

PLONOWANIE ŁĄKI GÓRSKIEJ W SUDETACH NA PODSTAWIE WYNIKÓW BADAŃ W ŚWIETLE ZMIENIAJĄCYCH SIĘ TRENDÓW NAWOŻENIA UŻYTKÓW ZIELONYCH

Longina NADOLNA, Anna PASZKIEWICZ-JASIŃSKA

Instytut Melioracji i Użytków Zielonych, Dolnośląski Ośrodek Badawczy we Wrocławiu, Zespół Sudecki

Słowa kluczowe: łąka góraska, nawożenie N, P, K, Ca, plonowanie, Sudety

Streszczenie

Badania przeprowadzono na podstawie dwóch doświadczeń ścisłych w Sudetach (wysokość 650–700 m n.p.m.) – na płaskowyżu (6°) i na stoku (ok. 20°) w dwóch cyklach badawczych. W I cyklu (1987–1990) zastosowano dawki nawozów dostosowane do gospodarki intensywnej: K – 0, 60, 120 kg·ha⁻¹, N – 100 i 200 kg·ha⁻¹, P – 120 kg·ha⁻¹, a w II cyklu (1999–2003) ilość stosowanych nawozów zmniejszono o połowę. Wapnowanie wykonano tylko w I cyklu badań – 4 t CaO·ha⁻¹ (w dawce jednorazowej – 1987 r. i podzielonej na dwie równe części co 2 lata – 1987 i 1989 r.).

Średnie plony suchej masy uzyskane w I cyklu badań na płaskowyżu wynosiły 5,33, a na stoku 4,61 t·ha⁻¹, w II cyklu odpowiednio 5,20 i 3,87 t·ha⁻¹. Wyniki te wskazują, że zmniejszenie ilości stosowanych nawozów na płaskowyżu nie wpłynęło na wielkość plonu (różnica 0,13 t·ha⁻¹), podczas gdy na silnie nachylonym stoku zmniejszenie dawek nawozów o połowę spowodowało zmniejszenie plonów suchej masy o 0,74 t·ha⁻¹. W obydwu cyklach badawczych plony były większe na terenie płaskim średnio o 1,02 t·ha⁻¹.

Największy wpływ na wielkość plonów miało nawożenie azotem. Wraz ze zwiększeniem jego dawki w obu cyklach badań plony zwiększyły się na płaskowyżu i stoku średnio o 10% w I cyklu i o 18% w II. Stwierdzono również wpływ nawożenia potasem na zwiększenie plonów. Najlepsze efekty w obu cyklach badań uzyskano po zastosowaniu największej dawki tego składnika na płaskowyżu, a na stoku – dawki o połowę mniejszej. Jednorazowe wapnowanie miało wpływ na plony tylko na stoku w obu cyklach, a w przypadku dawki podzielonej – na płaskowyżu w drugim.

WSTĘP

Badania dotyczące nawożenia użytków zielonych – rozpoczęte bezpośrednio po II wojnie światowej i prowadzone do końca lat 80. ubiegłego wieku – obejmowały bardzo szeroki zakres. Nadrzędnym celem tych badań było poszukiwanie nawożenia najbardziej skutecznego pod względem uzyskiwanych plonów i jakości paszy. Koncentrowały się one przede wszystkim na określeniu wielkości dawek nawozowych, współdziałaniu składników i efektywności ich wykorzystania. W zasadach rolnictwa zrównoważonego, których wdrażanie rozpoczęto w ostatniej dekadzie XX w. – poza celami produkcyjnymi i ekonomicznymi – kładzie się duży nacisk na cele ekologiczne (ochrona gleby, wody, różnorodności gatunkowej i krajobrazu). Skłania to do weryfikacji dotychczasowego podejścia do nawożenia terenów zadarnionych, zwłaszcza górskich, które – oprócz funkcji produkcyjnych – pełnią wiele ważnych funkcji ochronnych. Cenną pozycją, dającą obszerne tło do powyższych rozważań, jest podsumowanie i analiza polskich prac z zakresu nawożenia użytków zielonych w latach 1945–1990, autorstwa DOBOSZYŃSKIEGO [1996].

Badania dotyczące nawożenia sudeckich użytków zielonych, podsumowane przez MIKOŁAJCZAKA [1999], potwierdziły dużą wagę najbardziej plonotwórczego składnika, którym jest azot. Wpływa on korzystnie również na wyrównanie plonowania runi w zróżnicowanych warunkach siedliskowych, a w przypadku pastwisk – na równomierność przyrostów runi w okresie wegetacyjnym. Nawożenie azotem w ilości od 120 do 240 kg N·ha⁻¹, określone w warunkach Sudetów jako intensywne, umożliwia osiąganie plonów suchej masy średnio w granicach 6–8 t·ha⁻¹ [FATYGA, WIECZOREK, 1978; MIKOŁAJCZAK, 1999; NADOLNA, 1996]. Badania dotyczące nawożenia fosforowo-potasowego powinny być ukierunkowane na dostosowanie dawek tych składników do zróżnicowanej zasobności gleb sudeckich. W tym regionie występuje często notowana nadmierna zawartość potasu w paszy pochodzącej zarówno z łąk, jak i pastwisk, niekorzystna dla zwierząt ze względów żywieniowych i zdrowotnych. Wynika to z dużej zdolności roślinności użytków zielonych do pobierania tego składnika z gleby w nadmiarze, zwłaszcza gdy zwiększa się dawki azotu. Innym ważnym problemem w gospodarowaniu na użytkach zielonych jest silne zakwaszenie gleb, dlatego nawożenie NPK powinno być połączone z wapnowaniem [DOBOSZYŃSKI, 1996; FATYGA, WIECZOREK, 1978; MIKOŁAJCZAK, 1999].

Celem opracowania jest ocena wpływu zróżnicowanego nawożenia azotowo-potasowego i wapnowania na plonowanie łąki górskiej w Sudetach w systemie intensywnym i zrównoważonym. Badania przeprowadzono w dwóch cyklach badawczych (1987–1990 i 1999–2003). W I cyklu zastosowano duże dawki nawozów, określone na podstawie wcześniejszych badań w Sudetach, w II cyklu ilość stosowanych nawozów zmniejszono o połowę zgodnie z nowymi tendencjami wspólnej polityki rolnej Unii Europejskiej. Według założeń rolnictwa zrównoważonego maksymalna dawka azotu na użytki zielone nie może przekraczać 120 kg·ha⁻¹·r⁻¹.

TEREN I WARUNKI BADAŃ

Doświadczenia ściśle założono w 1987 r. na podłogowym pastwisku w miejscowości Mostowice (gm. Bystrzyca Kłodzka, woj. dolnośląskie), w Sudetach Środkowych na obrzeżu Gór Bystrzyckich, w strefie hipsometrycznej 650–700 m n.p.m. Pierwsze z doświadczeń założono na płaskowyżu o nachyleniu 6°, na glebie wytworzonej z gliny średniej pylastej, średnio szkieletowej. Gleba charakteryzowała się odczynem kwaśnym (pH w 1 mol·dm⁻³ KCl 4,51–4,96), małą zawartością fosforu (0,1–2,0 mg·(100 g)⁻¹ gleby) i magnezu (2,0–6,0 mg·(100 g)⁻¹ gleby) oraz bardzo dużą potasu (56–132 mg·(100 g)⁻¹ gleby). Drugie doświadczenie założono na stoku o nachyleniu ok. 20°, o ekspozycji południowo-zachodniej, na glebie wytworzonej z gliny piaszczysto-pylastej silnie szkieletowej o odczynie bardzo kwaśnym (pH w 1 mol·dm⁻³ KCl 4,36–5,01). Zawartość fosforu była tam mała – 0,1–14 mg·(100 g)⁻¹ gleby, magnezu podobna jak na płaskowyżu, natomiast zawartość potasu była większa – 76–168 mg·(100 g)⁻¹ gleby.

W składzie botanicznym runi obydwu doświadczeń przeważały trawy – na terenie płaskim: wiechlina łąkowa (*Poa pratensis* L. s. str.), kostrzewa łąkowa (*Festuca pratensis* Huds.), wyczyniec łąkowy (*Alopecurus pratensis* L.) i kłosówka miękka (*Holcus mollis* L.), a na stoku: mietlica pospolita (*Agrostis capillaris* L.), kostrzewa czerwona (*Festuca rubra* L. s. str.) i kłosówka miękka (*Holcus mollis* L.). Z roślin dwuliściennych w większych ilościach na obu doświadczeniach występowały: przetacznik ozankowy (*Veronica chamaedrys* L. s. str.), jaskier ostry i rozłogowy (*Ranunculus repens* L., *R. acris* L. s. str.), przywrotnik pasterski (*Alchemilla monticola* Opiz.) i szczaw zwyczajny (*Rumex acetosa* L.). Rośliny bobowate reprezentowała koniczyna biała (*Trifolium repens* L.). W 1999 r., przed rozpoczęciem drugiego cyklu badań, w składzie botanicznym na terenie płaskim wśród wymienionych traw pojawiły się dodatkowo kupkówka pospolita (*Dactylis glomerata* L.) i śmiełek darniowy (*Deschampsia caespitosa* (L.) P. Beauv.), a na stoku – wiechlina łąkowa (*Poa pratensis* L. s. str.). Z roślin dwuliściennych zanotowano obecność dziurawca zwyczajnego (*Hypericum perforatum* L.) na obu doświadczeniach i w niewielkich ilościach wyki płotowej (*Vicia sepium* L.) – na płaskowyżu oraz wyki ptasiej (*Vicia cracca* L.) – na stoku.

W doświadczeniach zastosowano użytkowanie kośne, zbierając dwa pokosy. Plony z każdego poletka ważono i pobierano próby zielonej masy w celu oznaczenia zawartości suchej masy oraz określenia plonu rocznego w poszczególnych latach.

Warunki meteorologiczne w obu cyklach badań przedstawiono w okresie od kwietnia do sierpnia, tj. od ruszenia wegetacji do zbioru (tab. 1, 2). Przebieg pogody był bardzo zróżnicowany, zwłaszcza ilość opadów i ich rozkład, natomiast średnia temperatura powietrza była wyrównana prawie w całym okresie.

W I cyklu (lata 1987–1990) średnia suma opadów wynosiła 442 mm. Najwyższą sumę opadów i równomierny ich rozkład zanotowano w 1987 r. (711 mm).

Tabela 1. Suma opadów w latach 1987–1989 i 1997–2003**Table 1.** Sum of precipitations in the years 1987–1989 and 1997–2003

Cykl badań Study cycle	Lata Years	Suma opadów w miesiącach, mm Sum of precipitations in months, mm					Suma Sum
		IV	V	VI	VII	VIII	
I	1987	100,8	109,0	175,8	110,9	214,5	711,0
	1988	6,0	24,0	147,0	65,0	54,0	296,0
	1989	64,0	34,5	106,0	79,0	44,0	327,5
	1990	104,2	90,1	134,5	46,1	57,3	432,2
II	1999	48,5	30,7	156,6	67,9	45,1	348,8
	2000	35,7	89,4	67,8	161,2	36,1	390,2
	2001	65,4	107,9	111,7	180,4	90,0	555,4
	2002	50,0	37,4	102,6	66,3	199,5	455,8
	2003	43,0	114,5	42,6	111,6	53,6	365,3

Tabela 2. Średnia temperatura powietrza w latach 1987–1989 i 1999–2003**Table 2.** Mean air temperature in the years 1987–1989 and 1997–2003

Cykl badań Research cycle	Lata Years	Średnia temperatura powietrza w miesiącach, °C Mean air temperature in months, °C					Średnia Mean
		IV	V	VI	VII	VIII	
I	1987	2,6	7,4	13,2	15,3	12,9	10,28
	1988	6,8	13,3	15,2	16,0	16,4	13,54
	1989	7,9	12,2	13,9	16,6	16,7	13,46
	1990	3,7	11,8	15,1	15,0	15,0	12,12
II	1999	6,9	11,1	14,3	17,3	15,3	12,98
	2000	9,3	12,1	15,6	14,1	16,2	13,46
	2001	5,6	12,6	12,9	17,3	17,2	13,12
	2002	5,5	14,3	15,7	17,2	17,0	13,94
	2003	4,4	12,7	16,7	16,5	16,6	13,38

W następnych latach opady były niższe i wynosiły kolejno: 296, 328 i 432 mm. W drugim roku badań (1988) niedobory opadów wystąpiły w kwietniu i maju (sumy miesięczne były najniższe w całym czterolecu) oraz w drugiej dekadzie czerwca i pierwszej dekadzie sierpnia. W 1989 r. bardzo niskie opady zanotowano w maju i sierpniu, a w 1990 r. w drugiej dekadzie lipca. Średnia temperatura powietrza wynosiła 12,3°C. Najniższą odnotowano w pierwszym roku badań (10,6°C), a w dwóch kolejnych latach średnie te były takie same i wynosiły 13,5°C. W ostatnim roku tego cyklu średnia temperatura wyniosła 11,4°C.

W II cyklu badań (1999–2003) średnia suma opadów była nieco niższa i wynosiła 423 mm. Najbardziej korzystny był 2001 r., w którym stwierdzono najwyższą

sumę opadów i równomierny ich rozkład (556 mm). Najniższe sumy opadów w tym cyklu badań wystąpiły w latach: 1999 – 349 mm i 2003 – 365 mm. W 2000 r. zanotowano niedobory w trzeciej dekadzie kwietnia oraz od drugiej dekady czerwca do pierwszej dekady lipca, w 2002 r. w pierwszej i trzeciej dekadzie kwietnia i lipca oraz w drugiej dekadzie maja i czerwca. Cykl II charakteryzował się nieco wyższą średnią temperaturą powietrza (o 0,5°C). Najniższą (12,6°C) zanotowano w 2001 r., natomiast w pozostałych latach kształtowała się ona na podobnym poziomie – od 12,9 do 13,3°C. Największy spadek temperatury powietrza w całym cyklu badań (bardzo silne przymrozki) zanotowano w 2003 r. w pierwszej dekadzie kwietnia. Średnia temperatura w tej dekadzie wynosiła –0,9°C.

METODY BADAŃ

Doświadczenia założono metodą losowanych bloków, z trzema czynnikami zmiennymi, w czterech powtórzeniach, na poletkach o powierzchni 12,5 m². W I cyklu badań (1987–1990) w warunkach stałego nawożenia fosforem (120 kg P·ha⁻¹) zastosowano nawożenie potasem w kg·ha⁻¹ w 3 dawkach: 0, 60, 120 kg K·ha⁻¹, azotem w 2 dawkach – 100 i 200 kg N·ha⁻¹ oraz wapnowanie w 3 dawkach 0, 4 t CaO·ha⁻¹ jednorazowo, 2 + 2 t CaO·ha⁻¹ co 2 lata – każdy składnik z każdym, łącznie 18 kombinacji, jak w główce tabel 3–6. Stosowano superfosfat potrójny (46%), sól potasową (60%), saletrę amonową (34,5%) oraz wapno w postaci tlenkowej. Poletka wapnowano w latach 1987 i 1989, nawozy fosforowo-potasowe wysiewano corocznie wiosną, natomiast azotowe w dwóch terminach – wiosną i po pierwszym pokosie.

W latach 1991–1998 poletka nawożono corocznie fosforem, potasem i azotem w tych samych dawkach. Z przyczyn organizacyjnych plony określano z poletek o powierzchni 1 m², dlatego nie uwzględniono ich w analizie wyników.

W II cyklu badań (1999–2003), zachowując ten sam układ rozlosowania kombinacji, jak w I cyklu, dawki NPK zmniejszono o połowę i wynosiły one: 60 kg P·ha⁻¹, 0, 30, 60 kg K·ha⁻¹ oraz 50 i 100 kg N·ha⁻¹. W tym cyklu nie wykonano wapnowania.

Uzyskane wyniki poddano ocenie statystycznej za pomocą analizy wariancji z wykorzystaniem testu Fischera. Przedziały ufności obliczono na podstawie testu *t*-Studenta.

WYNIKI I DYSKUSJA

Plonowanie łąki górskiej przedstawiono i przeanalizowano w zależności od intensywności nawożenia (porównano wpływ nawożenia przyjętego za intensywne i zrównoważone), rzeźby terenu (plony na płaskowyżu i stoku) oraz poziomu nawożenia NPK i Ca.

Tabela 3. Plony suchej masy ($t \cdot ha^{-1}$) na płaskowyżu w latach 1987–1990

Table 3. Dry matter yields ($t \cdot ha^{-1}$) on flat ground in the years 1987–1990

Lata Years	Ca ₀						Ca ₂₊₂						Ca ₄						Średnia Mean		
	K ₀		K ₆₀		K ₁₂₀		K ₀		K ₆₀		K ₁₂₀		K ₀		K ₆₀		K ₁₂₀				
	N ₁₀₀	N ₂₀₀	N ₁₀₀	N ₂₀₀	N ₁₀₀	N ₂₀₀	N ₁₀₀	N ₂₀₀	N ₁₀₀	N ₂₀₀	N ₁₀₀	N ₂₀₀	N ₁₀₀	N ₂₀₀	N ₁₀₀	N ₂₀₀	N ₁₀₀	N ₂₀₀			
1987	5,40	5,50	5,60	5,80	6,40	7,60	5,70	6,40	5,10	4,60	5,00	5,00	5,90	6,80	6,50	6,50	6,00	5,90	5,87		
1988	5,46	6,18	5,33	6,81	5,94	6,47	5,45	5,7	4,98	5,95	5,44	5,99	4,25	5,13	4,51	5,92	6,62	6,50	5,70		
1989	4,08	3,97	5,17	4,72	4,85	5,53	3,34	3,99	4,50	4,60	5,16	7,61	4,84	5,33	4,36	5,82	5,73	4,72	4,91		
1990	4,09	4,85	4,37	5,31	4,32	5,13	4,41	5,30	5,41	5,49	5,45	5,99	4,50	4,86	4,17	4,85	3,86	5,14	4,86		
Średnia Mean			Ca ₀ – 5,37								Ca ₂₊₂ – 5,27										
			K ₀ – 5,06								K ₆₀ – 5,27										
			N ₁₀₀ – 5,06												N ₂₀₀ – 5,61						

Istotność różnic: lata***, Ca – n.i., K**, N***, Ca x K x N x lata – n.i., Ca x K – n.i., Ca x N – n.i., K x N – n.i., Ca x N – n.i., Ca x K x N – n.i.

Significance: years***, Ca – n.s., K**, N***, Ca x K x N x years – n.s., Ca x K – n.s., Ca x N – n.s., K x N – n.s., Ca x N – n.s., Ca x K x N – n.s.

Objaśnienia: * – $p < 0,05$, ** – $p < 0,01$, *** – $p < 0,001$, n.i. – różnica nieistotna $p > 0,05$.

Kombinacje nawozowe: Ca₀ – 0 t CaO·ha⁻¹, Ca₂₊₂ – 2+2 t CaO·ha⁻¹ co 2 lata, Ca₄ – 4 t CaO·ha⁻¹ jednorazowo, K₀ – 0 kg·ha⁻¹, K₆₀ – 60 kg·ha⁻¹, K₁₂₀ – 120 kg·ha⁻¹, N₁₀₀ – 100 kg·ha⁻¹, N₂₀₀ – 200 kg·ha⁻¹.

Significance at: * – $p < 0,05$, ** – $p < 0,01$, *** – $p < 0,001$, n.s. – not significant difference $p > 0,05$.

Fertilization combinations: Ca₀ – 0 t CaO·ha⁻¹, Ca₂₊₂ – 2+2 t CaO·ha⁻¹ every 2 years, Ca₄ – 4 t CaO·ha⁻¹ one-time dose, K₀ – 0 kg·ha⁻¹, K₆₀ – 60 kg·ha⁻¹, K₁₂₀ – 120 kg·ha⁻¹, N₁₀₀ – 100 kg·ha⁻¹, N₂₀₀ – 200 kg·ha⁻¹.

Tabela 4. Plony suchej masy ($t \cdot ha^{-1}$) na stoku w latach 1987–1990

Table 4. Dry matter yields ($t \cdot ha^{-1}$) on slope in the years 1987–1990

Lata Years	Ca ₀						Ca ₂₊₂						Ca ₄						Średnia Mean
	K ₀		K ₆₀		K ₁₂₀		K ₀		K ₆₀		K ₁₂₀		K ₀		K ₆₀		K ₁₂₀		
	N ₁₀₀	N ₂₀₀	N ₁₀₀	N ₂₀₀	N ₁₀₀	N ₂₀₀	N ₁₀₀	N ₂₀₀	N ₁₀₀	N ₂₀₀	N ₁₀₀	N ₂₀₀	N ₁₀₀	N ₂₀₀	N ₁₀₀	N ₂₀₀	N ₁₀₀	N ₂₀₀	
1987	4,20	4,60	4,20	5,50	5,20	6,00	5,30	5,20	5,40	5,70	5,20	5,80	5,20	5,10	4,60	4,00	4,40	5,60	5,07
1988	5,35	4,38	5,52	5,62	5,10	5,83	4,45	5,49	4,89	5,51	5,37	5,24	4,70	5,68	5,45	5,70	5,60	6,06	5,33
1989	2,52	3,34	3,14	3,19	4,25	5,08	3,32	3,78	3,92	4,98	3,87	3,77	4,73	4,04	3,97	4,94	4,59	5,20	4,04
1990	3,50	3,69	3,60	4,15	3,48	4,29	3,43	3,04	4,14	3,74	3,99	4,29	3,82	4,16	4,49	5,61	4,37	4,43	4,01
Średnia Mean	Ca ₀ – 4,41						Ca ₂₊₂ – 4,58						Ca ₄ – 4,85						5,34
	K ₀ – 4,29						K ₆₀ – 4,66						K ₁₂₀ – 4,88						
	N ₁₀₀ – 4,42						N ₂₀₀ – 4,80												

Istotność różnic: lata***, Ca*, K**, N***, Ca x K x N x lata – n.i., Ca x K – n.i., Ca x N – n.i., K x N – n.i., Ca x N – n.i., Ca x K x N – n.i.

Significance: years***, Ca*, K**, N***, Ca x K x N x years – n.s., Ca x K – n.s., Ca x N – n.s., K x N – n.s., Ca x N – n.s., Ca x K x N – n.s.

Objaśnienia, jak pod tabelą 3.

Tabela 5. Plony suchej masy ($t \cdot ha^{-1}$) na płaskowyżu w latach 1999–2003

Table 5. Dry matter yields ($t \cdot ha^{-1}$) on flat ground in the years 1999–2003

Lata Years	Ca ₀						Ca ₂₊₂						Ca ₄						Średnia Mean
	K ₀		K ₆₀		K ₁₂₀		K ₀		K ₆₀		K ₁₂₀		K ₀		K ₆₀		K ₁₂₀		
	N ₁₀₀	N ₂₀₀	N ₁₀₀	N ₂₀₀	N ₁₀₀	N ₂₀₀	N ₁₀₀	N ₂₀₀	N ₁₀₀	N ₂₀₀	N ₁₀₀	N ₂₀₀	N ₁₀₀	N ₂₀₀	N ₁₀₀	N ₂₀₀	N ₁₀₀	N ₂₀₀	
1999	6,47	6,15	5,92	6,00	6,76	6,25	6,60	6,26	5,97	6,43	7,25	6,87	5,91	5,91	5,75	7,63	6,74	7,33	6,46
2000	5,41	6,72	6,85	7,27	7,38	7,54	6,02	6,47	7,30	6,88	7,83	9,34	4,49	5,46	6,11	7,39	7,02	6,63	6,78
2001	3,36	4,17	3,35	4,87	3,39	3,73	3,90	4,95	4,20	4,97	3,56	5,12	3,43	4,34	4,22	4,49	4,80	4,77	4,20
2002	5,08	7,19	5,39	7,30	5,45	6,93	5,38	6,47	5,38	7,66	6,21	7,50	6,27	7,95	6,45	6,88	6,25	7,91	6,54
2003	1,61	2,27	1,61	1,85	1,73	1,96	1,61	2,00	1,90	2,16	2,04	2,34	1,69	2,12	1,96	2,76	1,97	2,68	2,01
Średnia Mean	Ca ₀ – 5,00						Ca ₂₊₂ – 5,35						Ca ₄ – 5,24						5,20
	K ₀ – 4,86						K ₆₀ – 5,23						K ₁₂₀ – 5,51						
	N ₁₀₀ – 4,84												N ₂₀₀ – 5,55						

Istotność różnic: lata***, Ca*, K**, N***, Ca x K x N x lata – n.i., Ca x K – n.i., Ca x N – n.i., K x N – n.i., Ca x N – n.i., Ca x K x N – n.i.

Significance: years***, Ca*, K**, N***, Ca x K x N x years – n.s., Ca x K – n.s., Ca x N – n.s., K x N – n.s., Ca x N – n.s., Ca x K x N – n.s.

Objaśnienia, jak pod tabelą 3.

Tabela 6. Plony suchej masy ($t \cdot ha^{-1}$) na stoku w latach 1999–2003

Table 6. Dry matter yields ($t \cdot ha^{-1}$) on slope in the years 1999–2003

Lata Years	Ca ₀						Ca ₂₊₂						Ca ₄						Średnia Mean		
	K ₀		K ₆₀		K ₁₂₀		K ₀		K ₆₀		K ₁₂₀		K ₀		K ₆₀		K ₁₂₀				
	N ₁₀₀	N ₂₀₀	N ₁₀₀	N ₂₀₀	N ₁₀₀	N ₂₀₀	N ₁₀₀	N ₂₀₀	N ₁₀₀	N ₂₀₀	N ₁₀₀	N ₂₀₀	N ₁₀₀	N ₂₀₀	N ₁₀₀	N ₂₀₀	N ₁₀₀	N ₂₀₀			
1999	3,88	3,30	4,36	4,38	4,45	4,85	4,82	5,32	4,61	4,79	5,23	5,51	3,49	4,09	3,84	5,01	3,99	5,24	4,51		
2000	3,77	4,24	3,56	4,32	3,72	4,20	3,37	3,79	2,84	3,99	3,58	4,31	3,51	3,88	3,83	4,81	3,72	4,59	3,89		
2001	3,69	3,79	3,39	4,07	4,03	5,59	3,22	4,60	4,70	4,84	4,67	6,82	4,60	5,67	4,48	5,52	4,28	5,35	4,63		
2002	4,30	5,92	4,25	5,74	4,28	5,08	3,50	4,47	3,58	4,67	4,15	6,02	4,24	6,50	5,00	6,71	4,31	5,01	4,87		
2003	1,01	1,20	1,26	1,31	0,92	1,31	1,42	1,73	1,36	1,55	1,58	1,89	1,70	1,19	1,75	2,08	1,50	1,58	1,46		
Średnia Mean			Ca ₀ – 3,67				Ca ₂₊₂ – 3,90						Ca ₄ – 4,05						3,87		
			K ₀ – 3,67				K ₆₀ – 3,89						K ₁₂₀ – 4,06								
			N ₁₀₀ – 3,51						N ₂₀₀ – 4,24												

Istotność różnic: lata***, Ca**, K**, N***, Ca x K x N x lata – n.i., Ca x K – **, Ca x N – n.i., K x N – n.i., Ca x N – n.i., Ca x K x N – n.i.

Significance: years***, Ca**, K**, N***, Ca x K x N x years – n.s., Ca x K – **, Ca x N – n.s., K x N – n.s., Ca x N – n.s., Ca x K x N – n.s.

Objaśnienia, jak pod tabelą 3.

Explanations as in Tab. 3.

Średnie roczne plony suchej masy po zastosowaniu nawożenia intensywnego (cykl I) przedstawiono w tabelach 3. i 4., a zrównoważonego (cykl II) – w 5. i 6. Plony suchej masy kształtowały się w I cyklu na poziomie $4,98 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (na płaskowyżu – $5,34 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, a na stoku $4,61 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), natomiast w II – $4,53 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (na płaskowyżu – $5,20$ i stoku – $3,87 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$). Różnica plonów na korzyść obiektów nawożonych intensywnie wynosiła $0,45 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Na płaskowyżu była niewielka – tylko 2,6%, natomiast na stoku znaczna – 16,1%. Świadczy to o większych wymaganiach nawozowych terenów silnie nachylonych.

Wydajność w obu doświadczeniach i cyklach była mniejsza od osiągniętych przez MIKOŁAJCZAKA [1996] w wieloletnich badaniach w regionie Sudetów. Używał on średnie plony suchej masy ok. $6,2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ w strefie 600–750 m n.p.m. w warunkach nawożenia NPK odpowiednio 120, 70, 100 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ i wapnowania 2–4 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ oraz $7,0 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, gdy stosowano więcej azotu ($180 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$).

Powodem mniejszych plonów mogły być niekorzystne warunki meteorologiczne. Ich zróżnicowanie w obydwu cyklach istotnie wpłynęło na plonowanie runi łąkowej. W I cyklu badań, zarówno na płaskowyżu, jak i na stoku uzyskano największe i bardzo zbliżone plony w pierwszych dwóch latach badań (1987 i 1988) – odpowiednio $5,87$ i $5,70$ oraz $5,07$ i $5,33 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. W dwóch kolejnych latach (1989 i 1990) plony były o ok. $1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ mniejsze – $4,91$ i $4,86 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ oraz $4,04$ i $4,01 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Można to tłumaczyć pogłębiającym się niedoborem wilgoci w glebie na skutek małej ilości opadów w okresie IV–VIII w trzech kolejnych latach (1988–1990).

Największe plony w II cyklu, a zarazem w całym okresie uzyskano na płaskowyżu w latach: 1999, 2000 i 2002, odpowiednio: $6,46$, $6,78$ i $6,54 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Na stoku w tych latach uzyskano odpowiednio $4,51$, $4,63$ i $4,87 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Ostatni rok badań (2003) okazał się najbardziej niekorzystny dla plonowania roślin na obydwu doświadczeniach. Plony były mniejsze o ok. 70% od największych w tym cyklu i wynosiły na płaskowyżu $2,01$, a na stoku – $1,46 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, co wpłynęło na znaczne zmniejszenie średniego plonu z tego cyklu. Mała ilość opadów i ich nierównomierny rozkład w tym roku wywołały suszę, a przymrozki i temperatura poniżej 5°C w początkowym okresie wegetacji roślin (I i II dekada kwietnia) dodatkowo przyczyniły się do uzyskania najmniejszych plonów. Badania KOPCIA [1993] i MIKOŁAJCZAKA [1996] wskazują na temperaturę powietrza jako ważny czynnik limitujący plonowanie użytków zielonych. Przymrozki i chłodne miesiące wiosenne znacząco hamują przyrosty zielonej masy.

W badaniach stwierdzono istotny wpływ nachylenia i związanego z nim pogorszenia się warunków siedliskowych na ilość plonów. W obu omawianych cyklach większe plony uzyskano w doświadczeniu na płaskowyżu – w I cyklu o $0,73 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (16%), a w II w warunkach niższego poziomu nawożenia – $1,33 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (34%). Największa różnica – $2,89 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (74%) – wystąpiła w 2000 r. Duży wpływ nachylenia na ilość plonów stwierdzili w swoich badaniach KOPEĆ i MISZTAŁ [1996]. Wykazali oni zmniejszenie plonów średnio o 1,5% na każdy stopień spadku terenu (max. 65% w warunkach nachylenia $10\text{--}20^\circ$). Według nich nawożenie mineralne w pew-

nym stopniu łagodzi te różnice, co wykazano również w niniejszych badaniach, porównując plony w warunkach różnej intensywności nawożenia.

Na podstawie analizy statystycznej stwierdzono, że wszystkie zastosowane w doświadczeniach składniki nawozowe wpływały na ilość uzyskanych plonów. Największy wpływ miał azot, o czym świadczą również wyniki wcześniejszych badań prowadzonych w rejonie Sudetów [FATYGA, WIECZOREK, 1978; NADOLNA, 1996; MIKOŁAJCZAK, 1996]. W badaniach własnych zwiększenie dawki azotu ze 100 do 200 kg N·ha⁻¹ i z 50 do 100 kg N·ha⁻¹ spowodowało zwiększenie plonów średnio odpowiednio o 11 i 15% na płaskowyżu oraz o 9 i 21% na stoku. Na płaskowyżu po zastosowaniu dawki intensywnej zanotowano przyrost plonu z 5,06 do 5,61 t·ha⁻¹, a zrównoważonej – z 4,84 do 5,51 t·ha⁻¹. Na stoku po zastosowaniu większej dawki azotu w I cyklu plony zwiększyły się z 4,42 do 4,80 t·ha⁻¹, a w II – z 3,51 do 4,24 t·ha⁻¹.

Nawożenie potasowe również wpłynęło na plonowanie roślin w obu cyklach badań. Na płaskowyżu największe, bardzo zbliżone plony uzyskano w warunkach stosowania maksymalnych dawek (120 w I cyklu i 60 kg K·ha⁻¹ w II) odpowiednio 5,68 i 5,51 t·ha⁻¹. Były one istotnie większe o ok. 12% (0,62 t·ha⁻¹) i 13% (0,65 t·ha⁻¹) w porównaniu z obiektami, na których nie stosowano potasu. Na stoku plony zwiększały się wraz ze zwiększaniem dawki tego składnika, ale istotne różnice stwierdzono również w warunkach stosowania mniejszej dawki (60 kg K·ha⁻¹ w I cyklu i 30 kg w II). W tych warunkach uzyskano odpowiednio 4,66 i 3,89 t·ha⁻¹. Różnice w stosunku do obiektów nienawożonych potasem wynosiły odpowiednio 9% (0,37 t·ha⁻¹) i 6% (0,22 t·ha⁻¹). Porównywalny poziom plonowania w warunkach stosowania dawek 120 i 60 kg K·ha⁻¹ na płaskowyżu oraz statystycznie potwierdzone plonotwórcze działanie tylko mniejszych dawek tego składnika na stoku potwierdzają konieczność dostosowania nawożenia potasowego do zasobności gleby.

Z przeglądu literatury na temat wapnowania nie wynika jednoznaczny plonotwórczy wpływ tego zabiegu na plonowanie użytków zielonych [KOPEĆ, 2000; SAPEK, 1993]. Podkreśla się jednak, że efekty działania wapnowania zależą m.in. od dawki i formy nawozów wapniowych, warunków glebowych, jak również ilości stosowanych nawozów NPK. W przeprowadzonych badaniach, po zwapnowaniu w 1987 r. w warunkach intensywnego nawożenia NPK, na płaskowyżu nie stwierdzono wpływu tego zabiegu na plony suchej masy. Na obiektach wapnowanych średnie plony były nieco mniejsze niż na niewapnowanych. Potwierdzają to badania KOPCIA [2000], który wykazał zmniejszenie plonów w pierwszych trzech latach po zabiegu. W przeprowadzonych badaniach na stoku stwierdzono istotny wpływ wapnowania jednorazową dawką (4 t·ha⁻¹) na ilość plonu – jego przyrost wyniósł średnio 10% (0,44 t·ha⁻¹). Większą efektywność wapnowania na łąkach o mniejszej żyzności gleby i warunkach silnego zakwaszenia stwierdzili SMOROŃ i KOPEĆ [1993].

W II cyklu, gdy zmniejszono dawki NPK, plony na obiektach wapnowanych w stosunku do niewapnowanych były istotnie większe. Na płaskowyżu po zastosowaniu $4 \text{ t CaO} \cdot \text{ha}^{-1}$ z podziałem na dwie równe części wysiewane co dwa lata plon zwiększył się o 7% ($0,35 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$), a na stoku zarówno pod wpływem dawki jednorazowej (o 10%, $0,38 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$), jak i podzielonej (o 6%, $0,21 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$). Jest to wynik następczego efektu wapnowania, co potwierdzają badania GORLACHA i CURYŁY [2000] oraz BARSZCZEWSKIEGO [2006] w warunkach nizinnych. W Sudetach pozytywny wpływ wapnowania na plon roślinności łąkowej stwierdzili MIKOŁAJCZAK i WOLSKI [1996]. Zgodnie z wynikami tych autorów na obiektach nawożonych NPK, zabieg ten spowodował zwiększenie plonu suchej masy o $0,7\text{--}1,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Na podstawie analizy statystycznej wyników nie stwierdzono istotnego wpływu współdziałania azotu, potasu i wapna na plon runi łąkowej. Jedynie w drugim cyklu na stoku stwierdzono istotne współdziałanie potasu i wapna. W literaturze nie znaleziono informacji na temat wpływu współdziałania tych składników na plon runi łąkowej.

WNIOSKI

1. Warunki przyrodnicze, tj. nachylenie terenu i przebieg pogody, miały bardzo duży wpływ na ilość plonów. Na terenach stokowych o znacznym nachyleniu (20°) plony były mniejsze niż na płaskowyżu średnio o $1,02 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, co ze względów produkcyjnych staje się argumentem przemawiającym za wyłączeniem ich z użytkowania. Przebieg pogody, zwłaszcza opadów, powodujący okresy suszy, może przyczynić się do znacznego zmniejszenia plonów, nawet do 70%, jak w 2003 r.

2. Porównanie wpływu intensywnego i zrównoważonego nawożenia NPK wykazało, że zmniejszenie dawek tych nawozów o połowę spowodowało zmniejszenie plonów średnio o $0,44 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (na terenie płaskim tylko o $0,14 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, tj. 2,6%, a na stoku o $0,74 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, tj. 16,1%).

3. Największe znaczenie plonotwórcze miał azot. Zwiększenie jego dawki w warunkach intensywnego nawożenia wpłynęło na przyrost plonów średnio o 10%, a w warunkach nawożenia zrównoważonego o 18%.

4. Wpływ potasu był zróżnicowany. Na terenie płaskim największe plony stwierdzono, gdy stosowano największe dawki tego składnika – średnio o 12,5% większe na niż obiektach bez nawożenia. Ilość plonu była porównywalna zarówno na obiektach nawożonych dawką intensywną, jak i zrównoważoną. Na stoku plonotwórcze znaczenie miały tylko mniejsze dawki.

5. Wpływ wapnowania na plony stwierdzono tylko na stoku, w warunkach stosowania jednorazowej dawki $4 \text{ t CaO} \cdot \text{ha}^{-1}$. Zaznaczyło się również, zgodnie z danymi z literatury, jego następcze działanie.

6. Mimo zmieniających się opinii na temat roli i znaczenia użytków zielonych w górach, nawożenie, które reguluje ich produktywność, pozostaje nadal ważnym czynnikiem pratotechnicznym. Badania wykazały, że w sprzyjających warunkach pogodowych zrównoważony poziom nawożenia NPK daje możliwość osiągnięcia na sudeckich użytkach zielonych plonów rzędu 5,0–6,0 t·ha⁻¹ suchej masy.

LITERATURA

- BARSZCZEWSKI J., 2006. Dynamika plonowania wieloletnich doświadczeń łąkowych. Woda Środ. Obsz. Wiej. t. 6 z. specj. (17) s. 119–131.
- DOBOSZYŃSKI L., 1996. Nawożenie użytków zielonych w świetle prac polskich. Lata 1945–1990. Bibl. Wiad. IMUZ 88 ss. 152.
- FATYGA J., WIECZOREK J., 1978. Badania nad wpływem nawożenia azotem, fosforem i potasem podłogowych użytków zielonych w Sudetach. Wiad. IMUZ t. 13 z. 4 s. 141–162.
- GORLACH E., CURYŁO T., 1990. Reakcja runi łąkowej na wapnowanie w warunkach wieloletniego zróżnicowanego nawożenia mineralnego. Roczn. Gleb. 41 1–2 s. 161–177.
- KOPEĆ S., 1993. Plonowanie łąk górskich w doświadczeniach statycznych w zależności od nawożenia mineralnego i wzniesienia nad poziom morza. Zesz. Nauk. AR Krak. Ser. Ses. Nauk. 37 cz. 1 s. 207–220.
- KOPEĆ S., MISZTAŁ A., 1996. Kształtowanie się plonowania górskich łąk łąkowych w zależności od ekspozycji i spadku terenu. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 442 s. 237–244.
- KOPEĆ M., 2000. Dynamika plonowania i zmian jakości runi łąki górskiej w okresie 30 lat doświadczenia nawozowego. Zesz. Nauk. AR Krak. Rozpr. z. 267 ss. 129.
- MIKOŁAJCZAK Z., 1996. Wpływ nawożenia mineralnego na jakość i ilość plonów z łąk sudeckich. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 442 s. 299–308.
- MIKOŁAJCZAK Z., 1999. Stan i perspektywy gospodarowania na trwałych użytkach zielonych w Sudetach. W: Zasady rolniczego gospodarowania w warunkach przyrodniczych, ekonomicznych i ochrony środowiska w Sudetach. Pr. zbior. Red. Z. Hryncewicz. Wrocław: Wydaw. AR s. 32–54.
- MIKOŁAJCZAK Z., WOLSKI K., 1996. Wpływ nawożenia azotem i wapnowania na skład botaniczny runi w zróżnicowanych siedliskach Sudetów. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 442 s. 317–321.
- NADOLNA L., 1996. Przyrodnicze uwarunkowania plonotwórczego działania azotu na górskich użytkach zielonych w Sudetach. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 442 s. 349–358.
- SAPEK B., 1993. Studia nad wapnowaniem trwałego użytku zielonego na glebie mineralnej. Rozpr. Habil. Falenty: Wydaw. IMUZ ss. 93.
- SMOROŃ S., KOPEĆ S., 1993. Wapnowanie łąk górskich jako czynnik poprawy runi zdegradowanej wieloletnim nawożeniem mineralnym. Zesz. Nauk. AR Krak. Ser. Ses. Nauk. 37 cz. 2 s. 239–250.

Longina NADOLNA, Anna PASZKIEWICZ-JASIŃSKA

**YIELDING OF A MOUNTAIN MEADOW IN THE SUDETEN MOUNTAINS
BASED ON EXPERIMENTAL STUDIES IN THE LIGHT OF CHANGING TRENDS
IN GRASSLANDS FERTILIZATION**

Key words: mountain meadow, NPK and Ca fertilization, the Sudeten, yielding

S u m m a r y

The research was based on two exact experiments in the Sudeten Mts (height 650–700 m above sea level), on plateau (6°), and on slope (about 20°), in two study cycles. In cycle I (1987–1990) fertilization doses adjusted to intensive farming were applied: K – 0, 60, 120 kg·ha⁻¹, N – 100 and 200 kg·ha⁻¹, P – 120 kg·ha⁻¹ and liming – 4 t CaO·ha⁻¹ (in a single dose and divided into 2 t CaO·ha⁻¹ every second years). In cycle II (1999–2003), without liming, NPK fertilization was reduced by half.

The average crop of dry mass yield in the I study cycle amounted to 5.33 t·ha⁻¹ on plateau and to 4.61 t·ha⁻¹ on slope, in the II cycle it was 5.20 and 3.87 t·ha⁻¹, respectively. The results demonstrate that reducing fertilization on plateau had no effect on the crop level (difference 0.13 t·ha⁻¹), while reducing the fertilization doses by half on a steeply inclined slope decreased dry mass crops by 0.74 t·ha⁻¹. In both study cycles the crop was larger on flat area by 1.02 t·ha⁻¹, on average.

Nitrogen fertilization had the greatest impact on crops. Increased N doses in both study cycles resulted in the crop increase on plateau and slope by 10% on average in the I cycle, and by 18% in the II. It was also found that potassium fertilization influenced yielding. Best results in both study cycles were achieved after application of the highest dose of this component on plateau, and a dose smaller by half on slope. Single liming affected the crop only on slope in both cycles and in the case of divided dose – on plateau in the second cycle.

Recenzenci:

prof. dr hab. Zygmunt Mikołajczak

prof. dr hab. Stanisław Twardy

Praca wpłynęła do Redakcji 18.06.2007 r.