

DYNAMIKA I BILANS MIKROELEMENTÓW
W WARUNKACH ZRÓŻNICOWANEGO NAWOŻENIA NPK I Ca
W DOŚWIADCZENIU LIZYMETRYCZNYM

*Maria Ruszkowska, Zofia Rębowska, Maria Kusio, Stanisław Sykut,
Anna Wójcikowska-Kapusta*

Samodzielna Pracownia Żywienia Roślin IUNG, Puławy
Instytut Gleboznawstwa i Chemii Rolnej AR, Lublin

W IUNG w Puławach prowadzone jest od 1971 r. doświadczenie lizymetryczne na piasku gliniastym na glinie (gleba pseudobielicowa) z roślinami rosnącymi w 4-letnim zmianowaniu. Celem tego doświadczenia jest badanie dynamiki i bilansu mineralnych składników pokarmowych, w tym również mikroelementów, w warunkach zróżnicowanego nawożenia NPK i Ca oraz nawadniania. Całość wyników za okres I rotacji (lata 1971-1975) została opublikowana w postaci monografii [4]. Bilans mikroelementów za te lata jest ponadto tematem osobnej publikacji [3]. Przedmiotem niniejszej pracy jest natomiast omówienie wyników dotyczących dynamiki i bilansu: boru, manganu, miedzi, cynku i molibdenu za okres dwóch następnych lat, tj. od sierpnia 1975 do lipca 1977 i porównanie ich z okresem poprzednim.

METODYKA BADAŃ

Szczegółowy opis doświadczenia i stosowanych metod podają wcześniejsze publikacje [3, 4]. Doświadczenie prowadzono w 24 lizymetrach betonowych, o wymiarach $1 \times 1 \times 1$ m³, powleczonych wewnątrz żywicą epoksydową. W schemacie doświadczenia wyodrębniono 8 obiektów (tab. 1), każdy obiekt w 3 powtórzeniach. W referowanym okresie (1975-1977) w lizymetrach rosły dwie rośliny:

- 1) pszenica ozima odm. Grana (siew 30.09.1975 po konioczynie czerwonej jako przedplonie; zbiór w pełnej dojrzałości 26-29.07.1976),
- 2) rzepak ozimy odm. Górczański (siew 25.08.1976; zbiór w fazie dojrzałości technicznej 20.06-8.07.1977).

Nawożenie PK dano przewidzianie w postaci superfosfatu granulowanego i soli potasowej, nawożenie N — pogłównie w formie saletry amonowej. Dawki nawozów w g/lizyometr (1 m²) były następujące.

	pod pszenicę			pod rzepak		
	N	P	K	N	P	K
w obiektach NPK I	7,0	1,9	5,1	12,6	3,3	9,3
w obiektach NPK II	14,0	3,8	10,2	25,2	6,6	18,6

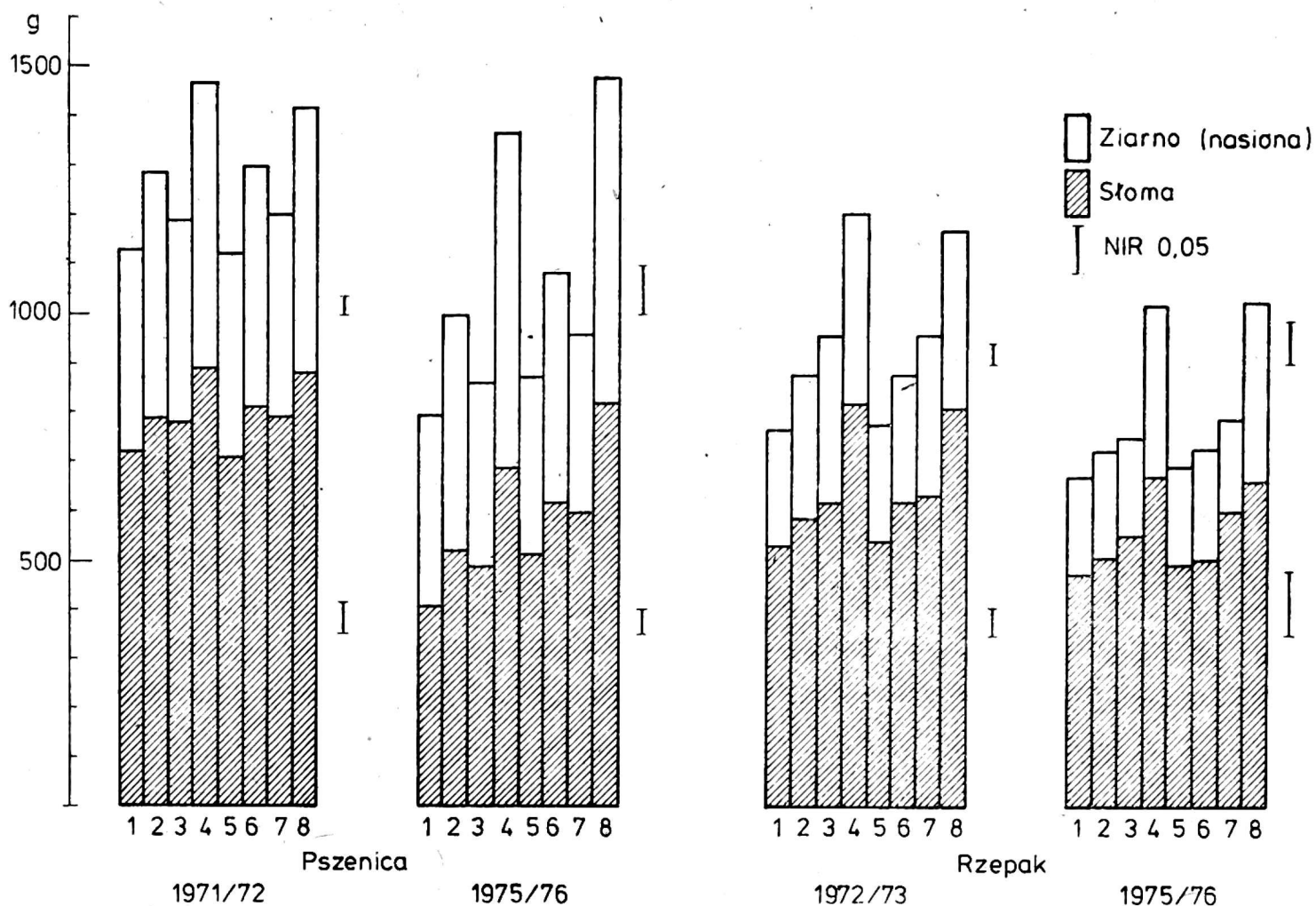
W obiektach z dodatkiem Ca gleba została zwapnowana w warstwie powierzchniowej chemicznie czystym CaCO₃ do poziomu 0,75 Hh tylko raz — jesienią 1971 r. W lizymetrach nawadnianych obie rośliny były podlewane w okresie intensywnego wzrostu wodą zdemineralizowaną, gdy wilgotność gleby spadła poniżej 70% połowej pojemności wodnej. Pszenica w okresie od 9.05. do 17.07.1976 r. otrzymała drogą nawodnienia w sumie 300 mm wody, a rzepak — od 1.05. do 18.06.1977 r. otrzymał łącznie 230 mm wody. Do badań przesaczy na zawartość mikroelementów wytypowano 8 lizyometrów, reprezentujących 8 obiektów nawozowych (tab. 1). Do analiz roślin i gleby pobierano natomiast średnie próbki z 3 powtórzeń każdego obiektu.

Zawartość mikroelementów w roślinach oznaczono następującymi metodami: B — kurkuminową, Mn — nadsiarczanową, Cu — karbaminianową, Mo — rodankową, Zn — ASA [3]. W nawozach i przesączach glebowych zawartość mikroelementów oznaczono (w AR w Lublinie) metodą spektralnej analizy emisyjnej. Zawartość przyswajalnych form mikroelementów w glebie (w poziomie A₁) oznaczono metodami: B — Bergera i Truoga, Mn ulegający łatwo redukcji (pH 8) — Schachtschabela, Cu — w wyciągu Westerhoffa, Zn — w wyciągu 0,1 n HCl — ASA, Mo — Grigga [2].

OMÓWIENIE WYNIKÓW

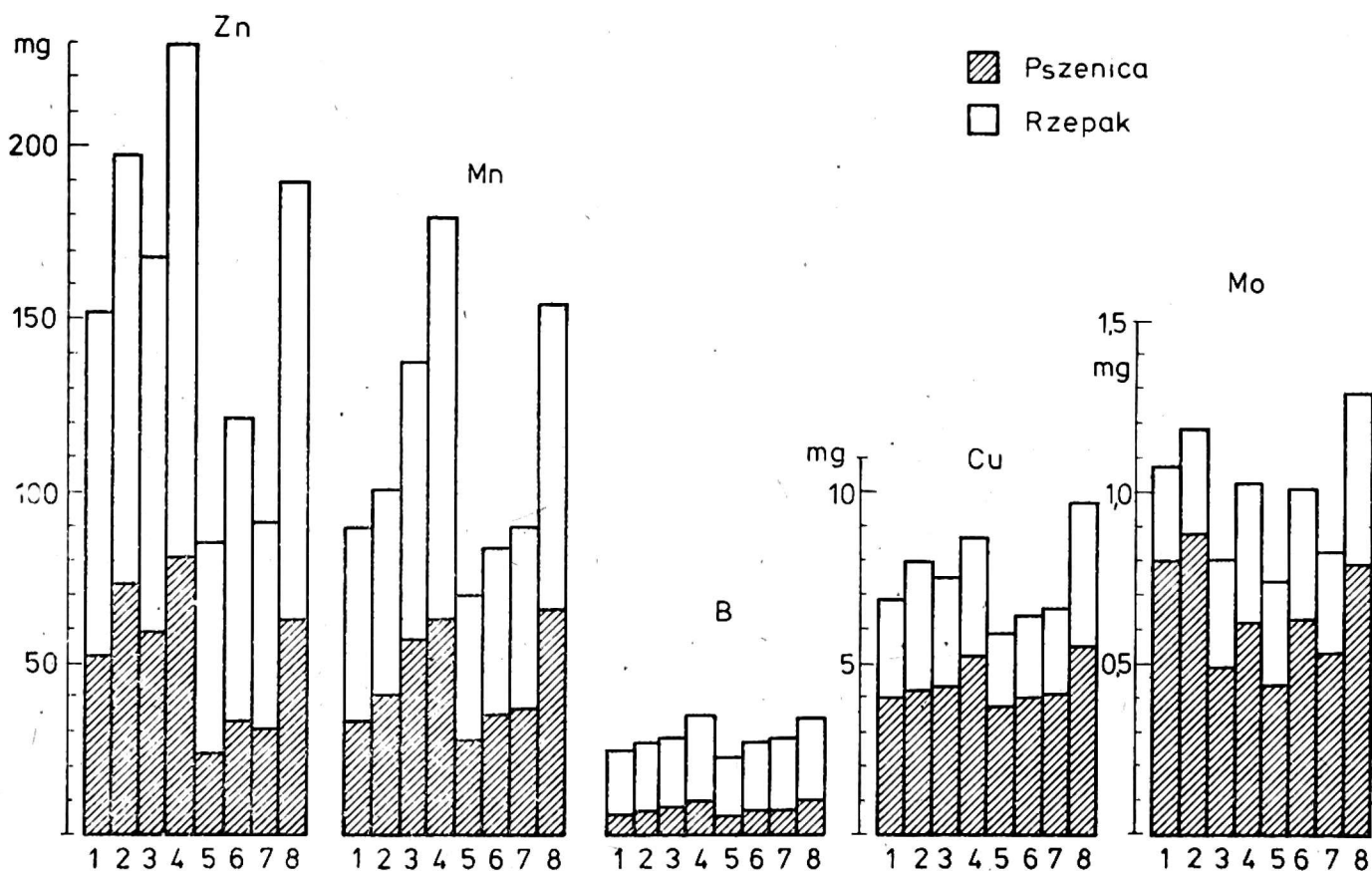
W omawianym okresie (1975-1977) plony ziarna pszenicy i nasion rzepaku zależały w większej mierze od nawadniania niż od nawożenia NPK. Największymi plonami wyróżniły się obiekty z podwójną dawką nawozów NPK, dodatkowo nawadniane (NPK II + H₂O), co świadczyło o wyraźnym współdziałaniu wody i nawożenia. Wapnowanie miało dodatni wpływ jedynie na plon słomy pszenicy. Podobne zależności stwierdzono u tych roślin uprawianych w lizymetrach w latach poprzednich (rys. 1).

Różnice w plonach roślin znalazły swe odbicie w ogólnym pobraniu mikroelementów przez rośliny (rys. 2). Mianowicie, największe pobranie wszystkich badanych mikroelementów (Zn, Mn, B, Cu i Mo) pra-



Rys. 1. Plony suchej masy roślin w g z lizymetru (1 m²) w latach 1971-1973 i 1975-1977

1-8 — numery obiektów: 1 — NPK I, 2 — NPK I + H₂O, 3 — NPK II, 4 — NPK II + H₂O, 5 — NPK I + Ca, 6 — NPK I + Ca + H₂O, 7 — NPK II + Ca, 8 — NPK II + Ca + H₂O



Rys. 2. Pobranie mikroelementów w mg z lizymetru (1 m²) w latach 1975-1977, objaśnienia jak przy rysunku 1

wie zawsze miało miejsce w obiektach NPK II + H₂O, gdzie plony roślin były również największe. Z drugiej strony na pobranie cynku i manganu, a w mniejszym stopniu boru miało silny, uwsteczniający wpływ wapnowanie gleby, pomimo że nie wywołało ono wyraźnych różnic w plonach roślin. Ogólnie biorąc, pszenica i rzepak wyrosłe w latach 1975-1977 pobrały średnio podobne ilości molibdenu i miedzi, mniej boru, natomiast więcej cynku i manganu, niż te same rośliny w latach 1971-1973 (tab. 2). Omawiane różnice w pobieraniu cynku i manganu były spowodowane prawdopodobnie procesem zakwaszania gleby, a odnośnie do cynku — także wzbogaceniem gleby w ten składnik (tab. 1). W sumie rośliny pobrały najwięcej cynku, mniej manganu, boru i miedzi, a najmniej molibdenu.

Tabela 1

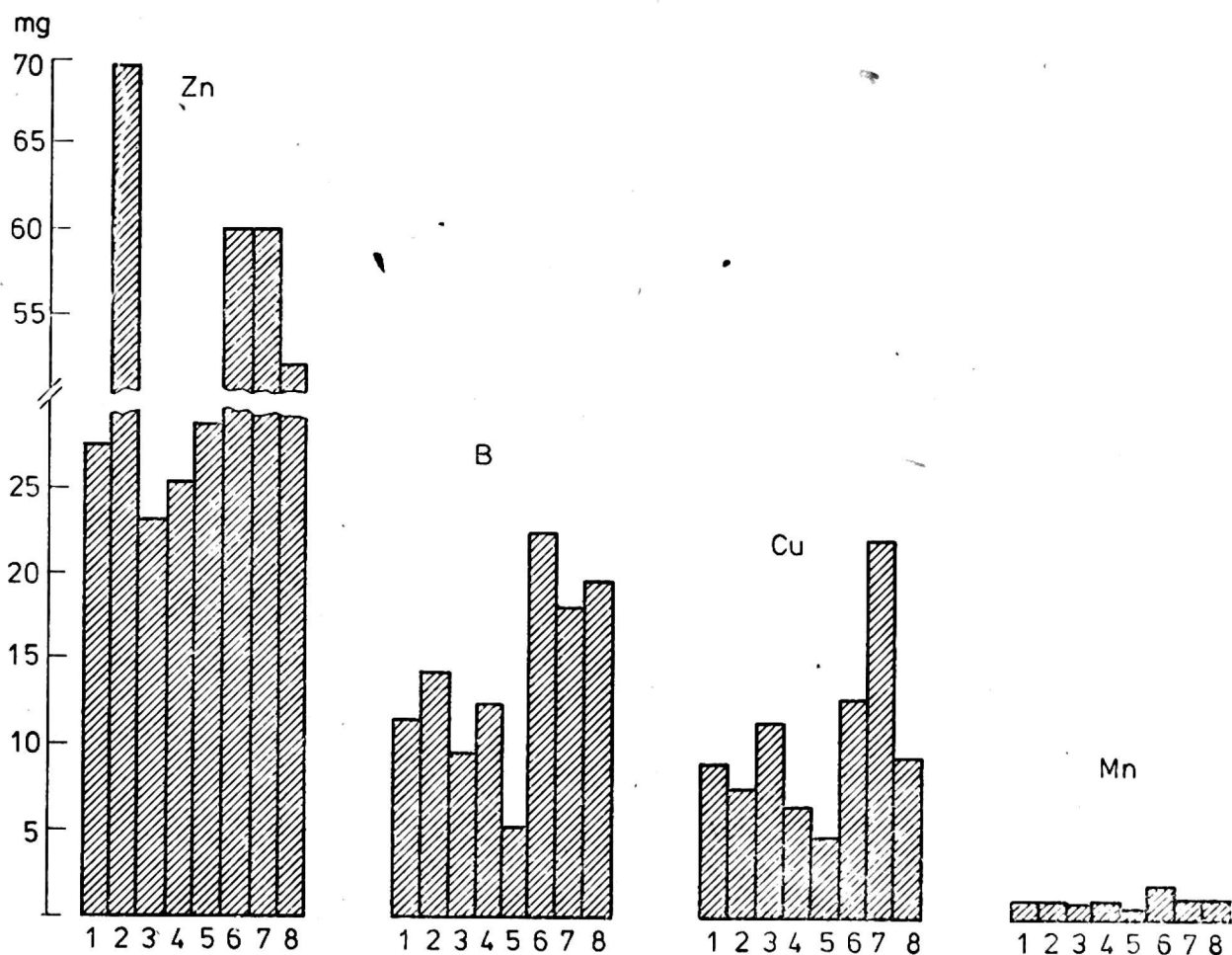
Zmiany w pH i w zawartości (ppm) przyswajalnych form mikroelementów w poziomie A₁ gleby z lizymetrów w latach 1975-1977

Obiekt	pH w 1 n		B		Mn		Cu		Zn		Mo	
	KCl		a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
1. NPK I	4,7	4,5	0,31	0,36	25,5	21,6	4,3	2,8	14,5	21,5	0,12	0,14
2. NPK I+H ₂ O	4,7	4,7	0,36	0,30	25,0	21,6	6,3	5,0	14,0	23,5	0,15	0,14
3. NPK II	4,5	4,2	0,45	0,56	30,8	21,6	5,7	2,9	11,1	19,0	0,16	0,14
4. NPK II+H ₂ O	4,5	4,3	0,54	0,35	33,0	21,6	6,1	3,1	13,1	21,5	0,19	0,14
5. NPK I+Ca	6,4	5,8	0,39	0,99	11,0	7,0	4,5	2,5	13,7	22,0	0,15	0,14
6. NPK I+C+H ₂ O	6,0	5,4	0,32	0,88	12,3	14,1	5,3	3,6	12,1	20,0	0,12	0,14
7. NPK II+Ca	6,0	5,2	0,32	0,77	19,3	14,1	3,8	3,0	14,5	22,5	0,15	0,23
8. NPK II+ +Ca+H ₂ O	5,6	5,0	0,35	0,56	21,0	14,1	4,3	3,4	13,5	23,0	0,13	0,17
9. kontrola (prób- ka wyjściowa)	5,7		0,62		13,0		1,8		1,9		0,13	

a próbki gleby pobrane w lipcu 1975 r. (po 4 latach doświadczenia).

b próbki gleby pobrane w sierpniu 1977 r. (po 6 latach doświadczenia).

Obok pobierania przez rośliny wymywanie stanowi drugą pozycję ubytku mikroelementów z gleby. W przesączach glebowych, zbieranych z lizymetrów w badanym okresie (1975-1977), znajdowano bor, mangan, miedź, cynk (a także i inne pierwiastki śladowe) w bardzo różnych koncentracjach (tab. 3). W sumie największemu wymywaniu ulegał cynk, mniejszemu — bor i miedź, najmniejszemu — mangan; zawartości molibdenu nie udało się w przesączach glebowych określić. Przedstawione wyniki (rys. 3) nie wykazują wyraźnej regularności w wymywaniu badanych składników w zależności od nawożenia NPK; zaznaczyła się tyl-



Rys. 3. Wymycie mikroelementów w mg z lizymetru (1 m²) w latach 1975-1977; objaśnienia jak przy rysunku 1

ko pewna tendencja w zwiększeniu wymywania cynku, boru i miedzi na glebie zwapnowanej, oraz boru w obiektach nawadnianych. Wynik ten wymaga jednak dalszego sprawdzenia, ponieważ w poprzednim okresie (1971-1973) wapnowanie ograniczało wymywanie manganu, cynku i boru z gleby [3, 4]. W latach 1975-1977 średnie wymycie cynku, boru i miedzi było większe od wymycia tych składników w latach 1971-1973, natomiast wymycie manganu było dużo mniejsze (tab. 2). Ta duża różnica w wynikach dotyczących manganu była najprawdopodobniej spowodowana zmianą metodyki oznaczania Mn w przesączach glebowych, co łączyło się z wyborem bardziej właściwej linii spektralnej dla Mn, dającej niższe odczyty. W literaturze światowej mało jest danych na temat wymywania mikroelementów z gleby. Pfaff (dane nie publikowane) wykrywał w przesączach lizymetrycznych ilości boru, cynku, miedzi i manganu podobne do przedstawionych w niniejszej pracy, natomiast Czekalski i Kociałkowski [1] znajdowali w wodach drenowych, pochodzących z pól uprawnych woj. poznańskiego, mniejsze zawartości Cu (1,8-5,4 ppm,) dużo mniej Zn (7,9-13,8 ppm) a znacznie więcej Mn (236-431 ppm), niż określono w przesączkach lizymetrycznych w obecnej pracy (tab. 3).

Tabela 2

Bilans mikroelementów w glebie w latach 1971-1973 i 1975-1977
w mg/lizymetr (1 m²)

Wyszczególnienie	B	Mn	Cu	Zn	Mo
Lata 1971-1973					
Przychód					
— w nawozach ^a	4,0	10,2	2,4	18,5	3,31
— z wodą deszczową	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
— w pestycydach				250,0	
Pobranie (średnio)					
— przez pszenicę	10,1	36,6	4,5	43,3	0,47
— przez rzepak	25,9	59,1	3,5	82,9	0,68
Pobranie razem	36,0	95,7	8,0	126,2	1,15
Wymycie (średnio)	7,4	57,5	3,3	30,5	n.o.
Lata 1975-1977					
Przychód					
— w nawozach ^a	4,0	10,2	2,4	18,5	3,31
— z wodą deszczową	32,5	5,6	18,4	626,2	n.o.
Pobranie (średnio)					
— przez pszenicę	7,5	45,0	4,4	52,0	0,65
— przez rzepak	20,4	68,4	3,1	105,9	0,35
Pobranie razem	27,9	113,4	7,5	157,9	1,00
Wymycie (średnio)	14,2	1,1	10,5	43,8	n.o.

^a Jako domieszki w superfosfacie i soli potasowej według dawek z obiektów NPK II.

Tabela 3

Zakres zawartości mikroelementów
w przesączach glebowych i wodzie opadowej w ppm^a

Pierwiastek	Przesącza glebowe	Woda opadowa
B	1—160	20—170
Mn	ślady—20	32—120
Cu	0,5—155	16—110
Zn	5—339	320—2637
Mo	n.o.	n.o.

^a ppm = 10⁻⁶.

W omawianym okresie oznaczano również mikroelementy w opadach atmosferycznych. Analiza wody deszczowej zbieranej w dwóch deszczomierzach na terenie lizymetrów wykazała koncentracje boru i miedzi zbliżone do koncentracji tych składników w przesączach glebowych, więk-

sze koncentracje manganu i znacznie podwyższone zawartości cynku (tab. 3). W świetle tych wyników ilości mikroelementów, jakie dostały się do gleby wraz z wodą deszczową, przewyższałyby ilości boru, manganu, miedzi, a zwłaszcza cynku, jakie w badanym okresie zostały z gleby wymyte (tab. 2). Starając się wytłumaczyć, skąd się biorą zanieczyszczenia wody deszczowej mikroelementami, można przypuścić, że pewne ilości pochodziły z pyłów powietrza. Głównym źródłem zanieczyszczenia wody deszczowej cynkiem mogła być jednak konstrukcja metalowa ogrodzenia lizymetrów, pomalowana farbą olejną. Zagadnienie to wymaga wyjaśnienia.

Porównując przychód mikroelementów do gleby w postaci domieszek w nawozach i zanieczyszczeń wody deszczowej z ubytkiem tych składników na skutek pobrania przez rośliny i strat w procesie wymycia, można uznać, że w warunkach omawianego doświadczenia bilans boru i miedzi był zrównoważony, bilans manganu ujemny, natomiast bilans molibdenu i cynku dodatni. Na ujemny bilans manganu wpłynęło przede wszystkim duże pobranie tego składnika przez rośliny przy jednoczesnym małym jego dopływie do gleby w nawozach i opadach. Dodatni bilans molibdenu powstał dzięki stosunkowo dużym domieszkom Mo w stosowanym superfosfacie, natomiast dodatni bilans cynku był spowodowany dużym zanieczyszczeniem wody deszczowej, o którym była mowa. To dodatkowe źródło cynku nie było wzięte pod uwagę we wcześniejszych publikacjach [3, 4], stąd odmienne wnioski, jakie wtedy wyciągnięto, a dotyczące wzbogacenia gleby w cynk.

W omawianym doświadczeniu starano się również określić zmiany w zawartości przyswajalnych form mikroelementów, jakie zaszły z biegiem lat pod wpływem stosowanego nawożenia i nawadniania. Analizy przeprowadzono po 4 i 6 latach trwania doświadczenia. W pierwszym wypadku próbki gleby pobrano w lipcu 1975 r. po sprzęcie koniczyny a przed siewem pszenicy, drugi natomiast termin przypadł w sierpniu 1977 r. po zbiorze rzepaku. Omówienie wyników za okres pierwszych 4 lat podają wcześniejsze publikacje [3, 4].

W czasie ostatnich dwóch lat (1975-1977) w glebie zwapnowanej wzrosła zawartość przyswajalnego boru, natomiast nawadnianie obniżyło w pewnym stopniu jego zawartość. Zawartość manganu ulegającego łatwo redukcji (pH 8) zmniejszyła się prawie na wszystkich obiektach, przy czym zatarły się różnice w zawartości tego pierwiastka w zależności od dawek NPK, pozostała natomiast wyraźna różnica w jego zawartości między glebą niewapnowaną i wapnowaną. Zawartość przyswajalnej miedzi obniżyła się, z drugiej jednak strony utrzymał się wpływ nawadniania na jej zwiększenie. Gleba uległa dalszemu wzbogaceniu w przyswajalny cynk. Zawartość przyswajalnego molibdenu była

prawie na tym samym poziomie, ale w związku z postępującym zakwaszeniem gleby stan jego zaopatrzenia uległ na ogół pogorszeniu. Ogólnie biorąc, w badanym okresie nawożenie NPK nie wywarło trwałego wpływu na zawartość przyswajalnych form mikroelementów w badanej glebie. Wapnowanie wyraźnie zmniejszyło zawartość przyswajalnego manganu a zwiększyło poziom przyswajalnego boru. Z drugiej strony zaznaczyła się tendencja do zmniejszenia zawartości boru a zwiększenia zawartości miedzi pod wpływem nawadniania. W świetle liczb granicznych pod koniec omawianego okresu zaopatrzenie badanej gleby pod względem mikroelementów było następujące: boru i cynku — dobre, miedzi — dobre lub na pograniczu średniego, manganu — średnie na glebie niewapnowanej i złe na glebie wapnowanej, molibdenu — złe na glebie niewapnowanej i średnie na wapnowanej.

WNIOSKI

1. Przy badaniu bilansu mikroelementów w glebie winny być brane pod uwagę wszystkie pozycje przychodu i ubytku tych składników z gleby w ciągu dłuższego czasu, czyli ich zawartość w nawozach, pestycydach, ziarnie siewnym, pyłach i opadach atmosferycznych, plonach roślin oraz glebowych przeciekach wodnych.

2. Określenie bilansu mikroelementów pomaga w zrozumieniu zmian w zawartości przyswajalnych form mikroelementów, jakie zachodzą w glebie.

3. W warunkach omawianego doświadczenia lizymetrycznego wpływ nawożenia NPK, wapnowania i nawadniania uwidocznili się w bardziej regularny sposób w pobraniu mikroelementów przez rośliny niż w wymyciu ich z gleby. W związku z tym odczuwa się potrzebę dalszego dopracowania metodyki oznaczania mikroelementów w przesączach glebowych, ze szczególnym zwróceniem uwagi na reprezentatywność pobieranych próbek. Wyjaśnienia wymaga też źródło zanieczyszczenia wody deszczowej mikroelementami, zwłaszcza cynkiem.

LITERATURA

1. Czekański A., Kociałkowski Z.: Roczn. glebozn., 13 (Dod.), 238-243, 1963.
2. Nowosielski O.: Metody oznaczania potrzeb nawożenia. Wyd. 2. PWRiL, Warszawa 1974.
3. Ruszkowska M., Rębowska Z., Gliński J., Baran S., Sykut S., Kusio M.: Polish J. Soil Sci., 9, 107-114, 1976.
4. Ruszkowska M., Rębowska Z., Gliński J., Baran S., Chmielewski J., Chojnacki A., Flis-Bujak M., Kusio M., Malińska H., Mroczkowski W., Stępniewski W., Szember A., Szreniewska M., Sykut S., Warchołowa M.: Roczn. Nauk rol., Ser. D, 173 (w druku).

М. Рушковска, З. Рембовска, М. Кусио, С. Сыкут, А. Вуйциковска-Капуста

ДИНАМИКА И БАЛАНС МИКРОЭЛЕМЕНТОВ
В УСЛОВИЯХ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО УДОБРЕНИЯ NPK И СА
В ЛИЗИМЕТРИЧЕСКОМ ОПЫТЕ

Резюме

Исследовали баланс микроэлементов (В, Мп, Zn, Cu, Mo) и изменения в содержании усвояемых форм этих элементов в почве в период 1975-1977 гг. и результаты сравнивали с более ранним периодом (1971-1973 гг.). Опыт проводился в лизиметрах с супесью, подстеленной глиной. Применяли 2 уровня удобрения NPK на почве, не известкованной или известкованной чистым CaCO_3 . Растения (озимая пшеница и озимый рапс) возрастали в природных условиях с атмосферными осадками или орошались дополнительно деминерализованной водой. Удобрение NPK, известкование и орошение влияли более регулярно на усваивание микроэлементов растениями или их выщелачивали из почвы. Известкование снижало содержание усваиваемого Мп, а повышало содержание В в почве. Орошение повышало содержание усвояемой Cu в почве. Источником обогащения почвы цинком являлась по всей вероятности масляная краска, вымываемая дождем из заграждений лизиметров. Опыт продолжается, а методика совершенствуется.

М. Ruszkowska, Z. Rębowska, M. Kusio, S. Sykut, A. Wójcikowska-Kapusta

DYNAMICS AND BALANCE OF MICROELEMENTS
UNDER CONDITIONS OF DIFFERENTIATED NPK AND CA FERTILIZATION
IN A LYSIMETRIC EXPERIMENT

Summary

The balance of microelements (B, Mn, Zn, Cu and Mo) and changes of their available forms in soil in the period 1975-1977 were investigated and the results were compared with the earlier period (1971-1973). The experiments were carried out in lysimeters on loamy sand on loam. Two NPK fertilization levels on soil nonlimed or limed with pure CaCO_3 , were applied. Crops (winter wheat and winter rape) grew in natural conditions with atmospheric precipitations, or were additionally irrigated with demineralized water. The NPK fertilization, liming and irrigation affected in a more regular way the uptake of microelements by plants than their leaching from soil. Liming reduced the content of available Mn and increased the B content in soil. Irrigation led to a growth of available Cu in soil. The source of soil enrichment in Zn constituted probably oil paint washed down by rain from the lysimeter fences. The experiment is continued and the methods improved.