 ± 0,01	0,42 ± 0,03
	BK	0,90 ± 0,08	0,59 ± 0,03	0,45 ± 0,01	0,14 ± 0,05	0,40 ± 0,03
2011	KM	1,04 ± 0,04	0,61 ± 0,02	0,52 ± 0,03	0,09 ± 0,02	0,42 ± 0,02
	KR	0,92 ± 0,02	0,63 ± 0,01	0,49 ± 0,03	0,14 ± 0,04	0,44 ± 0,01
	BK	0,89 ± 0,04	0,64 ± 0,02	0,51 ± 0,02	0,13 ± 0,03	0,45 ± 0,02
2012	KM	1,01 ± 0,06	0,58 ± 0,03	0,52 ± 0,01	0,06 ± 0,03	0,39 ± 0,03
	KR	0,92 ± 0,03	0,63 ± 0,01	0,51 ± 0,03	0,13 ± 0,03	0,44 ± 0,01
	BK	0,89 ± 0,02	0,63 ± 0,01	0,51 ± 0,02	0,12 ± 0,02	0,44 ± 0,01

w pierwszych latach prowadzenia doświadczenia utrzymywały się przez cały okres badań (Tab. II). Należy zwrócić uwagę, że pod względem analizowanych właściwości wodno-powietrznych gleby cechowały się wartościami charakterystycznymi dla gleb pararendzin i rędzin występujących w PPN (Niemyska-Lukaszuk i in. 2004; Zaleski in. 2006).

### Charakterystyka roślinności

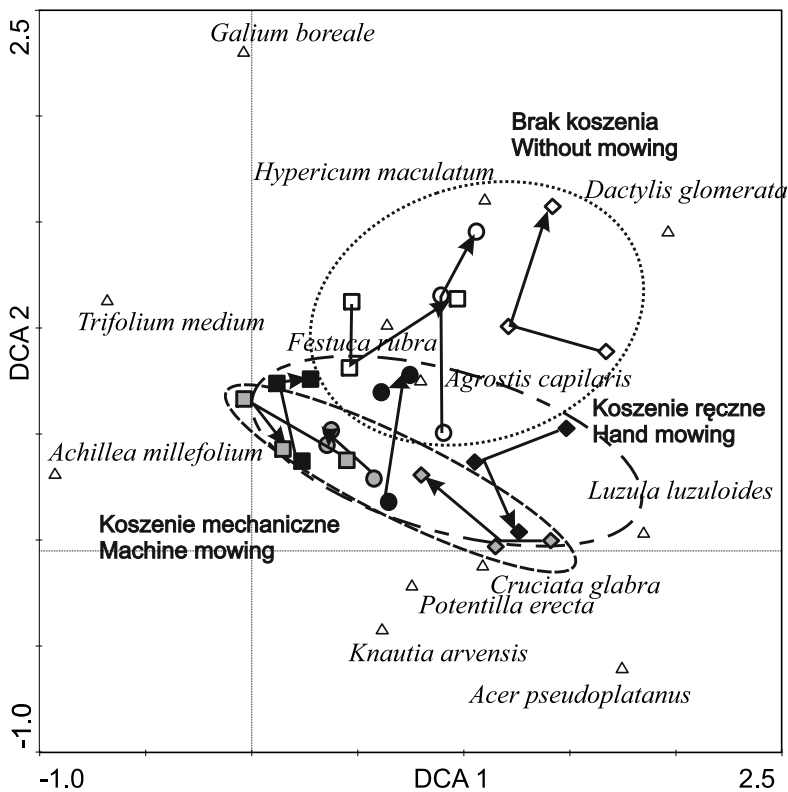
Na wszystkich powierzchniach, zarówno użytkowanych jak i nieużytkowanych, stwierdzono

zmiany w składzie gatunkowym runi w badanym okresie. Największe nastąpiły w na poletkach niekoszonych. Wektory trendu (Ryc. 4), ilustrujące średnią zmianę składu gatunkowego poletek, są w przypadku poletek niekoszonych najdłuższe i wykazują podobny kierunek zmian na wszystkich powierzchniach. Brak koszenia powodował zwiększenie udziału gatunków takich jak dziurawiec czteroboczny, przytulia północna i kupkówka pospolita. Szczególnie ten ostatni gatunek wykazuje tendencję do zwiększania udziału w runi, co obserwowane jest na wielu wyłączonych

z użytkowania łąkach pienińskich (Kaźmierczakowa i in 2004).

W przypadku poletek koszonych zmiany składu gatunkowego w ciągu 9 lat są znacznie mniejsze i nie wykazują podobnego trendu zmian. Nie zaobserwowano znaczących różnic pomiędzy wpływem koszenia ręcznego i mechanicznego na skład gatunkowy poletek. Regularne koszenie związane jest z występowaniem typowych gatunków łąkowych: świerzbownicy polnej, pięciornika kurze ziele i przytulinki wiosennej (Ryc. 4).

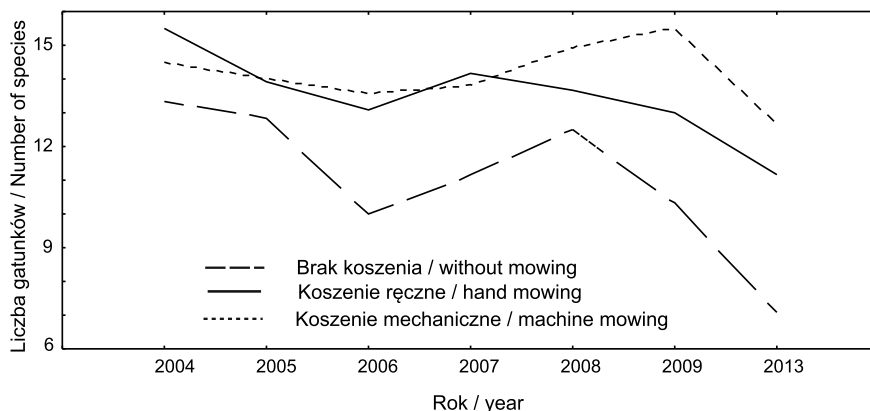
Różnorodność gatunkowa, charakteryzowana zarówno liczbą gatunków (Ryc. 5) jak i wskaźnikiem Shanonna-Wienera (Ryc. 6), była najmniejsza na poletkach niekoszonych. Nie stwierdzono większych różnic pomiędzy poletkami koszonymi ręcznie i maszynowo. Zwraca uwagę znaczne zróżnicowanie różnorodności gatunkowej w poszczególnych latach. Wskazuje to na szczególnie duży wpływ przebiegu warunków pogodowych, co obserwowane jest w wielu zbiorowiskach łąkowych Pienin (Wróbel 2006).



	Koszone ręcznie Hand mowing	Koszone maszynowe Machine mowing	Brak koszenia Without mowing
Powierzchnia 1 Site 1	■	□	□
Powierzchnia 2 Site 2	●	○	○
Powierzchnia 3 Site 3	◆	◇	◇

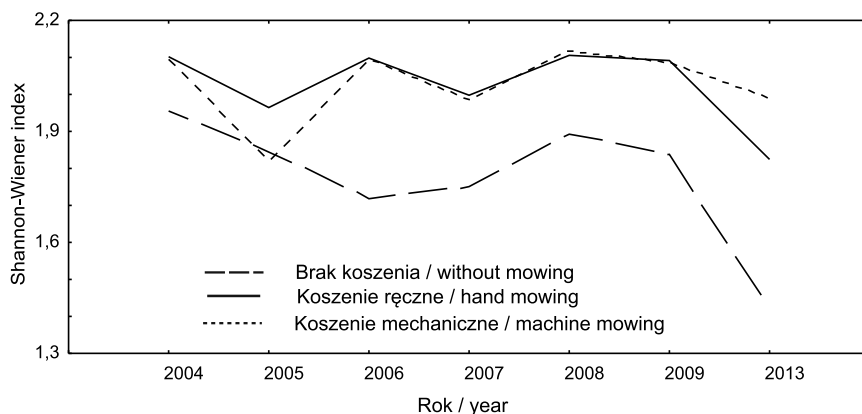
**Ryc. 4.** Uporządkowanie (DCA) podpowierzchni badawczych. Wektory trendu ilustrują średnią zmianę składu gatunkowego na poletkach o różnym sposobie koszenia i niekoszonych w latach 2004, 2009 i 2013

**Fig 4.** Ordination (DCA) of experimental plots. Trend vectors show average change of species composition of plots with different mowing regime in years of 2004, 2009 and 2013



Ryc. 5. Zmiany liczby gatunków przy różnym sposobie koszenia i jego braku w latach 2004–2013

Fig. 5. Changes of number of species caused by different mowing regime in years 2004–2013



Ryc. 6. Zmiany wartości wskaźnika różnorodności Wienera-Shannona przy różnym sposobie koszenia i jego braku w latach 2004–2013

Fig. 6. Changes of Wiener-Shannon index caused by different mowing regime in years 2004–2013

## DYSKUSJA

Zarówno w przypadku koszenia ręcznego jak i przy użyciu maszyn, usuwane są części nadziemne roślin, co niszczy podrost drzew i krzewy, a przez to umożliwia wzrost drobnym gatunkom o mniejszej konkurencyjności. Pomijając zbiór siana, podstawową różnicą pomiędzy tymi sposobami koszenia, jest wysokość koszenia. Także koszenie mechaniczne za pomocą ciągnika lub zespołu koszącego powoduje inne deformacje pokrywy glebowej niż koszenie ręczne. Nacisk maszyny na glebę jest różny w zależności od jej masy i rozmiaru opon.

Zabieg koszenia nie powoduje istotnych zmian właściwości chemicznych gleby, natomiast nacisk maszyn wykonujących zabiegi, poprzez wielokrotne przejazdy, oddziałuje na jej powierzchnię i może powodować zmianę warunków fizycznych, a szczególnie warunków wodno-powietrznych gleby (Kopeć i in. 2001; Kopeć, Głąb 2004; Głąb, Zaleski 2009), co promuje wzrost jednych gatunków a ogranicza innych.

W badanych glebach analizowano te właściwości, które mogą się zmieniać pod wpływem prowadzonych zabiegów agrotechnicznych i jednocześnie są istotne dla wzrostu i rozwoju roślin. Już po dwóch latach prowadzenia eksperymentu



utrwalił się niewielki wzrost gęstości objętościowej gleby i retencji wody użytecznej dla roślin oraz zmniejszenie porowatości aeracyjnej na obiektach koszonych mechanicznie w stosunku do gleb powierzchni koszonych ręcznie i niekoszonych (Tab. II). Takie zróżnicowanie właściwości gleby utrzymywało się przez cały okres badań (9 lat).

Podobne wnioski przedstawili Shrama i in. (2013). Porównując po 38 latach oddziaływanie koszenia ręcznego i mechanicznego na gleby organiczną i piaszczystą stwierdzili, że koszenie mechaniczne spowodowało w obu glebach istotne zmniejszenie porowatości powietrznej oraz zwiększenie gęstości gleby.

Powstałe zmiany właściwości fizycznych w pokrywie glebowej polany Wyrobek objęły najbardziej powierzchniową warstwę o miąższości około 15 cm. Zmiany te są efektem zredukowania poziomu Of w wyniku mechanicznego wykaszania łąki. Poziom ten ma duże znaczenie ekologiczne i pedogeniczne a jego właściwości chemiczne zależą od wielu czynników biotycznych oraz abiotycznych (Drewnik 2000; Drewnik i in. 2000). Poziom ten spełnia również rolę fizycznego buforu pomiędzy atmosferą a glebą i przeciwdziała zagęszczeniu gleby pod wpływem nacisku. Jego zredukowanie o kilka centymetrów nie ma jednak bardzo istotnego wpływu na wielkość retencji w całej pokrywie glebowej, której miąższość jest dużo większa (ponad 1 m) niż miąższość poziomu Of (Zaleski i in. 2006).

Następstwem zredukowania, a miejscami usunięcia poziomu Of, jest odsłonięcie poziomu próchnicznego i zagęszczenie gleby poprzez bezpośredni kontakt gleby z elementami maszyny wywołującymi nacisk. Ma to również wpływ na wilgotność gleby, szczególnie w krótkim czasie po skoszeniu, kiedy działanie promieniowania słonecznego na powierzchnię gleby może powodować szybsze niż pod osłoną runi jej osuszanie. Duża miąższość poziomu Of powoduje zacieńczenie powierzchni gleby i ograniczenie ewaporacji z jej powierzchni (Zaleski i in. 2007). Zawartość materii organicznej i gliniaste uziarnienie predysponują glebę na polanie Wyrobek do zmian objętości podczas nawilżania i osuszania. Ze względu na to, powstałe zróżnicowanie we właściwościach fizycznych może być wywołane

zarówno bezpośrednim naciskiem maszyn, jak i pośrednio, przez wzmoczenie naturalnych zmian gęstości i struktury porowatości gleby. Procesy te następują w okresach o zmniejszonej wilgotności gleby, głównie latem i jesienią.

Wieloletnie badania gęstości gleby na polanach pasterskich w Tatrzańskim Parku Narodowym wykazały, że zmiany zagęszczenia gleby spowodowane przez wypas owiec ulegają samoregeneracji po okresie zimowym a sezonowe wahania gęstości gleby są zjawiskiem naturalnym na silnie próchnicznych i gliniastych glebach (Zaleski 1996). Z tego powodu zróżnicowanie właściwości gleb pomiędzy kolejnymi latami było niewielkie i nieistotne, a tylko sposób koszenia spowodował istotne ich zróżnicowanie (Ryc. 2).

Każdego roku podczas badań terenowych obserwowano na Polanie Wyrobek uszkodzenia wierzchniej warstwy gleby. Były to głównie koleiny po kołach powstałe na skutek przejazdów maszynami przy zbyt dużej wilgotności gleby. W miejscach uślizgu kół ciągnika, a szczególnie na tzw. uwrociach i miejscach o dużym nachyleniu, nastąpiło „zdarcie” części poziomu próchnicznego. Tak odsłonięta z darni, uszkodzona i zdeformowana powierzchnia jest potencjalnym miejscem do rozpoczęcia erozji, ale także otwarciem nowego mikrosiedliska dla obsiewania się niektórych gatunków. Mogą to być gatunki łąkowe (np. przelot zwyczajny – charakterystyczny dla ciepłolubnej łąki pienińskiej) ale także gatunki ruderalne czy nawet inwazyjne. W doświadczeniu nie stwierdzono jednak pojawiania się takich gatunków. Aby zmniejszyć degradację powierzchni gleby należałoby unikać lub możliwie ograniczać koszenie i zgrabianie siana w warunkach dużej wilgotności gleby, ponieważ takie koleiny nie zregenerują się samoczynnie.

Stwierdzone oddziaływania maszyn na glebę nie znalazły odzwierciedlenia w zróżnicowaniu składu gatunkowego badanego zbiorowiska łąkowego. Wydaje się, że okres 9 lat był za krótki dla ujawnienia się wpływu sposobu koszenia na roślinność. Zróżnicowanie parametrów gleby spowodowane różnym sposobem koszenia ma prawdopodobnie mniejszy wpływ na skład gatunkowy zbiorowiska łąkowego w porównaniu z siłą oddziaływania innych czynników. Pomimo

położenia obu powierzchni badawczych na tej samej polanie, obie różniły się pod względem początkowego składu gatunkowego i zróżnicowanie to utrzymało się przez wszystkie lata doświadczenia (Ryc. 4). Wskazuje to na duże znaczenie stanu początkowego roślinności na efektywność zastosowanych zabiegów. Podobny efekt „przysłonięcia” wpływu użytkowania przez lokalną zmienność zbiorowiska roślinnego stwierdzono w pracy Liira i in. (2008).

Ręczne koszenie kosą było elementem tradycyjnej gospodarki łąkowej i zastąpienie go maszynowym koszeniem umożliwia obniżenie kosztów zabiegów. W przypadku ciężkich maszyn stosowanych na glebach wilgotnych obserwuje się istotny wpływ ugniatania na glebę i skład gatunkowy runi (Schrama i in. 2013). W doświadczeniu przeprowadzonym w Pieninach stosowano relatywnie lekkie maszyny i ograniczoną liczbę zabiegów (jeden pokos). Pomimo stwierdzonego oddziaływania maszyn na parametry gleby, nie spowodowało to zróżnicowania składu gatunkowego runi łąkowej. Występowanie poszczególnych gatunków roślin łąkowych uwarunkowane jest kompleksowym działaniem wielu czynników. Warunki wodno-powietrzne gleby, które były badane w doświadczeniu mogą nie być najważniejszymi. Większość gatunków roślin charakteryzuje się także pewną tolerancją na zmiany warunków siedliskowych, w tym wodno-powietrznych gleby i reaguje na nie z bezwładnością czasową. Dopiero w dłuższej perspektywie może to doprowadzić do trwałych zmian w składzie wielogatunkowych zbiorowisk łąkowych.

Każdy sposób koszenia oddziałuje w nieco inny sposób na glebę i roślinność, jednak dla zachowania siedlisk półnaturalnych najważniejszy jest sam fakt koszenia i usuwania biomasy (Moog i in. 2002; Perzanowska, Mróz 2003; Liira i in. 2008; Tälle 2013). Optymalny sposób użytkowania łąki zależy od rodzaju zbiorowiska oraz lokalnych warunków glebowych i klimatycznych, co stwierdzono w wielu doświadczeniach prowadzonych w różnych częściach Europy (Bakker 1989; Liira i in. 2008; Huchta 2001). O ile ograniczy się koszenie mechaniczne łąk na polanie Wyrobek w okresie zbyt dużej wilgotności gleby, wybór mechanicznego koszenia

nie powinien powodować degradacji pokrywy glebowej i w istotny sposób różnicować skład gatunkowy zbiorowiska roślinnego.

## WNIOSKI

1. Stosowanie koszenia ręcznego i mechanicznego powoduje zróżnicowanie warunków wodno-powietrznych gleby do głębokości około 15 cm pomiędzy powierzchniami koszonymi w odmienny sposób.
2. Zastąpienie koszenia ręcznego przez koszenie mechaniczne nie wpływa w znaczący sposób na skład gatunkowy roślinności łąkowej.
3. Decydujące znaczenie dla zachowania wielogatunkowych zbiorowisk łąkowych ma koszenie i usuwanie biomasy.
4. Negatywne oddziaływanie maszyn na glebę i roślinność może nastąpić przy wykonywaniu zabiegów agrotechnicznych w niewłaściwy sposób, a przede wszystkim przy nieodpowiedniej wilgotności gleby.

## PIŚMIENNICTWO

- Bakker J.P. 1989. Management by grazing and cutting. — *Geobotany*, **14**.
- Domżał H., Słowińska-Jurkiewicz, A., Turski, R., Hodara, J. 1984. Ugniatanie jako czynnik kształtujący fizyczne właściwości gleby. — *Roczniki Nauk Rolniczych*, Ser. D – Monografie **198**.
- Drewnik M. 2000. Ectohumus horizons and the rate of organic matter decomposition in the Carpathian soils. — *Prace Geograficzne*, **105**: 391–401.
- Drewnik M., Kacprzak A., Maciejowski W. 2000. Zróżnicowanie mezofauny poziomów ektohumusowych gleb Bieszczadów. — *Roczniki Bieszczadzkie*, **8**: 271–290.
- FAO, ISRIC, ISSS. 1998. World Reference Base for Soil Resources. World Soil Resources – Reports, 84. — FAO, Rome.
- Głąb T. 2002. Wpływ wielokrotnych przejazdów kół ciągnika na właściwości fizyczne gleby na użytkach zielonych. — *Inżynieria Rolnicza*, **5**: 385–392.
- Głąb T., Kacorzyk P., Zaleski T. 2009. Effect of land management in mountainous regions on physical quality of sandy loam Haplic Cambisol soil. — *Geoderma*, **149**: 298–304.
- Głąb T., Zaleski T. 1999. The influence of soil compaction on water retention of soil on grasslands. — *Acta Agraria et Silvestria*, Ser. Agraria **37**: 69–75.

- Grodzińska K., Jasiewicz A., Pancer-Kotejowa E., Zarzycki K. 1982. Mapa zbiorowisk roślinnych Pienińskiego Parku Narodowego 1968. Skala 1:10.000. [zał. do:] K. Zarzycki (red.) *Przyroda Pienin w obliczu zmian*. — *Studia Naturae*, ser. B, **30**.
- Huhta A.-P., Rautio P., Tuomi J., Laine K. 2001. Restorative mowing on an abandoned semi-natural meadow: short-term and predicted long-term effects. — *Journal of Vegetation Science*, **12**: 677–686.
- Kacprzak A., Zaleski T., Zarzycki J. 2006. Wpływ sposobu koszenia na roślinność oraz właściwości fizyczne gleb – eksperyment terenowy. — *Pieniny – Przyroda i Człowiek*, **9**: 63–64.
- Kaźmierczakowa R., Zarzycki J., Wróbel I., Vončina G. 2004. Łąki, pastwiska i zbiorowiska siedlisk wilgotnych Pienińskiego Parku Narodowego. — *Studia Naturae*, **49**: 195–251.
- Kopeć S., Głęb T. 2004. Wpływ ugniatania kołami ciągnika dwóch gleb – piaszczystej i pyłowej na ich właściwości retencyjne. — *Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie*, **4(2a)**: 87–93.
- Kopeć S., Głęb T., Zaleski T. 2001. The influence of soil compaction on water retention of soil under red clover sward. 10. Gumpensteiner Lysimetertagung, 29. und 30. April 2003. Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, A-8952 Irdning, Austria. — *Bal Bericht*, Bal Gumpenstein, ss. 185–186.
- Liira J., Issak M., Jõgar Ü., Mändoja M., Zobel M. 2009. Restoration management of a floodplain meadow and its costeffectiveness – the result of a 6 year experiment. — *Annales Botanici Fennici*, **46(5)**: 397–408.
- Moog D., Poschod P., Kahmen S., Schreiber K. 2002. Comparison of species composition between different grassland management treatments after 25 years. — *Applied Vegetation Science*, **5**: 99–106.
- Niemyska-Lukaszuk J., Zaleski T., Miechówka A. 2004. Charakterystyka pokrywy glebowej Pienińskiego Parku Narodowego. [W:] R. Kaźmierczakowa (red.), *Charakterystyka i mapa zbiorowisk roślinnych Pienińskiego Parku Narodowego*. — *Studia Naturae*, **49**: 33–41.
- Niemyska-Lukaszuk J., Miechówka A., Zaleski T. 2002. Gleby Pienińskiego Parku Narodowego i ich zagrożenia. — *Pieniny – Przyroda i Człowiek*, **7**: 79–90.
- Pancer-Koteja E., Kaźmierczakowa R. (red.), Bodziarczyk J., HOLEKSA J., PIĄTEK G., RÓŻAŃSKI W., SZWAGRZYK J., FRĄCZEK M., GAZDA A., MUTER E., PIASECKI W., SKRZYDŁOWSKI T., VONČINA G., DUBIEL E., PERZANOWSKA J., WRÓBEL I., ZARZYCKI J. 2004. Mapa zbiorowisk roślinnych Pienińskiego Parku Narodowego. 1998–2001. Skala 1:10.000, [zał. do:] R. Kaźmierczakowa (red.), *Charakterystyka i mapa zbiorowisk roślinnych Pienińskiego Parku Narodowego*. — *Studia Naturae*, **49**.
- Peeters A. 2012. Past and future of European grasslands. The challenge of the CAP towards 2020. — *Grassland Science in Europe*, **17**: 17–32.
- Perzanowska J., Mróz W. 2003. Ekstensywne użytkowanie jako podstawa utrzymania siedlisk półnaturalnych. [W:] M. Makomaska-Juchiewicz, S. Tworek (red.), *Ekologiczna sieć Natura 2000*. — Instytut Ochrony Przyrody PAN, Kraków, ss. 103–110.
- PN-R-04032:1998. Gleby i utwory mineralne. Pobieranie i oznaczanie składu granulometrycznego.
- PTG. 1989. Systematyka gleb Polski. Wyd. 4. — *Roczniki Gleboznawcze*, **40(3–4)**: 1–150.
- PTG. 2009. Klasyfikacja uziarnienia gleb i utworów mineralnych. — *Roczniki Gleboznawcze*, **60(2)**: 5–19.
- Schrama M. J. J., Cordlandwehr V., Visser E. J. W., Elzenga T. M., de Vries Y., Bakker J. P. 2013. Grassland cutting regimes affect soil properties, and consequently vegetation composition and belowground plant traits. — *Plant Soil*, **366**: 401–413.
- ter Braak C.J.F., Smilauer P. 2002. CANOCO Reference manual and CanoDraw for Windows User's guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5), Microcomputer Power (Ithaca NY USA).
- Tälle M. 2013. Management of semi-natural grassland vegetation: long-term effects of grazing, mowing and different mowing techniques. — Master thesis, Linköpings universitet.
- Wilson, J.B., Peet, R.K., Dengler, J., Pärtel, M. 2012. Plant species richness: the world records. — *Journal of Vegetation Science*, **23**: 796–802.
- Wróbel I. 2006. Dynamika roślinności łąkowej w warunkach stosowania ciągłych zabiegów ochronnych w Pienińskim Parku Narodowym. — *Studia Naturae* **54**, cz. I: 241–264.
- Zaleski T. 1996. Wpływ pasterskiego użytkowania na właściwości fizykochemiczne gleb polan Wyżnia Kira Miętusia i Zahradziska. [W:] Z. Krzan (red.), *Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego a człowiek*. Tom 3. — *Kraków–Zakopane*, ss. 89–93.
- Zaleski T., Kacprzak A., Maj K. 2006. Pedogenetic conditions of retention and filtration in soil formed slope covers on the selected catena in the Pieniny Mts. — *Polish Journal of Soil Science*, **39(2)**: 185–195.
- Zaleski T., Kopeć M. 1999. Wpływ długotrwałego nawożenia mineralnego na właściwości wodno-powietrzne gleby. — *Zeszyty Problemowe Postępu Nauk Rolniczych*, **467(1)**: 253–259.
- Zaleski T., Kopeć M. 2003. The influence of long term fertilization on the water retention of the mountain meadow. 10. Gumpensteiner Lysimetertagung, 29. und 30. April 2003. Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, A-8952 Irdning, Austria. — *Bal Bericht*, Bal Gumpenstein, ss. 237–239.
- Zaleski T., Korzeniak J., Kalembe A. 2007. Antropogeniczne przekształcenia pokrywy glebowej łąk porolnych w Wołosatem (Bieszczadzki Park Narodowy). — *Roczniki Bieszczadzkie*, **15**: 253–266.

- Zarzycki J., Korzeniak J. 2012. Wpływ zróżnicowanych zabiegów agrotechnicznych na różnorodność florystyczną łąki górskiej. — *Ekologia i Technika*, 20(1): 41–46.
- Zarzycki J., Korzeniak J. 2013. Łąki w polskich Karpatach – stan aktualny, zmiany i możliwości ich zachowania. — *Roczniki Bieszczadzkie*, 21: 18–34.

## SUMMARY

Preservation of multi-species meadow communities requires their appropriate use. The optimum use should maintain the biological diversity and typical form of a community at the lowest possible cost. In the past mountain meadows used to be mown by hand, using a scythe. At present, due to a high cost of human work, it is not feasible and machinery is commonly used in mowing and hay production.

The aim of the study was an attempt to answer the question whether the replacement of the traditional way of mowing and hay collection with machinery harvesting has a significant impact on soil properties and species composition of meadow communities. In July 2004 three research areas were set up on the Wyrobek glade. Each area was divided into three sub-areas with different use – mechanical mowing, hand mowing and without mowing, as a control plot (Fig. 1). Vegetation cover and soil parameters were investigated on each of the sub-areas. The soils on the Wyrobek glade were classified as Skeleti-Calcaric Cambisols (Tab. I). The occurred changes in soil physical properties comprise the topmost, surficial layer of soil ca. 15 cm thick. They resulted from a significant decrease of the thickness of

the ectohumus horizon (Of) due to mechanical mowing (Fig. 2).

Mechanical mowing has led to a significant increase in soil bulk density and retention of water available to plants, as well as a decrease in air and total porosity (Tab. II, Fig. 3). Changes in the species composition of sward were observed in the study period on all investigated sub-surfaces, both mown and not mown. The largest changes occurred on the unmown polygons, as proven by the DCA analysis (Fig. 4). No significant differences were observed between the impact of hand and mechanical mowing on the species composition of sward. Species diversity, characterized both by the number of species (Fig. 5) and the Shannon-Winer index (Fig. 6), was the smallest on the unmown plots. The detected impact of machinery on soil properties is not reflected in differences of species composition between the plots mown by hand or with the use of machinery.

It appears that the nine-year period of study was too short to reveal the impact of the way of mowing on vegetation and the increased kneading has a smaller influence on vegetation than other factors. Each mowing regime influences soil and plant in a slightly different way and the fact of mowing and biomass removal in itself, regardless the method, is of a key importance to preserve the biological diversity and the type of community. Mechanical mowing will not lead to soil degradation and have a negative impact on the species composition of plant communities provided that mowing will be carried out at the optimum soil moisture for such agrotechnical treatments.