

oraz Na [Nowak 1983]. Zmienność składu botanicznego runi, przy jednoczesnym zróżnicowaniu składu chemicznego poszczególnych grup roślin łąkowych, utrudnia ocenę współzależności między zawartością kationów w glebie a ich zawartością i wzajemnymi relacjami w poroście. Z tego względu obserwacje w układzie gleba–roślina prowadzi się często na wydzielonych z porostu grupach roślin (trawy) lub jednym, zwykle dominującym, gatunku [Prończuk 1983].

Celem badań było określenie wpływu składu kompleksu sorpcyjnego gleb łąkowych na zawartość Ca, Mg, K i Na oraz wzajemne między nimi zależności w kupkówce pospolitej.

METODY

Próbki gleb i roślin ($n=54$) zebrane zostały w okresie pierwszego odrostu z trwałych użytków zielonych Dolnego Śląska. Pobierano je w stadium wiechowania kupkówki [Prończuk 1983] z powierzchni ok. $0,5 \text{ m}^2$. W tych samych punktach, z poziomu 0–10 cm, pobrano próbki gleb.

W materiale glebowym oznaczono podstawowe właściwości fizyczne i chemiczne oraz zawartość kationów wymiennych po ekstrakcji roztworem $1,0 \text{ mol CH}_3\text{COONH}_4 \text{ dm}^{-3}$ [Lityński i in. 1976]. W kupkówce, po wydzieleniu jej z porostu i mineralizacji na mokro ($\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2$), oznaczono zawartość potasu, magnezu, wapnia oraz sodu. Magnez w roztworach oznaczono techniką absorpcyjnej spektrometrii atomowej, a pozostałe kationy metodą fotometrii płomieniowej.

WYNIKI

Z danych zamieszczonych w tabeli 1 wynika, że badane gleby wykazywały duże zróżnicowanie takich cech, jak: ilość części spławialnych i koloidalnych, zawartość Corg., oraz zdolności sorpcyjne. Współczynniki zmienności dla badanych właściwości mieściły się w przedziale 38–60%. Odczyn gleb (pH_{KCl}) wahał się od bardzo kwaśnego do obojętnego, a pH_{KCl} wynosiło 3,8–7,2. Równie duże wahania stwierdzono w zawartości poszczególnych kationów wymiennych. Ich średnia ilość układała się jednak w typowy dla naszych gleb szereg i wynosiła: Ca – 1631, Mg – 110, K – 200 i Na – $14,5 \text{ mg kg}^{-1}$ gleby przy bardzo wysokich wartościach współczynnika zmienności (57–85%).

Tabela 1. Charakterystyka próbek glebowych
Table 1. Characteristics of soil samples

Właściwości gleb Soil properties		Min.	Max.	Średnio Mean	CV %
Części sławialne Fine particles	%	8	45	22,3	40
Części koloidalne Colloidal particles		3	18	8,0	39
C org.		0,62	6,16	2,75	39
pH KCl		3,8	7,2	-	-
Hh	cmol (+) kg ⁻¹	1,18	14,79	5,30	50
S		1,59	29,24	9,61	60
T CEC		5,94	30,61	14,91	38
Ca	kationy wymienne exchangeable cations mg kg ⁻¹	200	5150	1631	66
Mg		4	285	110	57
K		26	756	200	85
Na		0,4	57,9	14,5	85
Ca	% S	47,9	94,8	81,1	14
Mg		1,7	19,7	9,8	41
K		0,5	38,8	8,3	110
Na		0,1	3,3	0,7	84
Ca	% T	10,6	84,2	51,0	38
Mg		0,7	13,0	5,9	48
K		0,4	12,6	3,9	86
Na		0,05	1,6	0,4	75

CV współczynnik zmienności coefficient of variance, Hh kwasowość hydrolityczna hydrolytic acidity, T pojemność wymienna kationów CEC cation exchangeable capacity, S suma wymienionych kationów zasadowych TEB total exchangeable bases, Ca, Mg, K, Na kationy wymienne exchangeable cations

Powszechnie opisywane w literaturze zjawisko antagonizmu kationów [Mengel, Kirkby 1983] sprawia jednak, że ich pobieranie przez rośliny w dużej mierze warunkowane jest ich wzajemnymi relacjami w środowisku glebowym. Z tego względu w tabeli 1 zestawiono również procentowy udział kationów zasadowych w ich sumie (% S) oraz stopień wysycenia nimi kompleksu sorpcyjnego (% T). Założono, że uwzględnienie udziału kationów w ich sumie pozwoli na statystyczną ocenę antagonizmów pomiędzy kationami zasadowymi, zaś udział w kompleksie sorpcyjnym ocenę oddziaływania jonów o charakterze kwaśnym [Kaczor 1998]. W tym kontekście w badanych glebach zwraca uwagę bardzo wysoka zmienność udziałów kationów jednowartościowych. Potas stanowił 0,5–38,8% (średnio 8,3) sumy zasad wymiennych i 0,4–12,6% (średnio 3,9) pojemności wymiennej. Dla sodu analogiczne wartości wynosiły 0,1–3,3% S (średnio 0,7) oraz 0,05–1,65% T (średnio 0,4).

Tabela 2. Zawartość Ca, Mg, K i Na w kupkówce, g kg⁻¹ s.m.
Table 2. Content of Ca, Mg, K and Na in cocksfoot, g kg⁻¹ d.m.

Pierwiastek Element	Min.	Max.	Średnia Mean	CV %
Ca	1,8	6,0	2,8	29
Mg	0,97	2,46	1,41	21
K	18,7	48,1	34,4	20
Na	0,09	6,26	0,57	176

CV Współczynnik zmienności Coefficient of variance

Tabela 3. Współczynniki korelacji prostej pomiędzy zawartością kationów w kupkówce oraz pomiędzy ich udziałem w sumie kationów (p<0,05)
Table 3. Simple correlation coefficients between percent content of cations in cocksfoot and between their share in the sum of cations (p<0.05)

Pierwiastek Element	Zawartość Contents g kg ⁻¹				Udział w sumie kationów Share in the sum of cations			
	Ca	Mg	K	Na	Ca	Mg	K	Na
Ca	-				-			
Mg	0,48 ^{xx}	-			0,52 ^{xx}	-		
K	ni ns	ni ns	-		-0,83 ^{xx}	-0,74 ^{xx}	-	
Na	0,38 ^x	0,37 ^x	-0,35 ^x		0,41 ^x	0,37 ^x	-0,79 ^{xx}	-

ni nieistotne, ns not significant

^xIstotne przy p<0,01 significant at p<0.01

^{xx}Istotne przy p<0,001 significant at p<0.001

Zawartość badanych składników w kupkówce przedstawiono w tabeli 2. W świetle kryteriów przyjętych przez Nowaka [1983] analizowane próbki wykazywały średnio niewystarczającą koncentrację wapnia i sodu, zaledwie wystarczającą magnezu i zbyt wysoką ilość potasu. Zwracają przy tym uwagę relatywnie niskie (z wyjątkiem sodu) w porównaniu z glebami, wartości współczynników zmienności, świadczące o aktywnym udziale rośliny w procesie pobierania tych składników.

Z dokonanych przeliczeń wynika, że w próbkach kupkówki sumaryczna ilość badanych kationów wahała się od 803 do 1522 mmol (+) kg⁻¹ suchej masy. Tak znaczne zróżnicowanie, związane zapewne w dużej mierze z ilością oraz formą pobieranego azotu [Myszka 1986], sugeruje, iż w poszukiwaniu związków w układzie gleba-roślina celowe wydaje się uwzględnienie nie tylko zawartości składnika (w g kg⁻¹) w roślinie, ale również jego udziału w sumie pobranych kationów. Zasadność tych przypuszczeń potwierdzają pośrednio dane zawarte w tabeli 3. Zestawiono w niej współczynniki korelacji prostej pomiędzy ilością

składników w kupkówce wyrażoną w g kg^{-1} lub też jako ich udział w sumie pobranych kationów (suma mmol (+) Ca, Mg, K i Na=100%). W tym zestawieniu zwraca uwagę fakt, iż zawartości wapnia i magnezu nie wykazywały istotnego związku z koncentracją potasu. Te same współzależności, mierzone udziałem w sumie kationów, wykazywały natomiast wysoce istotne ($p < 0,001$) ujemne skorelowanie.

Tabela 4. Współczynniki korelacji prostej pomiędzy zawartością Ca, Mg, K i Na w glebach i kupkówce (istotne przy $p < 0,05$)

Table 4. Simple correlation coefficients between content of Ca, Mg, K and Na in soils and in cocksfoot (significant at $p < 0.05$)

Gleba Soil		Roślina Plant							
		Ca		Mg		K		Na	
		A	B	A	B	A	B	A	B
Ca	1	0,36 ^x	0,34 ^x				-0,30	0,26	0,27
	2	0,43 ^{xx}	0,44 ^{xx}				-0,42 ^x	0,35 ^x	0,37 ^x
	3	0,48 ^{xx}	0,52 ^{xx}				-0,48 ^{xx}	0,35 ^x	0,38 ^x
Mg	1				0,26				
	2	-0,28			0,29 ^x				
	3				0,35 ^x	-0,27			
K	1	-0,28	-0,40 ^x	-0,32	-0,39 ^x	0,35 ^x	0,50 ^{xx}	-0,38 ^x	-0,41 ^x
	2	-0,41 ^x	-0,48 ^{xx}	-0,27	-0,30	0,28	0,49 ^{xx}	-0,34 ^x	-0,37 ^x
	3	-0,41 ^x	-0,49 ^{xx}	-0,31	-0,34 ^x	0,30	0,54 ^{xx}	-0,40 ^x	-0,43 ^{xx}
Na	1								
	2								
	3								

1 – Zawartość w mg kg^{-1} Content in mg kg^{-1}

2 – % w sumie zasad wymiennych (S) % in total exchangeable bases (TEB)

3 – % w pojemności wymiennej kationów % in cation exchangeable capacity

A – Zawartość w g kg^{-1} Content in g kg^{-1}

B – Udział w sumie kationów Share in the sum of cations

^xIstotne przy $p < 0,01$ Significant at $p < 0.01$

^{xx}Istotne przy $p < 0,001$ Significant at $p < 0.001$

Wpływ zawartości zasorbowanych wymiennie kationów na skład chemiczny kupkówki, mierzony wielkością współczynników korelacji w układzie gleba-roślina, przedstawiono w tabeli 4. Ilość Ca wymiennego w glebie korzystnie wpływała ($r=0,36$) na jego zawartość w kupkówce. Związek ten był znacznie bardziej wyraźny, jeśli w obliczeniach brano pod uwagę udział Ca w sumie zasad wymiennych w glebie ($r=0,43$) lub pojemności sorpcyjnej ($r=0,48$). Podobny wpływ, choć na ogół przy niższych wartościach współczynników korelacji, wykazywał wapń na zawartość sodu oraz jego udział w sumie kationów pobranych

przez kupkówkę. Nie stwierdzono istotnego wpływu ilości wapnia w glebach na zawartość magnezu i potasu w roślinach. Antagonizm Ca–K uwidocznił się natomiast w udziale potasu w sumie pobranych przez kupkówkę kationów.

Niewielki wpływ na skład chemiczny roślin wykazała ilość magnezu wymiennego. Wbrew oczekiwaniom, mimo dużego zróżnicowania gleb, w badanym zbiorze próbek nie wykazano istotnego związku pomiędzy jego zawartością w glebie i roślinie. Zależność taką obserwowano wielu autorów, a w warunkach doświadczeń wazonowych ilość magnezu wymiennego była bardzo dobrym wskaźnikiem zaopatrzenia roślin w ten składnik [Mercik i in. 1983]. Zauważyć jednak należy, że ilości Mg, a zwłaszcza wysycenie nim kompleksu sorpcyjnego gleb, korzystnie wpływały na udział tego składnika w sumie pobranych przez kupkówkę kationów.

Wszystkie z obliczanych współczynników korelacji w układzie gleba-roślina okazały się znaczące statystycznie w przypadku potasu. Wzrostowi jego ilości w glebie towarzyszyło wyraźne zmniejszenie w kupkówce zawartości wapnia i w nieco słabszym stopniu magnezu oraz sodu. W odniesieniu do wapnia szczególnie dobrym wskaźnikiem antagonizmu K–Ca był udział potasu w sumie zasad glebowych (% S) oraz w pojemności sorpcyjnej (% T). Nieco słabsze zależności ($r=0,28$ do $0,35$) stwierdzono pomiędzy ilością potasu w glebie i roślinie, natomiast zdecydowanie silniejsze ($r=0,49$ do $0,54$) jeśli za miernik przyjęto udział potasu w sumie kationów pobranych przez kupkówkę. Sposób wyrażania ilości potasu w glebie (mg, % S, % T) nie powodował znaczących zmian wartości współczynników korelacji.

Zawartość sodu w glebach, mimo wysokich wartości współczynników zmienności jego ilości w glebach, nie wykazała statystycznie znaczących związków z zawartością badanych składników w kupkówce.

WNIOSKI

1. Użyty w badaniach materiał glebowy charakteryzowało duże zróżnicowanie zawartości części spławialnych i koloidalnych, C_{org} oraz kationowej pojemności wymiennej. Współczynniki zmienności dla ilości (w $mg\ kg^{-1}$ gleby) zasorbowanych wymiennie kationów układały się w następującym szeregu: $H < Mg < Ca < K = Na$.

2. Największy wpływ na skład chemiczny kupkówki wykazywała ilość potasu wymiennego w glebach, która była istotnie skorelowana z zawartością Ca, Mg, K i Na w kupkówce.

3. Zawartość wapnia, magnezu, potasu i sodu w kupkówce była zwykle silniej skorelowana ze stopniem wysycenia kompleksu sorpcyjnego niż bezwzględną ich zawartością w glebie.

4. Współzależności w układzie gleba-roślina były znacznie silniejsze, jeśli zawartość Ca, Mg, K i Na wyrażano jako ich udział w sumie pobranych przez roślinę kationów.

PIŚMIENNICTWO

- Kaczor A. 1998. Odżywianie się roślin w warunkach gleb silnie zakwaszonych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 456, 55–62.
- Lityński T., Jurkowska H., Gorlach E. 1976. Analiza chemiczno-rolnicza. PWN, Warszawa.
- Mengel K., Kirkby E. 1983. Podstawy żywienia roślin. PWN, Warszawa.
- Mercik S., Goźliński H., Gutyńska B. 1983. Ocena metod badania potrzeb nawożenia magnezem. Rocz. Gleb. 34, 1/2, 147–159.
- Mercik S. 1986. Próba ustalenia optymalnego stosunku kationów w nawożeniu. W: Równowaga jonowa w glebach i roślinach w warunkach intensywnego nawożenia. Wyd. IUNG Puławy, cz. 1, 11–30.
- Mercik S. 1987. Stosunki kationów w glebie. W: Fotyma M., Mercik S., Faber A. Chemiczne podstawy żyzności gleb i nawożenia. PWRiL, Warszawa, 184–186.
- Myszka A. 1986. Pobieranie kationów i anionów oraz współzależności jonowe w roślinach. W: Pobieranie i rola składników mineralnych w roślinach w warunkach intensywnego nawożenia. Wyd. IUNG Puławy, S41, 23–42.
- Nowak M. 1983. Charakterystyka zasobności siana w składniki mineralne. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 276, 45–53.
- Prończuk J. 1983. Składniki mineralne w sianie i kupkówce w zależności od pH, uwilgotnienia i nawożenia siedlisk. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 276, 29–44.

