

Michał Kopec, Krzysztof Gondek

WAPNOWANIE TRWAŁYCH UŻYTKÓW ZIELONYCH METODĄ OPÓŹNIANIA WYCZERPANIA GLEBOWYCH ZASOBÓW MIKROELEMENTÓW

Streszczenie. Istnieje możliwość kontrolowania glebowych zasobów mikroelementów poprzez regulowanie odczynu gleby. Wapnowanie ogranicza nadmierne pobieranie składników oraz ich straty, co skutkuje wydłużeniem czasu korzystania z zasobów glebowych. W praktyce wykorzystanie zastosowanych dawek mikroelementów przez roślinność łąkową jest niewielkie, stąd należy rozpatrywać systematyczne zwracanie mikroelementów do gleby z nawożeniem podstawowym lub ochronę glebowych zasobów mikroelementów. Analizę problemu przeprowadzono w oparciu o długotrwałe doświadczenie nawozowe (Czarny Potok), rozpoczęte w 1968 roku, na trwałym użytku zielonym w górach (720 m n.p.m.). W całym okresie badań dynamiki plonowania i zmian właściwości gleby przeprowadzono trzykrotne wapnowanie, które znacząco zmodyfikowało właściwości środowiska. Uproszczony bilans mikroelementów umożliwił oszacowanie tempa i strat w zasobach glebowych tych pierwiastków, często pomijanych w praktyce jako mało istotne.

Słowa kluczowe: trwały użytek zielony, mikroelementy, wapnowanie, retardacja wyczerpywania zasobów glebowych

WSTĘP

Jankowska-Huflejt i Domański [2008] dostrzegają poprawę wykorzystania potencjału produkcyjno-środowiskowego trwałych użytków zielonych (TUZ) w doskonaleniu chowu zwierząt trawożernych, rozwoju rolnictwa ekologicznego z produkcją zwierzęcą, a więc elementach ważnych w zrównoważonym rozwoju. Dyskusyjnym jest jednak wskazanie wykorzystania biomasy z TUZ na cele energetyczne. W wielu przypadkach będzie to produkcja ekstensywna zakładająca wykorzystanie zasobów glebowych, co może prowadzić do zaburzenia równowagi żywienia roślin składnikami pokarmowymi. Szczególną rolę w sytuacji zwiększania produkcji poprzez stosowanie nawożenia azotem odgrywają mikroelementy.

Na potrzebę nawożenia mikroelementami TUZ zwracali uwagę Czuba i Murzyński [1993], na podstawie własnych badań w statycznych, wieloletnich doświadczeniach nawozowych. Cytowani autorzy propagowali potrzebę wprowadzania na rynek nawozów makroelementowych wzbogaconych mikroelementami, jako najbezpieczniejszy sposób zrównoważonego gospodarowania ich zasobami w środowisku. Z badań tych autorów wynikało niewielkie wykorzystanie zastosowanych dawek mikroelementów przez roślinność łąkową, stąd systematyczne zwracanie tych pierwiastków do gleby z nawożeniem podstawowym wydaje się optymalnym rozwiązaniem.

Podobnie w badaniach Sapek [2010], jednorazowe nawożenie gleby manganem ($50 \text{ kg Mn} \cdot \text{ha}^{-1}$), cynkiem ($30 \text{ kg Zn} \cdot \text{ha}^{-1}$) i miedzią ($10 \text{ kg Cu} \cdot \text{ha}^{-1}$) zwiększyło ich pobranie z plonem, lecz działanie to było stosunkowo krótkotrwałe (około 2–6 lat) i uwarunkowane właściwościami gleby, a zwłaszcza jej zasobnością w materię organiczną, oraz właściwościami chemicznymi pierwiastków. Pobrane ilości składników zmniejszały się w wyniku następczego wpływu wapnowania gleby, natomiast większa dawka azotu wzmacniała pobranie mikroelementów, głównie w wyniku zwiększenia plonu biomasy.

Według Sapek [2010], pobranie niektórych mikroelementów przez roślinność łąkową w okresie przed zastosowaniem nawozów mikroelementowych wykazywało pewną stabilność w obiektach nawozowych, w których gleba charakteryzowała się odpowiednim odczynem. Jedynie na glebie ubogiej w C organiczny i słabo zbuforowanej pobranie Mn istotnie zwiększało się wraz upływem lat, co było skutkiem postępującej reacydyfikacji gleby w obiektach wapnowanych. Ze względu na możliwość nadmiernego wzbogacenia gleby w pierwiastki śladowe, należałoby preferować dolistne dokarmianie roślinności łąkowej tymi składnikami, lecz aby uzyskać oczekiwane, pozytywne rezultaty tego zabiegu, powinno się stosować tylko taki mikroelement, który występuje w niedoborze zarówno w roślinności, jak i w glebie.

Problem niedoboru składników próbuje się rozwiązać nawożeniem dolistnym. Sapek [2010] uważa, że w przypadku gleby zasobnej w mikroelementy niewielkie ich dawki w formie chelatów w nawożeniu dolistnym uzupełniają ewentualny niedobór tych składników w roślinności, bez ryzyka nadmiernego wzbogacenia gleby. W warunkach znacznego niedoboru któregoś z mikroelementów w glebie, proponowane dawki w nawożeniu dolistnym, nawet roztworami rozpuszczalnych soli, mogą być niewystarczające do uzyskania pożądanej ich zawartości w paszy łąkowej. Problemem jest jednak trudność zdefiniowania składnika będącego w niedoborze. Ruń trwałych użytków zielonych stanowią zbiorowiska bardzo skomplikowane ze względu na ukształtowane w konkretnych warunkach wzajemne układy odmian i gatunków roślin. Jedne z nich wykazują w danym momencie wegetacji bardziej lub mniej widoczne zapotrzebowanie na mikroelementy.

Między innymi Kopeć i Gondek [2010] oraz Sapek [2010] uważają, że optymalny dla użytków zielonych odczyn gleby jest jednym z podstawowych warunków właściwego gospodarowania glebowymi zasobami składników pokarmowych roślinności łąkowej, w tym również mikroelementów. Jest ważne, aby odpowiedzieć na pytanie jak gospodarować składnikami w długiej perspektywie? Istnieje możliwość kontrolowania glebowych zasobów mikroelementów, poprzez regulowanie odczynu. Wapnowanie ogranicza nadmierne pobieranie składników, umożliwiając wydłużenie czasu korzystania z ich zasobów glebowych. Dyskusyjne staje się więc powiedzenie, według którego wapnowanie wzbogaca ojca, a zubaża syna.

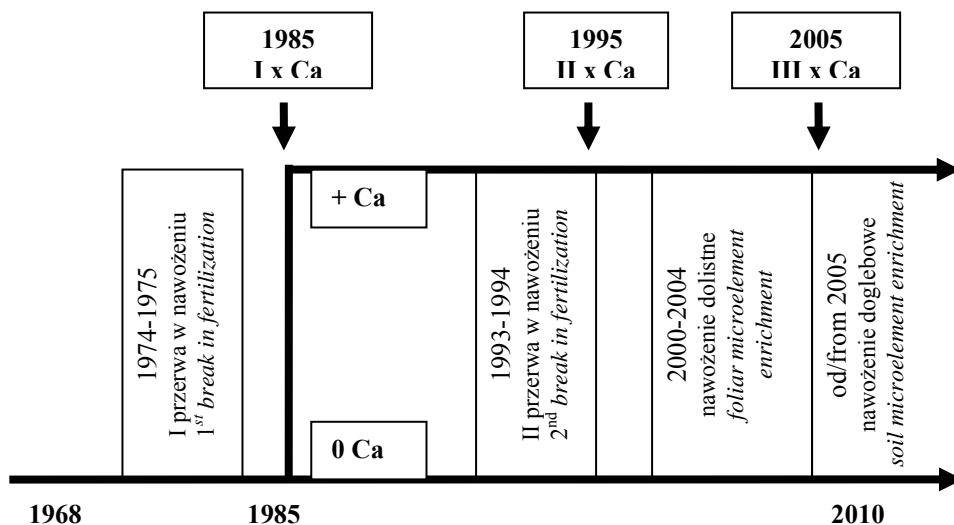
Celem pracy było potwierdzenie możliwości retardacji glebowych zasobów mikroelementów poprzez zabieg wapnowania w warunkach różnie nawożonej łąki górskiej, użytkowanej kośnie przez 40 lat.

MATERIAŁ I METODYKA

Doświadczenie założono w 1968 roku na naturalnej łące górskiej typu bliźniczki - psiej trawki (*Nardus stricta* L.) i kostrzewy czerwonej (*Festuca rubra* L.) ze znacznym udziałem roślin dwuliściennych. Pole doświadczalne jest zlokalizowane w Czarnym Potoku koło

Krynicy (20°54'53" E; 49°24'35" N), znajduje się na wysokości około 720 m n.p.m., u podnóża Jaworzyny Krynickiej, w południowo-wschodnim masywie Beskidu Sądeckiego na stoku o nachyleniu 7° i ekspozycji NNE. Glebę z terenu doświadczenia zaliczono do gleb brunatnych kwaśnych, wytworzonych z piaskowca magurskiego, o składzie granulometrycznym gliny lekkiej pylastej (udział frakcji: 1-0,1 mm - 40%; 0,1-0,02 mm - 37%; >0,02 mm - 23%) i charakterystycznych trzech poziomach genetycznych: darniowym - AhA (0 - 20 cm), brunatnienia - ABbr (21-46 cm) i skały macierzystej BbrC (47-75 cm). Szczegółowe dane o doświadczeniu przedstawiono we wcześniejszej pracy [Kopeć 2000] i na ryc. 1.

Doświadczenie, prowadzone w 5 powtórzeniach, obejmuje 8 obiektów nawozowych (tab. 1), w których stosowano nawożenie azotem lub fosforem (90 kg N lub 90 kg P₂O₅ · ha⁻¹), a na tle PK (90 kg P₂O₅ · ha⁻¹ i 150 kg K₂O · ha⁻¹) azot w postaci salety amonowej i mocznika oraz w dwóch dawkach (90 i 180 kg N · ha⁻¹).



Ryc. 1. Schemat modyfikacji zabiegów przatotechnicznych w doświadczeniu
 Fig. 1. Scheme of modification of cultivation measures in the experiment

Od jesieni 1985 roku doświadczenie, przy takim samym poziomie nawożenia NPK, jest prowadzone w dwóch seriach: bez wapnowania i wapnowanej. W 1995 i 2005 roku powtórzono zabieg wapnowania. Pierwsze i trzecie wapnowanie przeprowadzono obliczając dawkę wapna na podstawie 0,5 wartości Hh, w drugim zabiegu uwzględniono całkowitą kwasowość hydrolityczną gleby oznaczoną w roku poprzedzającym zabieg.

W latach 1974-1975 i 1993-1994 nie stosowano nawożenia mineralnego, ograniczając prowadzenie badań do określenia plonu runi i jej składu chemicznego.

Nawozy fosforowe i potasowe w okresie 1968-1980 wysiewano jesienią. Od roku 1981 nawozy te wysiewane są na wiosnę, przy czym potas (1/2 dawki) był uzupełniany latem po I pokosie. W latach 1968-1973 stosowano supertomasynę, natomiast od roku 1976 jest stosowany superfosfat potrójny (46%), a od 2005 superfosfat wzbogacony (40%). W całym okresie doświadczenia nawozy azotowe wysiewano w dwóch terminach: 2/3 dawki rocznej na wiosnę w fazie ruszenia wegetacji, a 1/3 dawki w kilkanaście dni po zbiorze I pokosu.

W 1994 roku zastosowano jednorazowo 10 kg Cu i 8 kg Mg · ha⁻¹, jako nawożenie regeneracyjne. W latach 2000-2004 było stosowane nawożenie dolistne (2 razy po 2 dm³ · ha⁻¹) nawozem mikroelementowym Mikrovit-1, który zawierał w 1 dm⁻³: 23,3 g Mg; 2,3 g Fe; 2,5 g Cu; 2,7 g Mn; 1,8 g Zn; 0,15 g B i 0,1 g Mo. W latach 2005-2007 stosowano corocznie doglebowo 0,5 kg B · ha⁻¹, a w 2008 roku na wiosnę zastosowano po 5 kg Cu, Zn i Mn · ha⁻¹ oraz po 0,5 kg Co i Mo · ha⁻¹.

Tabela 1. Schemat nawożenia w statycznym doświadczeniu w Czarnym Potoku

Table 1. Fertilization scheme in the static experiment in Czarny Potok

Obiekty nawozowe Fertilizer objects	Roczne dawki pierwiastków w seriach 0Ca i +Ca / Annual doses of the element in series 0Ca and +Ca (1985, 1995, 2005) kg · ha ⁻¹			Nawozy azotowe Nitrogen fertilizer	Mikroelementy Microelements
	P	K	N		
A - PK	39,24	124,5	-	-	B, Cu, Zn, Mn, Co, Mo
B - PK +N ₁ sa/an	39,24	124,5	90	sa/an	
C - PK+N ₂ sa/an	39,24	124,5	180	sa/an	
D - PK+N ₁ m/u;sa/an	39,24	124,5	90	m/u do/to 2004 sa/an od/from 2005	0 - bez mikroelementów 0 - without microelements
E - PK+N ₂ m/u;sa/an	39,24	124,5	180	m/u do/to 2004 sa/an od/from 2005	
F - N ₁	-	-	90	sa/an	B, Cu, Zn, Mn, Co, Mo
G - P	39,24	-	-	-	
H - „0”	-	-	-	-	

P = 90 kg P₂O₅, K = 150 kg K₂O; sa/an saletra amonowa / ammonium nitrate; m/u mocznik / urea; 0 Ca seria bez wapnowania / unlimed series; + Ca seria wapnowana / limed series

Okres wegetacyjny na obszarze doświadczenia trwa od kwietnia do września (150-190 dni). Warunki meteorologiczne są zmienne, szczególnie opady w okresie wegetacji. Zakres po odrzuceniu 25% skrajnych przypadków dla opadów rocznych wynosił dla lat 1968-2010 od 730 mm do 1132 mm, a dla okresu kwiecień-wrzesień od 480 mm do 686 mm. Średnia roczna temperatura była równa 5,99°C, a okresu kwiecień - wrzesień 12,45°C.

W każdym roku doświadczenia zbierano plony z dwóch pokosów runi łąkowej. Pierwszy pokos zbierano na przełomie czerwca i lipca, a drugi we wrześniu. Materiał po wysuszeniu zmineralizowano w piecu komorowym w temp. 450°C przez 5 godz., a pozostałość rozтворzono w kwasie azotowym. W uzyskanych roztworach wykonywano oznaczenia badanych mikroelementów metodą ASA. W początkowym okresie doświadczenia nie oznaczano pierwiastków corocznie, dlatego kilka wartości każdego z pierwiastków było interpolowane. Przedstawione wyniki obejmują materiał z 25 lat na 43. Dla interpretacji wyznaczono dwa okresy obejmujące lata 1986-2007 i 2008-2010.

WYNIKI I ICH DYSKUSJA

Zdaniem Czuby i Murzyńskiego [1993], coroczne stosowanie dużych dawek NPK, i w konsekwencji uzyskiwanie dużych plonów, może już po 10 latach spowodować ubytek w glebie składników niestosowanych w nawozach, a nawet doprowadzić do ich niedoborów. Problem ten w największym stopniu dotyczy magnezu, wapnia, miedzi, sodu i cynku. Najczęstszym zabiegiem regeneracyjnym dla zdegradowanych gleb jest wapnowanie. Chociaż zabieg ten w perspektywie czasu nie wyrównuje strat składników

pokarmowych pobranych z plonem, oprócz wapnia i magnezu, to przyczynia się jednak do zwiększenia w glebie ilości przyswajalnych składników pokarmowych w wyniku zmiany odczynu i przyspieszenia mineralizacji próchnicy. Wapnowanie stanowi istotne uzupełnienie nawożenia mineralnego i należy je traktować jako punkt wyjścia do zachowania lub przywrócenia zrównoważenia środowiska glebowego [Sapek 1997; Smoroń, Kopec 1999; Woźniak 1999].

Kasperczyk i Szewczyk [2006] potwierdzają, że efektywność wapnowania, przejawiająca się zwiększonym plonowaniem, jest bardzo mała. Roślinność trawiasta w warunkach gleb kwaśnych może pobierać optymalne ilości makroskładników, wystarczające do osiągnięcia dużych plonów, w przypadku odpowiedniej zasobności w te składniki. Efekty wapnowania TUZ są zazwyczaj niewielkie z powodu nieosiągania odczynu obojętnego. Dawki wapna zastosowane w celu neutralizacji zakwaszenia i osiągania odczynu obojętnego są rzadko stosowane na TUZ. Mimo że dawki 1,5-2,0 t CaO · ha⁻¹ korzystanie oddziałują nawet w okresie 10 lat [Kasperczyk, Szewczyk 2006], to rolnicy, szczególnie wobec braku dopłat, pomijają ten zabieg.

Autorzy tej pracy udowodnili wcześniej [Kopec, Gonddek 2010] wpływ wapnowania i wywołanych przez ten zabieg zmian pH na plony w krótszym okresie. Dotyczyło to jednak konkretnych warunków ukształtowanych wcześniej nawożeniem i jednak skrajnych wartości odczynu. Próby regeneracji runi poprzez wapnowanie przeprowadzone w okresie po osiągnięciu największych plonów w obiektach z 180 kg N nie spełniły oczekiwań. Zależność między wartościami pH gleby i plonem runi wskazywała na tendencję rosnącą w obiektach z nawożeniem PK i 90 kg N na tle PK. Ruń tych obiektów była urozmaicona botanicznie [Kopec 2000], co wskazuje na szybko zachodzące procesy jej dostosowania do właściwości gleby. Potwierdzają to wyniki zamieszczone w tabeli 2.

Tabela 2. Średnioroczne plony (t · ha⁻¹) pokosów runi bez wapnowania i wapnowanej w dwóch okresach
Table 2. Mean yearly yields (t · ha⁻¹) of two sward cuts in the limed and without liming series in two periods

Obiekty nawozowe <i>Fertilizer objects</i>	1986-2007		2008-2010	
	Średnia / Average	SD	Średnia / Average	SD
0Ca				
A - PK	4,80	1,20	6,15	0,28
B - PK +N ₁ sa/an	6,11	1,28	6,66	1,74
C - PK+N ₂ sa/an	6,38	1,18	6,89	0,28
D - PK+N ₁ m/u;sa/an	6,09	1,38	6,35	0,50
E - PK+N ₂ m/u;sa/an	6,27	1,14	7,32	0,70
F - N ₁	4,04	0,75	2,68	0,26
G - P	3,53	0,73	2,66	0,56
H - „0”	2,73	0,55	2,54	1,09
Średnia z obiektów / <i>Object mean</i>	4,99	-	5,16	-
SD	1,42	-	2,12	-
+Ca				
A - PK	5,07	0,96	6,13	0,32
B - PK +N ₁ sa/an	6,21	1,33	7,33	1,35
C - PK+N ₂ sa/an	6,95	1,27	7,22	0,63
D - PK+N ₁ m/u;sa/an	6,23	1,38	6,96	0,52
E - PK+N ₂ m/u;sa/an	6,81	1,38	7,60	0,63
F - N ₁	4,35	0,76	2,99	0,67
G - P	3,50	0,72	2,72	0,17
H - „0”	2,76	0,57	2,44	0,51
Średnia z obiektów / <i>Object mean</i>	5,24	-	5,42	-
SD	1,57	-	2,28	-

SD – odchylenie standardowe / *standard deviation*

Reakcje w plonowaniu runi obiektów nawożonych wcześniej mocznikiem (D i E) wynikają z mniejszego zakwaszenia i mniejszych ilości pobranych mikroelementów z plonami w okresie nawożenia tym nawozem azotowym. Skutkuje to słabszą reakcją w plonowaniu runi w porównaniu do zbliżonych pod względem dawek azotu obiektów nawożonych mikroelementami.

Trzykrotne wapnowanie spowodowało podobną, niewielką pozytywną reakcję w plonowaniu, jak zastosowane nawożenie mikroelementami.

Średnia ważona zawartość miedzi, cynku i manganu jest zróżnicowana w zależności od pierwiastka, ale również od zastosowanego wcześniej nawożenia (tab. 3). W wielu wcześniejszych publikacjach [Mazur i in. 2002; Kopeć i in. 2003; Kopeć 2004] udowodniono zmniejszanie się zawartości tych pierwiastków w runi w czasie trwania doświadczenia. Argumentowano to zmianami właściwości fizyko-chemicznych gleby i wyczerpywaniem form dostępnych.

Tabela 3. Średnia ważona zawartość Cu, Zn i Mn ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.) w runi z dwóch pokosów serii bez wapnowania i wapnowanej

Table 3. Weighted mean content of Cu, Zn, and Mn ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.) in the sward of two cuts in the limed and without liming series

Obiekty nawozowe Fertilizer objects	Pierwiastek / okres				Element / period	
	Cu		Zn		Mn	
	$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.					
	1986-2007	2008-2010	1986-2007	2008-2010	1986-2007	2008-2010
0Ca						
A - PK	4,96	6,00	37,32	50,12	237,6	252,1
B - PK +N ₁ sa/an	5,18	6,67	35,67	54,56	229,3	264,9
C - PK+N ₂ sa/an	5,97	7,99	36,55	52,65	221,5	273,8
D - PK+N ₁ m/u;sa/an	5,31	5,97	36,19	30,89	195,8	199,2
E - PK+N ₂ m/u;sa/an	5,87	6,14	36,65	36,66	261,3	198,6
F - N ₁	5,61	10,14	43,72	61,69	232,9	244,4
G - P	4,78	8,08	43,59	54,83	211,7	283,7
H - „0”	5,34	6,41	45,96	62,37	156,1	213,7
Średnia z obiektów Object mean	5,38	7,18	39,46	50,47	218,3	241,3
SD	0,42	1,46	4,20	11,23	31,6	33,6
+Ca						
A - PK	4,57	6,09	31,22	41,45	149,5	102,3
B - PK +N ₁ sa/an	4,91	6,58	29,96	42,37	158,1	112,3
C - PK+N ₂ sa/an	5,37	7,99	29,02	48,71	124,0	140,3
D - PK+N ₁ m/u;sa/an	5,16	6,01	28,57	27,26	118,0	67,1
E - PK+N ₂ m/u;sa/an	5,37	5,62	27,84	29,42	130,8	112,3
F - N ₁	5,58	9,72	37,24	54,25	133,5	157,7
G - P	4,52	8,14	34,01	46,75	129,8	127,3
H - „0”	5,30	6,66	37,94	57,18	113,1	146,5
Średnia z obiektów Object mean	5,10	7,10	31,98	43,42	132,1	120,7
SD	0,39	1,39	3,96	10,74	15,17	28,81

SD – odchylenie standardowe/ standard deviation

W przypadku miedzi długotrwały okres obejmujący wapnowanie nie wpłynął na średnioobiektową ilość pobranego pierwiastka w porównaniu z serią bez wapnowania (tab. 4). Podobnie nawożenie miedzią na tle wapnowania nie spowodowało różnic w ilości akumulowanej miedzi w plonie. W przypadku pobrania cynku i manganu w serii

wapnowaniej stwierdzono mniejsze średnioroczne ilości pobrane dla wszystkich obiektów w porównaniu z serią bez wapnowania, odpowiednio dla pierwiastka i okresu o 7,48; 7,05; 86,16; 120,57 g · ha⁻¹. Oznacza to, że w przypadku nawożenia manganem zwiększają się możliwości jego blokowania i mniejszego pobrania przez ruń przy zachowaniu średniej zawartości powyżej 100 mg Mn · kg⁻¹ s.m.

Tabela 4. Średnioroczne ilości Cu, Zn i Mn (g · ha⁻¹) pobrane przez ruń dwóch pokosów serii bez wapnowania i wapnowanej oraz odchylenie standardowe (SD) w wybranych okresach

Table 4. Average yearly quantities of Cu, Zn and Mn (g · ha⁻¹) uptaken by the sward of two cuts in the limed and without liming series and standard deviation (SD) in the selected periods

Obiekty nawozowe Fertilizer objects	Pierwiastek / okres				Element / period	
	Cu		Zn		Mn	
	1986-2007	2008-2010	1986-2007	2008-2010	1986-2007	2008-2010
0Ca						
A - PK	24,4/7,9	36,9/3,2	177,8/47,4	308,2/21,7	1022,8/372,8	1548,7/187,4
B - PK +N ₁ sa/an	32,4/8,5	39,5/4,2	216,5/48,2	326,3/84,9	1227,7/453,5	1561,2/179,2
C - PK+N ₂ sa/an	39,1/9,0	54,9/8,1	235,8/74,6	363,8/71,4	1295,3/402,5	1884,8/12,5
D - PK+N ₁ m/u;sa/an	32,5/9,0	38,1/8,6	216,6/66,5	196,4/26,6	1073,9/445,9	1268,6/208,1
E - PK+N ₂ m/u;sa/an	38,4/12,2	45,3/10,1	231,3/50,6	267,4/20,2	1463,9/499,0	1450,5/146,4
F - N ₁	23,2/6,3	27,3/5,5	175,0/49,2	166,0/26,0	853,6/342,5	656,8/95,8
G - P	17,00/5,15	21,42/4,29	152,17/53,0	150,3/60,1	659,8/245,6	753,0/147,7
H - „0”	14,8/4,5	16,5/7,7	121,3/35,5	161,6/81,9	398,8/116,7	547,8/247,6
Średnia z obiektów Object mean	27,8	35,0	190,9	242,5	999,5	1209,0
SD	9,3	12,7	40,9	84,3	350,3	494,0
Wsp. wykorzystania % Utilization factor %		2,1		14,57		72,5
+Ca						
A - PK	22,8/4,8	37,2/1,6	153,8/73,4	254,4/18,1	657,5/420,7	625,7/38,8
B - PK +N ₁ sa/an	30,6/7,6	45,5/6,3	179,0/45,0	293,1447,2	794,54485,0	778,17247,5
C - PK+N ₂ sa/an	38,1/3,4	61,5/1,6	197,0/58,3	376,8/41,8	760,9/409,2	1069,8/188,5
D - PK+N ₁ m/u;sa/an	31,8/6,5	41,8/7,4	170,1/61,0	187,9/22,8	634,4/449,0	468,6/68,7
E - PK+N ₂ m/u;sa/an	37,5/10,3	42,7/3,7	182,8/43,7	223,1/8,3	761,6/489,1	844,8/302,0
F - N ₁	24,9/6,6	29,1/7,6	160,2/57,4	162,8/41,8	553,2/324,4	489,9/260,0
G - P	15,9/4,3	22,0/0,5	119,2/47,6	127,3/21,6	420,7/312,4	348,4/71,4
H - „0”	14,4/3,9	16,1/2,8	97,0/24,7	139,6/30,6	296,8/203,0	361,5/100,8
Średnia z obiektów Object mean	27,1	37,1	157,4	220,7	610,0	623,4
SD	9,1	14,4	33,7	84,9	177,2	255,9
Wsp. wykorzystania % Utilization factor %		2,2		13,2		37,4

Wsp. wykorzystania % - liczony dla okresu 3 lat i 5 kg · ha⁻¹ wprowadzonego pierwiastka

Utilization factor % - calculated for 3-year period and 5 kg · ha⁻¹ introduced element

SD – Odchylenie standardowe / standard deviation

Rzadko w rolnictwie, podejmuje się działania mające na celu perspektywę 50 letnią. Gdyby jednak rozpatrywać podane powyżej różnice, to przyjmując 7,5 g Zn · ha⁻¹ i 86 g Mn · ha⁻¹, po 50 latach użytkowania opartego o stosowanie jednoskładnikowych nawozów makroelementowych ruń pobrałyby odpowiednio 375 g i 4300 g mniej cynku i manganu. Założenie poczyniono dla różnic średnioobiektowych. W przypadku obiektu nawożonego 90 kg N (saletra amonowa – obiekt B) różnica pobrania cynku i manganu, wynosząca odpowiednio 37,5 g i 333,2 g · ha⁻¹, w okresie 50 lat zmniejszyłaby ilość pobranego cynku

o 1877 g · ha⁻¹ i manganu o 21660 g · ha⁻¹, co wydłużyłoby zachowanie możliwości pobierania na średnim poziomie o 5 lat w przypadku cynku i 16 lat w przypadku manganu.

Stopień wyczerpywania mikroelementów z gleby poprzez ich wynoszenie z plonem jest warunkowany zasobnością gleby w pierwiastek. Należy założyć, że ich uwalnianie z form całkowitych w glebie jest coraz trudniejsze wraz z upływem czasu, który powoduje systematyczne zmniejszanie zawartości dostępnych form. Użytkowanie gruntu z ujemnym bilansem mikroelementów nie jest racjonalne. Utrzymanie zasobności gleby, szczególnie wobec prób utrzymania dużych plonów, w długim okresie wymaga zwracania szeregu składników pokarmowych. Alternatywą jest również pratotechnika zakładająca uzyskanie plonu o optymalnej jakości z punktu widzenia potrzeb żywieniowych. Każde nadmierne pobieranie składników jest stratą zasobów glebowych, kosztowną i trudną do odbudowania.

O ile zacytowane we wstępie przysłowie ma sens w kontekście mineralizacji próchnicy, to w przypadku mikroelementów wydaje się nieuzasadnione. Odpowiedni poziom wapnowania i zmiany odczynu prowadzą na ogół do unieruchamiania pierwiastków, powodując w konsekwencji retardację ich zasobów. We współczesnym świecie mikroelement, nawet będący zanieczyszczeniem np. technologicznym lub surowcowym, zostanie sprzedany ze względu na jego wartość nawozową. Warto więc podejmować próby zachowania jego zasobów w glebie poprzez stosowanie agrotechniki, w tym wapnowania.

WNIOSKI

1. Możliwość retardacji wyczerpywania zasobów mikroelementów w wyniku wapnowania zależy od pierwiastka, zabiegów oraz czasu trwania pratotechniki, w tym głównie poziomu nawożenia stymulującego plony.
2. Spośród analizowanych mikroelementów wapnowanie wywarło największy wpływ na pobranie manganu i w kolejności malejącej, cynku oraz miedzi.
3. Współczynnik wykorzystania mikroelementów przez run z zastosowanych soli jest mniejszy w serii wapnowanej, jednak przy zachowaniu zwiększonych zawartości wymaganych jakością paszy.
4. Zachowawczość pratotechniki wymaga stosowania między innymi różnorodnych zabiegów nawozowych, w tym wapnowania i zwracania odprowadzanych z plonem mikroelementów.

PIŚMIENNICTWO

- Czuba R., Murzyński J. 1993. Wyniki 20-letnich badań nad wyczerpywaniem składników z gleby użytku zielonego intensywnie nawożonego azotem, fosforem i potasem. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie* 277, *Sesja Nauk.* 37(1): 169-176.
- Jankowska-Huflejt H. Domański P. 2008. Aktualne i możliwe kierunki wykorzystania trwałych użytków zielonych w Polsce. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, 8, 2b (24): 31-49.
- Kasperczyk M., Szewczyk W. 2006. Skuteczność wapnowania łąki górskiej. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, 6, 1 (16): 153-159.
- Kopeć M. 2000. Dynamika plonowania i jakości runi łąki górskiej w okresie trzydziestu lat trwania doświadczenia nawozowego. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie*, ser. rozprawy, 267.
- Kopeć M. 2004. The content of manganese in the sward and soil of a mountain meadow under long-term experiment conditions with static fertilizer (Czarny Potok). *Pol. J. Soil Sci.*, 37(1): 93-102.

- Kopeć M., Gondek K. 2010. Efektywność wapnowania użytku zielonego w wieloletnim doświadczeniu (Czarny Potok). *Inżynieria Ekologiczna*, 22: 25-33.
- Kopeć M., Gondek K., Przetaczek M. 2003. Zawartość miedzi w runi łąki górskiej w warunkach długotrwałego, statycznego doświadczenia nawozowego (Czarny Potok). *Acta Agr. et Silv., ser. Agr.*, 40: 131-138.
- Mazur K., Kopeć M., Noworolnik A. 2002. Wpływ długoletniego nawożenia mineralnego i wapnowania na ilość wymywanego cynku z łąki górskiej (Czarny Potok). *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 482: 365-374.
- Sapek B. 1997. Stosowanie nawozów wapniowych na użytki zielone w świetle zrównoważonego rolnictwa. *Wyd. IMUZ, Mat. Seminaryjne*, 38: 245-256.
- Sapek B. 2010. Mikroelementy w roślinności łąkowej nawożonej azotem w wieloletnim przed i po jednorazowym zastosowaniu mikronawozów na tle następczego wpływu wapnowania Część II. Zmiany pobrania manganu, cynku i miedzi z plonem. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, 10, 4 (32): 205-224.
- Smoroń S., Kopeć S. 1999. Zawartość wapnia i magnezu w glebie po 25 latach stosowania wzrastających dawek azotu na łące górskiej. *Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol.*, 467, 671-677.
- Woźniak L. 1999. Niektóre ekologiczne i rolnicze uwarunkowania i skutki nawożenia użytków zielonych. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie, ser. Sesja Nauk.* 64: 331-338.

LIMING OF PERMANENT GRASSLAND A METHOD OF DELAYING DEPLETION OF SOIL MICROELEMENT RESOURCES

Abstract. Soil resources of microelements can be controlled by the regulation of the soil reaction. Liming reduces excessive uptake of elements and their losses, allowing plants to use soil resources longer. In practice meadow plants use applied microelements to a small degree so it is necessary to take into consideration systematic application of microelements with the basic fertilization or protection of the microelement soil resources. The problem was analysed in the long-term fertilizing experiment (Czarny Potok Poland) started in 1968 on the perennial grassland in the mountains (720 m a.s.l.). During the whole period dynamics of yielding and changes of soil properties were investigated as well as soil liming which was carried out three times and modified soil properties to a great degree. A simplified balance of microelements allowed to assess the pace and losses of these elements in the soil, often regarded in practice as not relevant.

Keywords: perennial grassland, microelements, liming, retardation soil depletion