

Michał Kopec, Krzysztof Gondek

EFEKTYWNOŚĆ WAPNOWANIA UŻYTKU ZIELONEGO W WIELOLETNIM DOŚWIADCZENIU (CZARNY POTOK)

Streszczenie. Przeanalizowano zmiany w zakwaszeniu gleby długotrwałego (41 lat) doświadczenia nawozowego w Czarnym Potoku koło Krynicy. Wartości pH gleby serii bez wapnowania były modyfikowane przez rodzaj i poziom nawożenia mineralnego. Największe zmiany pH gleby miały miejsce w pierwszych kilku latach trwania doświadczenia po czym w kolejnych latach nie stwierdzano wpływu nawożenia na zwiększanie zakwaszenia. Pomędzy obiektami nawozowymi dawki nawozów wapniowych nie różnicowały znacząco dynamiki zmian zakwaszenia. Stwierdzono istotne zależności plonu runi i pH gleby poziomu 0–10 cm tylko w przypadku obiektu 90 kg N+PK.

Słowa kluczowe: długotrwałe doświadczenie, nawozy, pH.

WPROWADZENIE

Jaskulska [2004] potwierdziła w doświadczeniu skuteczność wieloletniego nawożenia i wapnowania w utrzymaniu jakości i plonowania roślin. W ostatnich latach zużycie nawozów wapniowych zmniejszyło się z 182,4 kg CaO/ha w 1989/90 roku do poziomu 94,1 kg CaO/ha w 2001/02 przyczyniając się do obniżenia skuteczności przeciwdziałania zakwaszeniu w skali kraju (Program... 2005). Według danych GUS (Rocznik... 2009) w roku gospodarczym 2008/09 w rolnictwie zużyto 284,4 tys. ton nawozów wapniowo-magnezowych, co w przeliczeniu na 1 ha użytków rolnych wyniosło 17,6 kg CaO+MgO. Ilość tych nawozów była mniejsza o 9,3% w porównaniu z ilością w roku poprzednim. W województwach opolskim, dolnośląskim, wielkopolskim i zachodniopomorskim zużycie CaO+MgO na 1 ha użytków rolnych było największe i wynosiło od 27,5 kg do 55,9 kg.

Wapnowanie użytków zielonych przez rolników jest odsuwane w czasie. Pod wpływem warunków ekonomicznych najczęściej dochodzi do zaniechania wapnowania użytków zielonych. Wynika to również z braku zauważalnych efektów produkcyjnych. Wapnowanie poprawia i optymalizuje właściwości fizyczno chemiczne gleby dla rozwoju większości roślin łąkowych, ale plony pozostają na podobnym poziomie a ewentualny wpływ wapnowania wiąże się ze składem botanicznym i chemicznym runi [Spiegelberger 2006]. Te elementy w żywieniu powinny być w pierwszej kolejności brane pod uwagę, szczególnie w chowie zakładającym zachowawczość systemu gospodarowania.

Michał KOPEĆ, Krzysztof GONDEK – Katedra Chemii Rolnej i Środowiskowej, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie.

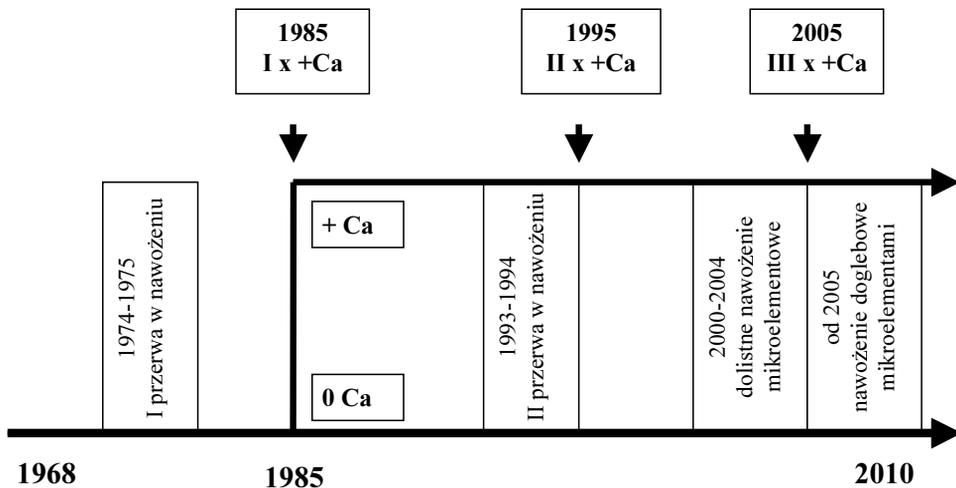
Celem pracy jest przedstawienie wpływu trzykrotnego wapnowania użytku zielonego na zmiany odczynu i plonowania runi.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Doświadczenie jest zlokalizowane w Czarnym Potoku koło Krynicy (20°54'53" E; 49°24'35" N), znajduje się ono 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. 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. Glebę z terenu doświadczenia zaliczono do gleb brunatnych kwaśnych, wytworzonych z piaskowca magurskiego o składzie granulometrycznym gliny lekkiej pylastej (% 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 w wcześniejszej pracy [Kopeć 2000] oraz na rysunku 1.

Od jesieni 1985 roku doświadczenie, przy takim samym poziomie nawożenia, prowadzone jest 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 oznaczenia plonu runi i jej składu chemicznego.



Rys. 1. Schemat modyfikacji zabiegów pratotechnicznych w doświadczeniu

Doświadczenie, prowadzone w 5 powtórzeniach, obejmuje 8 obiektów nawozowych (tab. 1), w których stosowano nawożenie azotem lub fosforem (90 kg N lub $90 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \cdot \text{ha}^{-1}$), a na tle PK ($90 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \cdot \text{ha}^{-1}$ i $150 \text{ kg K}_2\text{O} \cdot \text{ha}^{-1}$) azot w postaci saletry amonowej i mocznika oraz w dwóch dawkach (90 i $180 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$).

Tabela 1. Schemat nawożenia w statycznym doświadczeniu w Czarnym Potoku

Obiekty nawozowe	Roczna dawka składnika w serii 0Ca i +Ca (1985, 1995, 2005) $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$			Nawóz azotowy	Mikroelementy
	P	K	N		
1 – PK	39,24	124,5	–		B; Cu, Zn, Mn, Co, Mo
2 – PK+N ₁	39,24	124,5	90	saletra amonowa	B; Cu, Zn, Mn, Co, Mo
3 – PK+N ₂	39,24	124,5	180	saletra amonowa	B; Cu, Zn, Mn, Co, Mo
4 – PK+N ₁	39,24	124,5	90	mocznik do 2004/ saletra amonowa od 2005	0 mikroe. ¹⁾
5 – PK+N ₂	39,24	124,5	180	mocznik do 2004/ saletra amonowa od 2005	0 mikroe.
6 – N ₁	–	–	90	saletra amonowa	B; Cu, Zn, Mn, Co, Mo
7 – P	39,24	–	–		B; Cu, Zn, Mn, Co, Mo
„0”	–	–	–		B; Cu, Zn, Mn, Co, Mo

¹⁾ 0 mikroe. – bez mikroelementów; P = $90 \text{ kg P}_2\text{O}_5$, K = $150 \text{ kg K}_2\text{O}$; 0 Ca seria bez wapnowania; + Ca seria wapnowana.

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) uzupełniany był latem po I pokosie. W latach 1968–1973 stosowano supertomasynę, natomiast od roku 1976 stosowany jest superfosfat potrójny (46%) a od 2005 superfosfat wzbożony (40%). W całym okresie doświadczenia nawozy azotowe wysiewano w dwóch terminach: 2/3 dawki rocznej na wiosnę w fazie ruszenia roślinności, a 1/3 dawki w kilkanaście dni po zbiorze I pokosu. W 1994 roku zastosowano jednorazowo, jako nawożenie regeneracyjne, 10 kg Cu i $8 \text{ kg Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$. W latach 2000–2004 stosowane było dolistne nawożenie (2 razy po $2 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) nawozem mikroelementowym Mikrovit-1, który zawierał w 1 dm^3 : $23,3 \text{ g Mg}$; $2,3 \text{ g Fe}$; $2,5 \text{ g Cu}$; $2,7 \text{ g Mn}$; $1,8 \text{ g Zn}$; $0,15 \text{ g B}$ i $0,1 \text{ g Mo}$. W latach 2005–2007 stosowano corocznie doglebowo $0,5 \text{ kg B}$ na ha a w 2008 roku na wiosnę zastosowano po 5 kg Cu , Zn i Mn /ha oraz po $0,5 \text{ kg Co}$ i Mo /ha.

Okres wegetacyjny na obszarze doświadczenia trwa od kwietnia do września (150–190 dni). Warunki meteorologiczne (tab. 2) wykazują dużą zmienność opadów.

Plony runi zbierano dwukrotnie w ciągu roku: na przełomie czerwca i lipca oraz we wrześniu. Z obiektów po zbiorze II pokosu pobierano do analizy próbki glebowe z warstwy 0–10 cm, 10–20 cm a w 2008 roku również z warstwy 20–50 cm. W glebie

Tabela 2. Statystyczne parametry opadów i temperatury w okresie 1968–2008

Parametr	Opad [mm]		Temperatura [°C]	
	I–XII	IV–IX	I–XII	IV–IX
Średnia arytmetyczna	876,4	568,5	5,86	12,19
Odchylenie standardowe	198,7	138,0	0,87	0,77
Zakres 25–75% przypadków	733,2–990,0	461,5–658,2	5,35–6,30	11,7–12,7

oznaczono (potencjometrycznie) pH w KCl o stężeniu $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$. Przed założeniem doświadczenia pH w $1 \text{ mol KCl} \cdot \text{dm}^{-3}$ wynosiło w warstwie 0–10 cm 4,38, a w warstwie poniżej 4,48 [tab. 3, Kopeć 2000].

WYNIKI

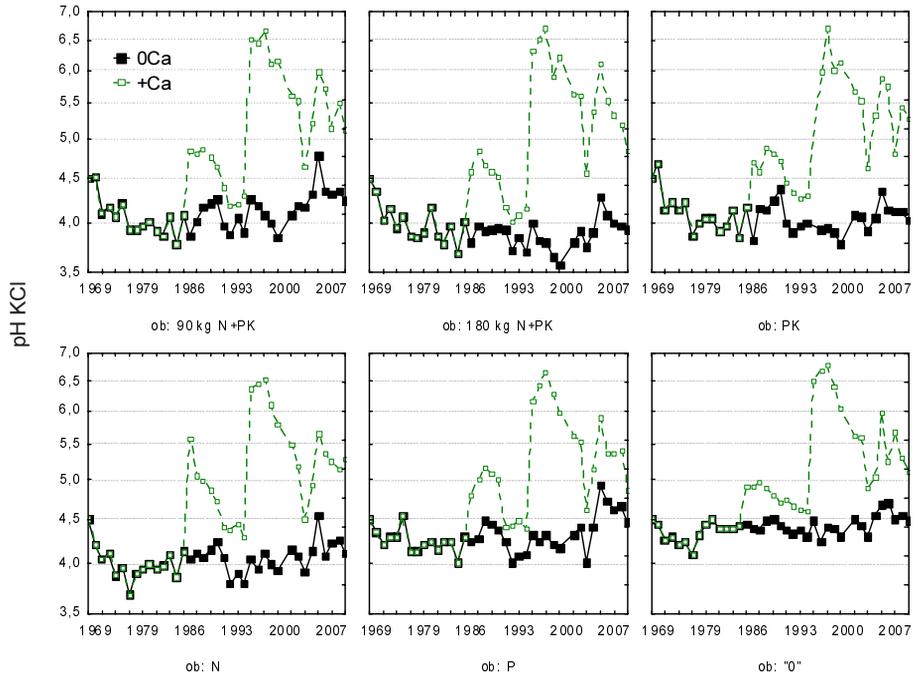
W okresie doświadczenia stwierdzano zmiany w pH gleby poszczególnych obiektów. Na ogół po rozpoczęciu nawożenia stwierdzano pogłębianie się w czasie zakwaszenia, które w przypadku nawożenia NPK było proporcjonalne do dawki azotu [Kopeć 2000]. Po pierwszym wapnowaniu niezależnie od zastosowanego nawożenia mineralnego nastąpiło zwiększenie wartości pH gleby, które utrzymywało się przez stosunkowo krótki okres. Na ogół po 3 latach od zastosowanego zabiegu obserwowano zwiększanie zakwaszenia, które przebiegało z różnym tempem. Kolejne wapnowanie miało miejsce większymi dawkami, ze względu na założenie innego poziomu odkwaszenia. Reakcja pH gleby była podobna jak w okresie po pierwszym wapnowaniu, ale pH pod koniec II okresu po wapnowaniu było nieznacznie większe od 4,5.

Mimo, że doświadczenie zlokalizowano na stoku o nachyleniu 7° , nie należy wiązać zwiększenia wartości pH w ostatnim okresie z wpływem wymycia składników z sąsiednich poletek nawozowych.

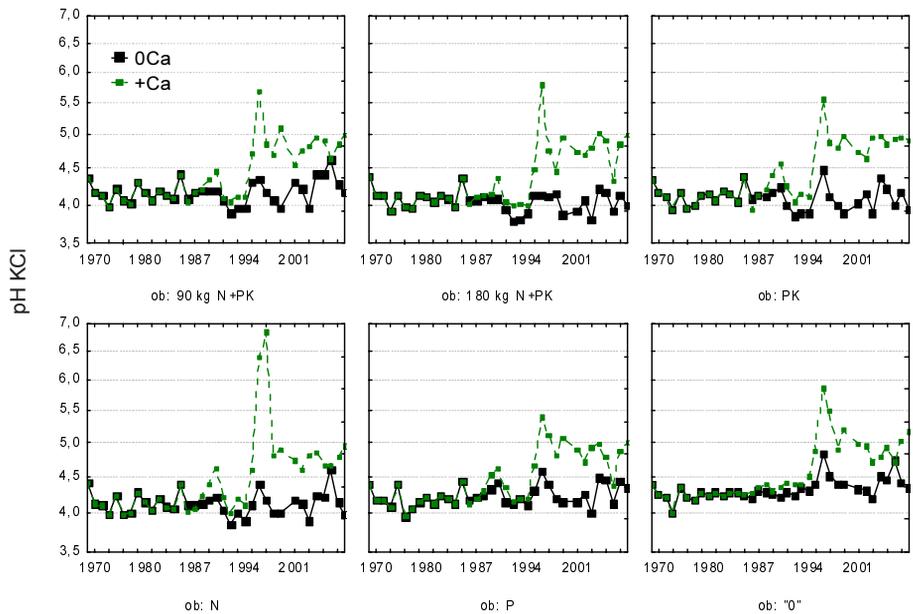
W warstwie 10–20 cm zmiany nie były tak dynamiczne jak w warstwie powierzchniowej 0–10 cm. Na wykresie (rys. 3) można zauważyć wpływ przesunięcia w czasie i mniejszego zróżnicowania wartości pH tak pomiędzy obiektami, jak i w czasie. W tej warstwie gleby tylko w pierwszym roku po II wapnowaniu zwiększyło się pH niezależnie od nawożenia.

Tabela 3. Właściwości gleby przed założeniem doświadczenia

Warstwa	pH _{H2O}	pH _{KCl}	Hh	Hw.	P ₂ O ₅	K ₂ O	Jony wymienne [mg · kg ⁻¹ gleby]			
	[cmol (+) · kg ⁻¹ gleby]				[mg · kg ⁻¹ gleby]		Ca	Mg	Na	K
0–10 cm	5,20	4,38	4,42	0,46	11,0	135,0	680	38,0	20,0	69,0
10–20 cm	5,58	4,48	4,04	0,65	6,0	28,0	540	28,0	18,0	61,0



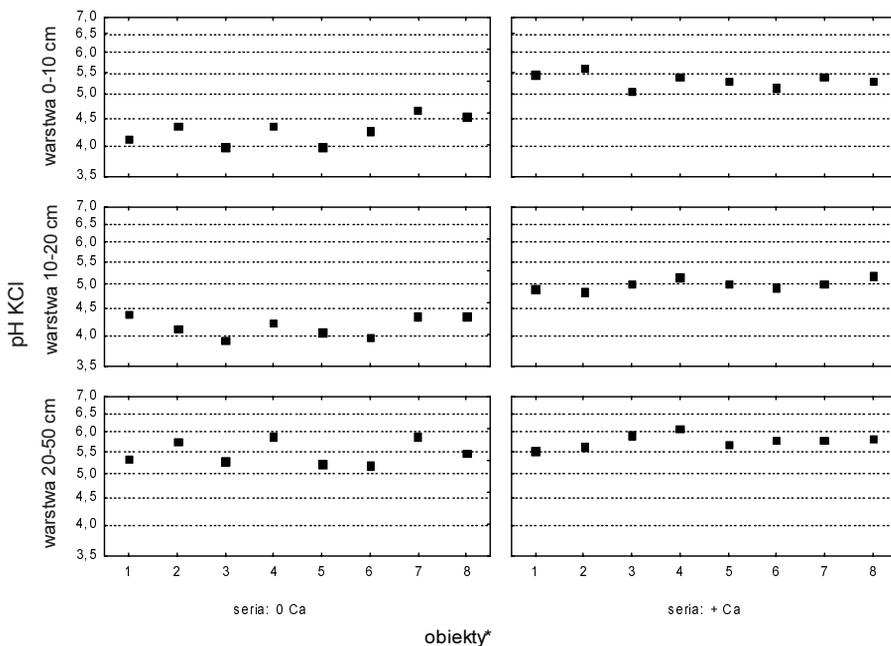
Rys. 2. Zmiany w czasie doświadczenia wartości pH_{KCl} w glebie warstwy 0–10 cm obiektów nawozowych serii bez wapnowania (0Ca) i wapnowanej (+Ca)



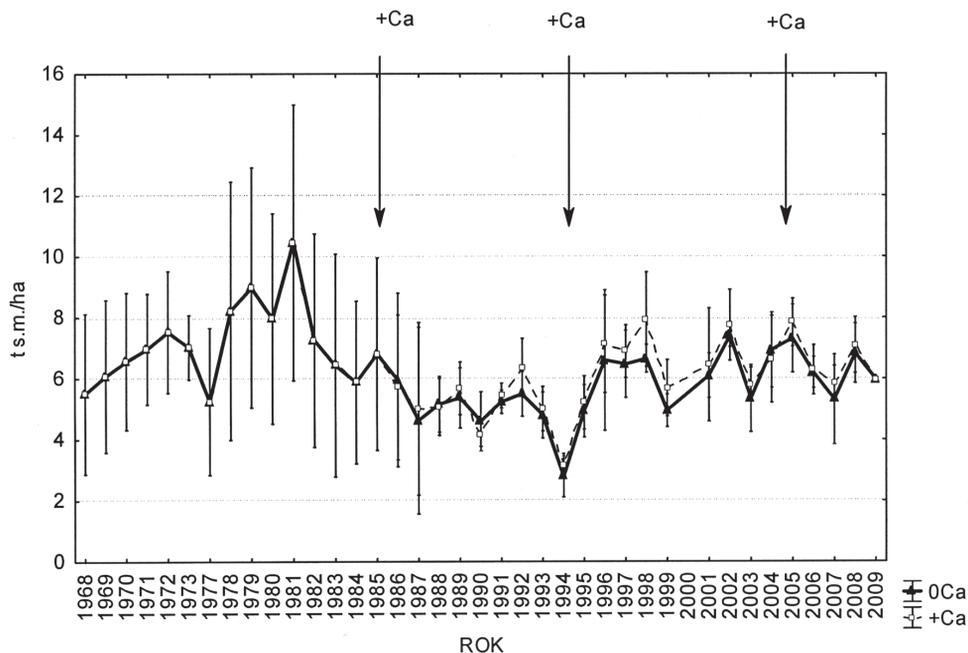
Rys. 3. Zmiany w czasie trwania doświadczenia wartości pH_{KCl} w glebie warstwy 10–20 cm obiektów nawozowych serii bez wapnowania (0Ca) i wapnowanej (+Ca)

Rysunek 4 przedstawia pH w glebie z trzech warstw. Wieloletnie nawożenie, szczególnie 180 kg N+PK zwiększało zakwaszenie, które w stosunku do warstwy powierzchniowej 0–10 cm pogłębiało się w warstwie 10–20 cm. Odczyn skały macierzystej w warstwie 20–50 cm wskazuje na wmywanie do tej warstwy kationów zasadowych. Kolejne wapnowania spowodowały zwiększenie pH i zróżnicowanie w odniesieniu do serii bez wapnowania w warstwie 0–10 cm oraz 10–20 cm. Warstwa 20–50 cm pomiędzy seriami nie wykazywała takiego zróżnicowania pH, co może świadczyć o określonej pojemności sorpcyjnej i braku zatrzymywania kationów zasadowych.

Wapnowanie nie miało istotnego wpływu na plony suchej masy runi (rys. 5). Niewielkie zwiększenie plonów miało miejsce w po pierwszym i drugim zabiegu wapnowania i wynikało prawdopodobnie ze zwiększonej mineralizacji materii organicznej spowodowanej większą aktywnością mikroorganizmów w tych warunkach (rys. 5). W konsekwencji nastąpiło uruchomienie składników, których w wyniku długotrwałego nawożenia nie wprowadzano z nawożeniem. Brak reakcji w plonie w runi łąkowej na wapnowanie zostało potwierdzone w innych doświadczeniach łąkowych [Jakulska 2004, Ozeraitiene 2002]. Należy poszukiwać innych czynników powodujących brak reakcji w plonowaniu runi w wyniku wapnowania. Również stosowane dolistnie czy dogłębowo nawożenie mikroelementami, w tym w połączeniu z wapnowaniem, nie spowodowało oczekiwanych efektów w wielkości uzyskanych plonów runi.

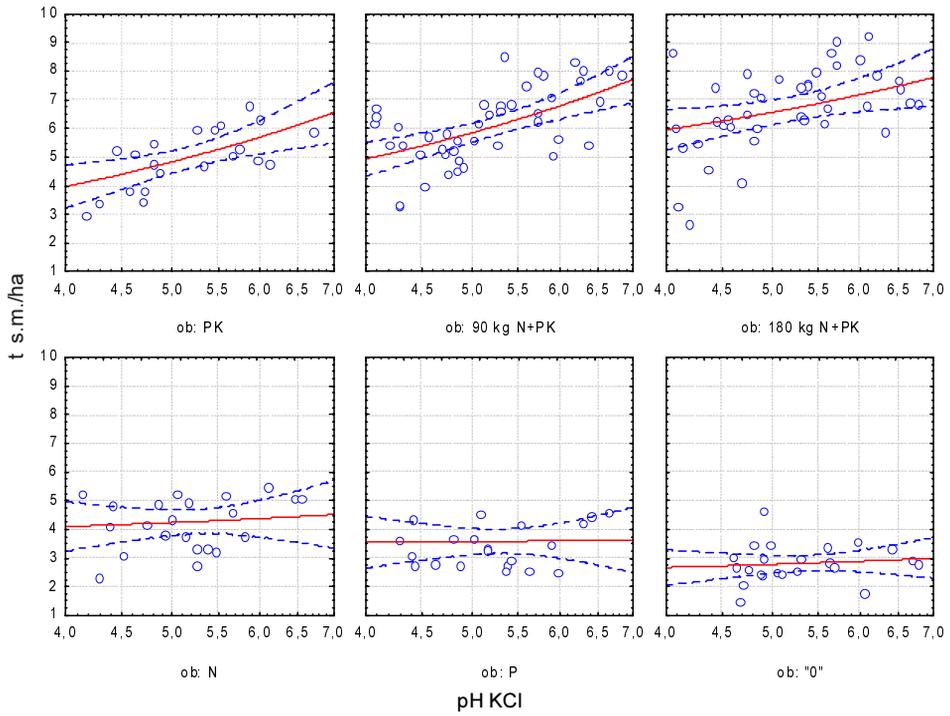


Rys. 4. Wartości pH w glebie z trzech warstw obiektów nawozowych serii bez wapnowania i wapnowanej w roku 2008 (* obiekty jak w tabeli 1)



Rys. 5. Plony suchej masy runi łąkowej serii wapnowanej i bez wapnowania obiektów nawożonych NPK

O ile wpływ wapnowania na plony trudno jest rozważać w okresie 41 lat doświadczenia, to jednak w krótszych przedziałach czasu zauważa się interesujące zależności (rys. 6). W wybranym okresie (po największych plonach w obiektach z 180 kg N) zależność między pH gleby i plonem runi miała tendencję rosnącą w obiektach z nawożeniem PK i 90 kg N na tle PK. Ruń tych obiektów była urozmaicona florystycznie [Kopeć 2000] co wskazuje na szybko zachodzące procesy jej dostosowania do właściwości gleby. Jedynie w przypadku średnich plonów z obiektu nawożonego 90 kg N+PK współczynnik korelacji był większy od 0,5 a zależność prostoliniowa miała postać $y = 0,5274 + 0,8611 * x$; $r^2 = 0,3462$, co oznacza że zmiana pH o jednostkę w zakresie pH od 4 do 7 spowoduje zwiększenie plonów o 0,86 tony suchej masy. W pozostałych obiektach, w których nawożenia nie stosowano lub zastosowano nawożenie jednostronne oraz 180 kg N+PK, nie można wskazać takiej jednoznacznej zależności. Uzasadnienia należy szukać we właściwościach chemicznych gleby i uproszczonym składzie florystycznym, ale również prawdopodobnie duże znaczenie mają warunki meteorologiczne. Z niepublikowanych zestawień wyników z doświadczenia wynika, że łatwo jest udowodnić wpływ skrajnych warunków meteorologicznych (np. długotrwałej suszy) na plony z użytku zielonego. W przypadkach nawet dużej zmienności średnich opadów znaczenie ma ich rozkład i na przykład możliwości zatrzymania wody w glebie. Niemniej jednak wpływ właśnie opadów na chemizm reakcji zachodzących w glebie jest duży, dlatego ten czynnik powinien być uwzględniany.



Rys. 6. Wpływ odczynu na plonowanie runi w poszczególnych obiektach serii wapnowanej w okresie od 1984 roku

Interesujące wyniki o wieloletnim wpływie wapnowania na plony w płodozmianie przedstawiła Ozeraitiene [2002] wykazując efekt tego zabiegu prawie po 50 latach od jego zastosowania.

WNIOSKI

W długotrwałym doświadczeniu odczyn gleby serii bez wapnowania był modyfikowany przez rodzaj i poziom nawożenia. Największe zmiany pH gleby miały miejsce w pierwszych kilku latach trwania doświadczenia po czym w kolejnych latach nie stwierdzano wpływu nawożenia na zwiększanie zakwaszenia.

Pomiędzy obiektami nawozowymi dawki nawozów wapniowych nie różnicowały znacząco dynamiki zmian zakwaszenia.

PIŚMIENNICTWO

1. Jaskulska I. 2004. Wpływ wieloletniego zróżnicowanego nawożenia na jakość plonów roślin w zmianowaniu *Annales UMCS, Sec. E*, 2004, 59, 2, 569–577.
2. Kopeć M. 2000. Dynamika plonowania i jakości runi łąki górskiej w okresie trzydziestu lat trwania doświadczenia nawozowego. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie*, 267, rozprawy, ss. 84
3. Ozeraitiene D. 2002. Duration of primary liming action on agroecosystem. *Zeszyty Probl. PNR*. 482, 409–415.
4. Program Operacyjny Rozwój Obszarów Wiejskich na lata 2007–2013, Wstępny projekt W-02/IX/05 2005 Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi Warszawa, <http://www.fundusze-strukturalne.gov.pl/informator/npr2/po/rolnik.pdf> (21.05.2010).
5. Rocznik statystyczny GUS, 2009 <http://www.stat.gov.pl> (21.05.2010).
6. Spiegelberger T., Hegg O., Matthies D., Hedlund K., Schaffner U. 2006. Long term effects of short-term perturbation in a subalpine grassland. *Ecology*, 87(8), pp.1939–1944.

EFFICIENCY OF GRASSLAND LIMING IN THE LONG-TERM EXPERIMENT IN CZARNY POTOK

Summary

Changes in the soil pH were analysed in the period of three liming rotations in the long-term (41 years) fertilizing experiment in Czarny Potok near Krynica. The value of the soil pH in the series without liming depended on the kind and level of fertilization. The biggest changes in the soil pH were observed in the first years of the experiment. In the following years the acidifying effect of fertilization was not observed. The doses of calcium fertilizers did not bring about changes in acidification on particular fertilizing objects. A significant dependence between the yield and the soil pH of the 0–10 layer was found on the objects fertilized with 90 kg N + PK. This relationship was not observed in the cases of extreme fertilization.

Key words: long-term experiment, fertilisers, pH.