

ROMAN CZUBA, ANNA ZANIUK

## BADANIA NAD ROZMIESZCZENIEM PRZYSWAJALNYCH SKŁADNIKÓW W PROFILACH GLEBOWYCH

### CZEŚĆ III. WSPÓLZALEŻNOŚĆ MIĘDZY ZAWARTOŚCIĄ WĘGLA ORGANICZNEGO, IŁU KOLOIDALNEGO W GLEBIE I JEJ pH A ZAWARTOŚCIĄ MAGNEZU PRZYSWAJALNEGO I NIEKTÓRYCH MIKROELEMENTÓW

Stacja Chemiczno-Rolnicza, Wrocław

Badania nad korelacją wymienionych w tytule cech przeprowadzono na podstawie analiz 1171 próbek pobranych z 280 profilów glebowych.

Obszerny materiał rzeczowy pozwala na statystyczne opracowanie wyników analiz chemicznych.

Problem współzależności między zawartością magnezu przyswajalnego a niektórymi własnościami gleby jest od dawna omawiany w literaturze fachowej. Na podstawie badań przeprowadzonych w ostatnim dziesięcioleciu zarówno G o r a l s k i [10], jak B o r a t y Ń s k i i współpracownicy [4] zwracają uwagę, że zależność między pH gleby a zasobnością w magnez przyswajalny nie jest wyraźna. Z ich badań wynika, że nawet w glebach bardzo kwaśnych pewna ilość próbek posiadała wyższą zawartość magnezu. I na odwrót, w grupie gleb o odczynie obojętnym znajdował się pewien, wprawdzie niewielki, procent gleb o niskiej zawartości magnezu. Również S e l k e i współautorzy [17] uważają, że w celu zorientowania się w stopniu zasobności gleby w magnez przyswajalny należy nie tylko oznaczyć jej pH i własności sorpcyjne. Poszczególni badacze stwierdzają zgodnie, że znacznie wyższa współzależność występuje między składem mechanicznym gleby a zawartością magnezu przyswajalnego niż między zawartością tego składnika w glebie a jej pH. B o r a t y Ń s k i i współpracownicy [1] nie stwierdzili w glebach Zakładu Doświadczalnego w Laskowicach wyraźniejszych współzależności między pH gleby a za-

wartością magnezu w poszczególnych profilach. Natomiast we wszystkich badanych profilach bardzo wyraźnie występowała korelacja między ilością części spławialnych a zawartością magnezu przyswajalnego.

Poglądy na temat współzależności między zawartością w glebie mikroelementów a jej innymi własnościami prezentowane są dotychczas raczej fragmentarycznie i nie zawsze są zgodne. Liczni autorzy wiążą zasobność gleb w mikroelementy z zawartością próchnicy. Chochłowa [6] wyraża pogląd, że stopień nagromadzenia mikroelementów wyraźnie zależy od ilości próchnicy w glebie. Kabata i współpracownicy [11, 12] przypuszczają, że istnieje zależność pomiędzy rozpuszczalnością mikroelementów a zawartością substancji organicznej w glebie. Lupinowicz i Dubikowski [14] wykazali zbliżoną do prostoliniowej współzależność między składem mechanicznym gleb a ogólną zawartością mikroelementów. Schorr i Bergmann [16] podają, że w miarę wzrostu udziału części spławialnych w glebie wzrasta zasobność w mangan i miedź przyswajalną. Równocześnie jednak zwracają uwagę, że im gleby są bardziej zakwaszone, tym więcej zawierają manganu aktywnego i tym częściej objawia się niedostatek miedzi. Na podobną zależność w odniesieniu do manganu zwraca uwagę Borkowski [5] i inni autorzy [9].

Często zwraca się uwagę na współzależność zawartości mikroelementów z typami gleb [3], ich składem mechanicznym [5, 7] i mineralogicznym [9, 11, 12, 18]. Rozpatrywane są też niekiedy i inne czynniki. Gej i współpracownicy [9] zwracają uwagę na współzależność między sumą opadów atmosferycznych a zawartością w glebie mikroelementów. Badali oni tę zależność w terenach podgórskich i górskich dochodząc do wniosku, że przy większych opadach pH gleby jest niższe, co przyspiesza rozkład minerałów glebowych i stąd przy wysokich opadach gleby zawierają większe ilości mikroelementów. Spostrzeżenia te nie dotyczą boru.

Do obliczeń statystycznych wybrano wyniki analiz chemicznych<sup>1</sup> próbek reprezentujących uprawne: gleby brunatne, czarne ziemie, gleby bielcowe i mady. Dla każdego z tych typów szukano współzależności między zawartością węgla organicznego, ładu koloidalnego w glebie i jej pH a zawartością magnezu, boru, miedzi, molibdenu przyswajalnego i manganu aktywnego. Korelację wyliczano oddzielnie dla każdej pary cech szukając zależności między zawartością C i Mg, C i B itd., podobnie dla zawartości ładu koloidalnego i Mg, ładu i B itd. oraz dla pH gleby i zawartości wszystkich badanych pierwiastków.

Obliczeń tych dokonano dla poziomu akumulacyjnego i łącznie dla pozostałych pierwiastków położonych głębiej. Razem wyliczono 100 współczynników korelacji i regresji (4 typy gleb  $\times$  15 współczynników dla

<sup>1</sup> Stosowane metody omówiono w części I i II, Roczn. Glebozn. t. XIX, z. 1.

poziomu akumulacyjnego + 4 typy gleb  $\times$  10 współczynników dla poziomów głębszych).

Współczynniki korelacji i regresji obliczano każdorazowo dla 42-50 próbek grupując w tej liczbie wyniki analizy dotyczące gleb lekkich, średnich i ciężkich.

### WYNIKI OBLICZEŃ STATYSTYCZNYCH

Dla rozpatrywanych typów gleb uzyskano w obliczeniach średnie arytmetyczne wartości badanych składników gleby (tab. 1), które pozwalają na ogólną charakterystykę próbek. Występują tu prawidłowości stwierdzone przez nas poprzednio na większej liczbie analiz chemicznych (I i II cz.). Zarówno w poziomie akumulacyjnym, jak i w poziomach położonych głębiej największą zawartością magnezu i większości mikro-

T a b e l a 1

Srednie arytmetyczne zawartości badanych składników gleby  
Arithmetic means for content of the elements investigated in soil

Składnik - Element	Gleby brunatne Brown soils	Czarne ziemie Black earths	Gleby bielcowe Podzolic soils	Mady Alluvial soils
Poziom akumulacyjny - Accumulation horizon				
Mg mg/100 g gleby - soil	6,6	12,3	5,8	11,1
Mn ppm	54,8	36,1	45,2	78,1
Cu ppm	3,40	5,85	3,88	6,52
B ppm	0,34	0,58	0,36	0,40
Mo ppm	0,097	0,085	0,094	0,143
C organiczny - Organic C %	1,20	2,36	1,48	1,92
Ił koloidalny - Colloidal clay %	18,2	26,0	14,7	24,3
pH	5,60	6,30	5,60	5,48
Poziomy głębsze - Deeper horizons				
Mg mg/100 g gleby - soil	11,0	11,2	9,9	11,7
Mn ppm	13,0	9,1	9,0	43,9
Cu ppm	2,16	2,82	1,98	4,62
B ppm	0,19	0,24	0,15	0,22
Mo ppm	0,038	0,023	0,054	0,093
Ił koloidalny - Colloidal clay %	22,3	24,6	21,3	27,1
pH	5,90	6,59	5,64	5,58

elementów odznaczają się czarne ziemie i mady. W czarnych ziemiach stwierdzono najwyższą średnią zawartość magnezu przyswajalnego i boru, a w madach — manganu, miedzi i molibdenu. Ponadto charakterystyczna jest wysoka zawartość węgla organicznego w czarnych ziemiach oraz dość wysokie pH tych gleb. Stwierdzoną zawartość krańcową makro- i mikroelementów w badanych glebach podaliśmy w I i II części naszej pracy.

Wyniki obliczeń dotyczące związku między zawartością magnezu i mikroelementów w glebach a zawartością w nich węgla organicznego, iłu koloidalnego oraz ich pH rozpatrzono w układzie poszczególnych badanych składników biorąc pod uwagę uzyskane z wyliczeń współczynniki korelacji oraz regresję prostoliniową, którą przedstawiono tylko dla tych przypadków, w których uzyskano istotne współczynniki korelacji.

Na zbadanych 100 współzależności między zawartością w glebie węgla organicznego, iłu koloidalnego oraz pH gleby a zawartością magnezu i czterech mikroelementów istotność współczynnika korelacji stwierdzono w 50 przypadkach par cech. W licznych przypadkach występują wyraźne tendencje związku badanych cech, co wynika z tego, że współczynnik korelacji jest tylko nieznacznie mniejszy od teoretycznych wartości  $r$ . Za poziom istotności przyjęto  $\alpha = 0,05$ , krytyczne wartości współczynnika korelacji przyjęto według tablic *Malickiego* [15], które zaokrąglono do dwóch miejsc po przecinku.

**M a g n e z.** Spośród badanych zależności w odniesieniu do tego składnika bezspornie największy stopień korelacji uzyskano dla współzależności między zawartością iłu koloidalnego a zawartością magnezu przyswajalnego w glebie (tab. 2). Wszystkie współczynniki korelacji dla tej pary cech są wysokie zarówno dla poziomu akumulacyjnego, jak i dla poziomów położonych niżej. Związek między zawartością w glebie węgla organicznego lub jej pH a zawartością magnezu przyswajalnego jest znacznie słabszy w porównaniu ze związkiem z zawartością iłu koloidalnego. Dla poziomów położonych pod poziomem akumulacyjnym związku między zawartością magnezu a pH gleby w ogóle nie stwierdzono.

Istotny związek między zawartością w glebie węgla organicznego a zawartością magnezu przyswajalnego stwierdzono tylko dla gleb bielico- wych ( $r = 0,61$  przy  $r_t = 0,30$ ) i mad ( $r = 0,40$  przy  $r_t = 0,29$ ). Dla czarnych ziem i gleb brunatnych nie stwierdzono związku w zawartości magnezu przyswajalnego i węgla organicznego w glebie.

Największą współzależność między zawartością w glebie iłu koloidalnego a zawartością magnezu przyswajalnego stwierdzono w przypadku gleb brunatnych, gdzie dla poziomu akumulacyjnego współczynnik korelacji  $r = 0,66$  ( $r_t = 0,28$ ). Dla czarnych ziem współczynnik korelacji dla zawartości iłu koloidalnego i magnezu przyswajalnego wynosi  $r = 0,53$ ,

T a b e l a 2

Zestawienie współzależności między zawartością magnezu a niektórymi właściwościami gleby

Correlation between magnesium content and some soil properties

Współzależność - Correlation	Gleby brunatne Brown soils	Czarne ziemie Black earths	Gleby biellicowe Podzolic soils	Mady Alluvial soils
Poziom akumulacyjny - Accumulation horizon				
Węgiel organiczny/Mg - Organic carbon/Mg	0	0	+	+
Ił koloidalny/Mg - Colloidal clay/Mg	+	+	+	+
pH gleby/Mg - pH of soil/Mg	+	0	+	0
Poziomy głębsze - Deeper horizons				
Ił koloidalny/Mg - Colloidal clay/Mg	+	+	+	+
pH gleby/Mg - pH of soil/Mg	0	0	0	0

Objaśnienie do tabel 2-6: - Explanation to the tables 2-6:

+ istotna korelacja dodatnia - significant positive correlation

- istotna korelacja ujemna - significant negative correlation

0 brak korelacji - lack of correlation

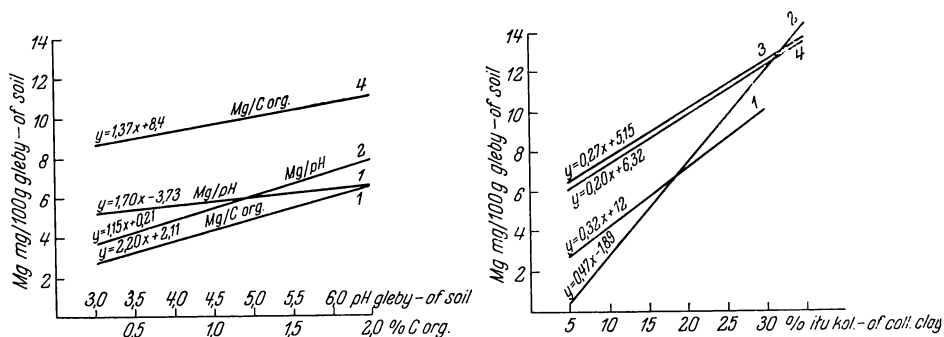
a dla gleb biellicowych  $r = 0,52$  przy  $r_t = 0,30$ . Również wysoki współczynnik korelacji uzyskano dla wymienionych par cech w przypadku mad, gdzie  $r = 0,65$  przy  $r_t = 0,28$ .

W poziomach profilów glebowych położonych pod poziomem akumulacyjnym stwierdzono również istotną współzależność między zawartością iłu koloidalnego w glebie a zawartością magnezu przyswajalnego. W przypadku gleb brunatnych współczynnik korelacji dla tej zależności wynosi  $r = 0,64$  ( $r_t = 0,28$ ), dla czarnych ziem  $r = 0,35$  ( $r_t = 0,30$ ), a dla mad  $r = 0,73$  (przy  $r_t = 0,28$ ), co jest najsilniejszym związkiem badanych dwóch cech.

Istotną współzależność między pH gleby a zawartością magnezu przyswajalnego dla poziomów akumulacyjnych stwierdzono w dwóch przypadkach na cztery liczone, mianowicie dla gleb brunatnych  $r = 0,32$  ( $r_t = 0,28$ ) i dla gleb biellicowych  $r = 0,40$  ( $r_t = 0,30$ ); natomiast dla poziomów położonych pod poziomem akumulacyjnym nie stwierdzono w ogóle związku tych cech. Prawdopodobnie inne czynniki w większym stopniu niż pH gleby warunkują ilość zawartego w glebie magnezu przyswajalnego.

Jak wynika z prostych regresji (rys. 1-3), przeciętna zawartość magnezu zmienia się wraz ze zmianą zawartości iłu koloidalnego w glebie, a sto-

sunkowo mniej wyraźnie wraz ze zmianami zawartości węgla organicznego lub pH gleby. Możliwość zakresu zmian zawartości magnezu przyswajalnego w glebie wraz ze zmianami w zawartości łu koloidalnego

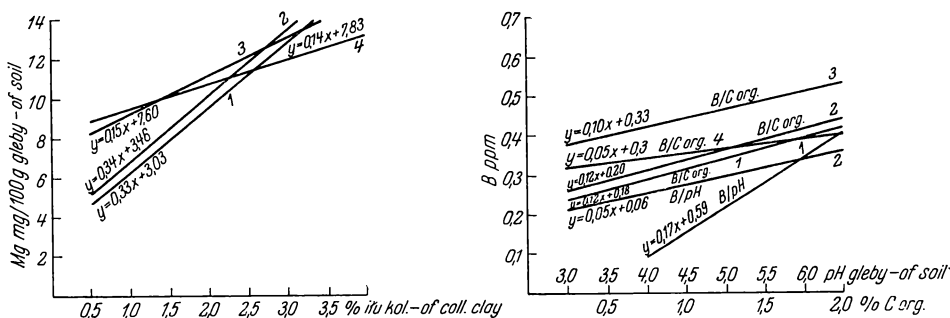


Rys. 1. Regresja prostoliniowa między zawartością węgla organicznego w glebie i jej pH a zawartością w niej magnezu przyswajalnego (poziom akumulacyjny)

Rectilinear regression between organic carbon content in soil, its pH and available manganese content (accumulation horizon)

Rys. 2. Regresja prostoliniowa między zawartością łu koloidalnego a zawartością magnezu w glebie (poziom akumulacyjny)

Rectilinear correlation between colloidal clay and magnesium content in soil (accumulation horizon)



Rys. 3. Regresja prostoliniowa między zawartością łu koloidalnego w glebie a zawartością magnezu (poziomy pod poziomem akumulacyjnym)

Rectilinear regression between colloidal clay and magnesium content in soil (horizons below accumulation horizon)

Rys. 4. Regresja prostoliniowa między zawartością węgla organicznego w glebie i jej pH a zawartością boru (poziom akumulacyjny)

Rectilinear regression between organic carbon content in soil, its pH and boron content (accumulation horizon)

występuje w podobnie silnym stopniu zarówno w poziomie akumulacyjnym, jak i w poziomach głębszych czterech badanych typów gleb.

B o r. Między zawartością w glebie boru przyswajalnego a niektórymi innymi badanymi cechami uzyskano również wysoki stopień współzależ-

T a b e l a 3

Zestawienie współzależności między zawartością boru przyswajalnego z niektórymi właściwościami gleby

Correlation between available boron content and some soil properties

Współzależność - Correlation	Gleby brunatne Brown soils	Czarne ziemie Black earths	Gleby bielcowe Podzolic soils	Mady Alluvial soils
Poziom akumulacyjny - Accumulation horizon				
Węgiel organiczny/B - Organic carbon/B	+	+	+	+
Ił koloidalny/B - Colloidal clay/B	0	+	+	+
pH gleby/B - pH of soil/B	+	0	+	0
Poziomy głębsze - Deeper horizons				
Ił koloidalny/B - Colloidal clay/B	+	+	+	+
pH gleby/B - pH of soil/B	0	0	0	0

ności (tab. 3). Stwierdzono, że zawartość boru w glebie jest istotnie dodatnio skorelowana z zawartością węgla organicznego we wszystkich liczonych przypadkach oraz z zawartością w glebie iłu koloidalnego (na osiem liczonych przypadków dodatnie współczynniki korelacji uzyskano w siedmiu). Mniej wyraźna jest współzależność między pH gleby a zawartością boru w poziomie akumulacyjnym. W poziomach głębszych nie stwierdzono tej współzależności w żadnym z liczonych przypadków.

Bardzo wyraźna korelacja między zawartością w glebie węgla organicznego a zawartością boru widoczna jest we wszystkich badanych typach gleb. Dla gleb brunatnych współczynnik korelacji dla tych parametrów wynosi  $r = 0,38$  przy  $r_t = 0,28$ , dla czarnych ziem  $r = 0,40$  przy  $r_t = 0,30$ , dla gleb bielcowych  $r = 0,53$  przy  $r_t = 0,30$  i dla mad  $r = 0,39$  przy  $r_t = 0,28$ . W przypadku obliczeń współzależności między zawartością w glebie iłu koloidalnego a zawartością boru przyswajalnego w poziomie akumulacyjnym uzyskano nieistotny dodatni współczynnik korelacji, dla czarnych ziem  $r = 0,31$  przy  $r_t = 0,30$ , dla gleb bielcowych  $r = 0,49$  przy  $r_t = 0,30$  i dla mad  $r = 0,48$  przy  $r_t = 0,28$ . Dla tej samej współzależności w poziomach położonych poniżej poziomu akumulacyjnego uzyskano

istotne współczynniki korelacji dodatniej we wszystkich liczonych przypadkach. Świadczy to o dużej zależności zawartości boru w glebie od jej składu mechanicznego. Dla gleb brunatnych współczynnik korelacji wynosi  $r = 0,42$  przy  $r_t = 0,28$ , dla czarnych ziem  $r = 0,35$  przy  $r_t = 0,30$ , dla gleb biellicowych  $r = 0,48$  przy  $r_t = 0,30$  i dla mad  $r = 0,46$  przy  $r_t = 0,28$ .

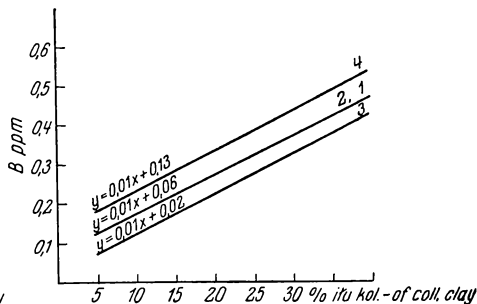
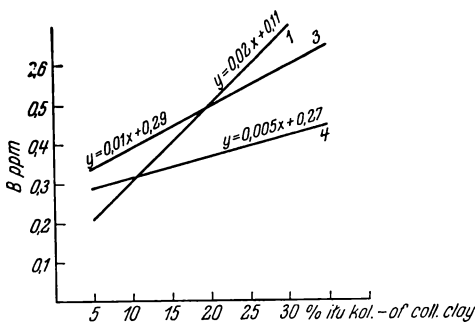
W obliczeniach współczynników korelacji między pH gleby i zawartością boru na 8 liczonych przypadków użyto tylko 2 istotne współczynniki, mianowicie dla poziomego akumulacyjnego w glebach brunatnych  $r = 0,33$  przy  $r_t = 0,28$  i w glebach biellicowych  $r = 0,70$  przy  $r_t = 0,30$ . Jak widać, w glebach biellicowych stwierdzono silny związek dwóch wymienionych cech. Charakterystyczny jest całkowity brak korelacji tych cech w głębszych poziomach profilów glebowych, niewidoczna jest bowiem nawet tendencja do charakterystycznego układu nieistotnych współczynników korelacji.

Wykres regresji prostoliniowej wskazuje, że możliwość zmian w zawartości boru przyswajalnego w glebie wraz z zawartością węgla organicznego nie jest jednakowa dla poszczególnych typów gleb. Odpowiednie zmiany w zawartości boru mogą być większe dla gleb brunatnych, czarnych ziem i gleb biellicowych niż dla mad (rys. 4). Zmiany w zawartości w glebie boru w miarę zmieniającego się pH gleby mogą być znaczne (rys. 4), szczególnie dla gleb biellicowych.

Charakterystyczny jest wykres regresji prostoliniowej dla współzależności między zawartością w glebie łu koloidalnego a zawartością boru. Dla poziomego akumulacyjnego proste regresji wykazują wprawdzie wyraźnie nierównoległy układ (rys. 5), a dla gleb brunatnych nawet nie udowodniono tej zależności (współczynnik korelacji nie był istotny,  $r = 0,24$  przy  $r_t = 0,28$ ).

Przeciętna zawartość boru przyswajalnego w trzech typach gleb może w poziomie akumulacyjnym zmieniać się niejednakowo (rys. 5). W madach przeciętna zawartość tego składnika wzrasta tylko nieznacznie ze zmianą zawartości łu koloidalnego. Nieco silniejszy wzrost zawartości boru zdarza się w czarnych ziemiach, natomiast możliwy jest duży wzrost jego zawartości przy zmianie zawartości łu koloidalnego w glebach biellicowych. Proste regresji wyznaczone dla poziomów położonych pod poziomem akumulacyjnym są prawie idealnie równoległe, przy tym równania regresji są identyczne dla gleb brunatnych i biellicowych (rys. 6). Można zatem wnioskować, że w poziomie akumulacyjnym zawartość boru w glebie w dużym stopniu jest zróżnicowana również przez inny czynnik, np. zawartość próchnicy, agrotechnikę itp. W poziomach położonych głębiej zmiany w zawartości boru w glebie odpowiadają prawie idealnie odpowiednim zmianom w zawartości łu koloidalnego.





Rys. 5. Regresja prostoliniowa między zawartością iłu koloidalnego w glebie a zawartością boru (poziom akumulacyjny)

Rectilinear regression between colloidal clay and boron content in soil (accumulation horizon)

Rys. 6. Regresja prostoliniowa między zawartością iłu koloidalnego w glebie a zawartością boru (poziomy pod poziomem akumulacyjnym)

Rectilinear regression between colloidal clay and boron content in soil (horizons below accumulation horizon)

M i e d ź. W obliczeniach stopnia korelacji między zawartością miedzi w glebie a innymi jej własnościami udowodnioną współzależność uzyskano tylko w połowie przypadków: na 20 wyliczonych współczynników korelacji uzyskano 10 istotnych, w tym 1 ujemny (tab. 4).

T a b e l a 4

Zestawienie współzależności między zawartością miedzi przyswajalnej a niektórymi właściwościami gleby

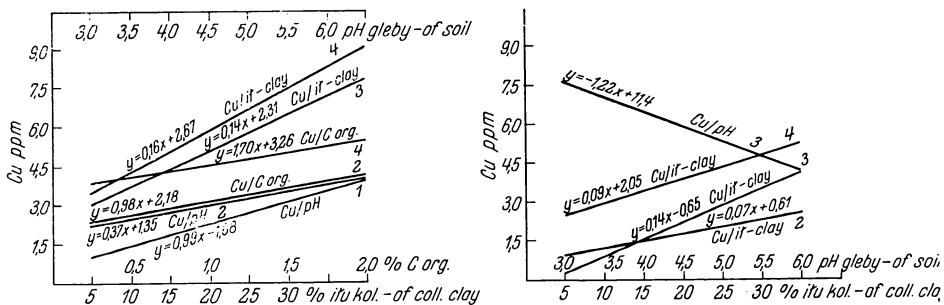
Correlation between available copper content and some soil properties

Współzależność - Correlation	Gleby brunatne Brown soils	Czarne ziemie Black earths	Gleby bielcowe Podzolic soils	Mady Alluvial soils
Poziom akumulacyjny - Accumulation horizon				
Węgiel organiczny/Cu - Organic carbon/Cu	+	0	0	+
Ił koloidalny/Cu - Colloidal clay/Cu	0	+	0	+
pH gleby/Cu - pH of soil/Cu	+	0	+	0
Poziomy głębsze - Deeper horizons				
Ił koloidalny/Cu - Colloidal clay/Cu	+	+	0	+
pH gleby/Cu - pH of soil/Cu	0	0	0	-

Istotny związek zawartości węgla organicznego w glebie z miedzią przyswajalną stwierdzono tylko dla gleb brunatnych ( $r = 0,30$ ,  $r_t = 0,28$ ) i mad ( $r = 0,55$ ,  $r_t = 0,28$ ). W pozostałych dwóch typach gleb stwierdzono tendencje do podobnej zależności. Uzyskane współczynniki korelacji dodatniej były jednak mniejsze od krytycznych wartości dla  $r_t$ . Współzależność zawartości miedzi przyswajalnej w glebie i ładu koloidalnego jest również dość wyraźna, chociaż nie zawsze udowodniona. Na 8 liczonych współczynników korelacji dla tej współzależności uzyskano 5 istotnych współczynników dodatnich: dla poziomu akumulacyjnego czarnych ziem  $r = 0,40$  ( $r_t = 0,30$ ) i dla mad  $r = 0,57$  ( $r_t = 0,28$ ) oraz dla poziomów niżej położonych w przypadku gleb brunatnych  $r = 0,43$  ( $r_t = 0,28$ ), czarnych ziem  $r = 0,63$  ( $r_t = 0,30$ ) i mad  $r = 0,50$  ( $r_t = 0,28$ ). Dla głębszych poziomów jedynie w przypadku gleb bielcowych uzyskano nieistotny dodatni współczynnik korelacji.

W wyliczeniach dotyczących współzależności zawartości miedzi w glebie i jej pH nie uzyskano jasnego obrazu. Dodatnie współczynniki korelacji uzyskano dla poziomu akumulacyjnego gleb brunatnych ( $r = 0,35$ ,  $r_t = 0,28$ ) i gleb bielcowych ( $r = 0,36$  przy  $r_t = 0,30$ ), a dla czarnych ziem i mad uzyskano nieistotne współczynniki korelacji. Dla poziomów położonych poniżej poziomu akumulacyjnego uzyskano tylko jeden istotny współczynnik korelacji, mianowicie współczynnik ujemny dla mad ( $r = -0,32$  przy  $r_t = 0,28$ ).

Podobne tendencje zaznaczyły się również dość silnie w glebach bielcowych oraz w mniejszym stopniu w pozostałych dwóch typach gleb.



Rys. 7. Regresja prostoliniowa między zawartością węgla organicznego, ładu koloidalnego i jej pH a zawartością miedzi (poziom akumulacyjny)

Rectilinear regression between organic carbon, colloidal clay content in soil, its pH and copper content (accumulation horizon)

Rys. 8. Regresja prostoliniowa między zawartością ładu koloidalnego w glebie i jej pH a zawartością miedzi (poziomy pod poziomem akumulacyjnym)

Rectilinear regression between colloidal clay content in soil, its pH and copper content (horizons below accumulation horizon)

Z wykresów regresji prostoliniowej wynika, że najwyraźniej może zmieniać się zawartość w glebie miedzi przyswajalnej w miarę zmian w zawartości iłu koloidalnego zarówno w poziomie akumulacyjnym (rys. 7), jak i w poziomach położonych głębiej (rys. 8). W znacznie mniejszym stopniu zmiany w zawartości miedzi przyswajalnej zależą od zawartości węgla organicznego lub pH gleby, przy tym w przypadku poziomów profilów położonych pod poziomem akumulacyjnym stwierdzono tę możliwość tylko dla mad. Przy wzroście jednak pH gleby zawartość miedzi spada.

**M a n g a n.** W obliczeniach współczynników korelacji dla manganu aktywnego i rozpatrywanych własności gleby na 20 liczonych współczynników uzyskano tylko 9 istotnych, w tym 3 ujemne (tab. 5). Związek

T a b e l a 5

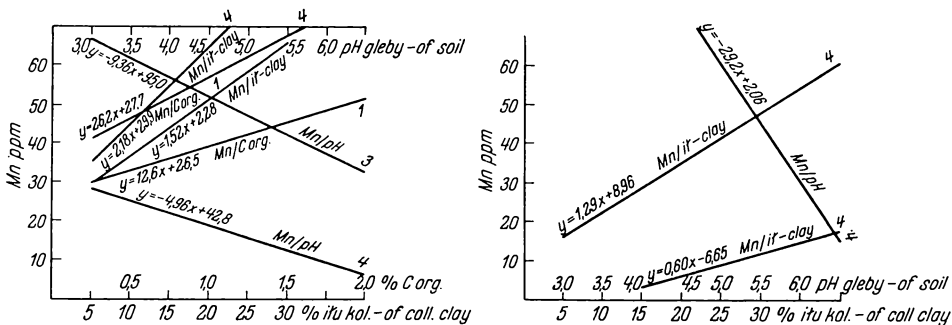
Zestawienie współzależności między zawartością manganu aktywnego a niektórymi  
właścwościami gleby  
Correlation between active manganese content and some soil properties

Współzależność - Correlation	Gleby brunatne Brown soils	Czarne ziemie Black earths	Gleby biellicowe Podzolic soils	Mady Alluvial soils
Poziom akumulacyjny - Accumulation horizon				
Węgiel organiczny/Mn - Organic carbon/Mn	0	0	+	+
Ił koloidalny/Mn - Colloidal clay/Mn	0	0	+	+
pH gleby/Mn - pH of soil/Mn	0	-	0	-
Poziomy głębsze - Deeper horizons				
Ił koloidalny/Mn - Colloidal clay/Mn	0	+	0	+
pH gleby/Mn - pH of soil/Mn	0	0	0	-

zawartości w glebie węgla organicznego i manganu aktywnego stwierdzono tylko dla gleb biellicowych ( $r = 0,38$  przy  $r_t = 0,30$ ) i mad ( $r = 0,51$  przy  $r_t = 0,28$ ). Dla gleb brunatnych i czarnych ziem stwierdzono tylko podobne tendencje. Można też wnioskować o istotnej tendencji współzależności między zawartością iłu koloidalnego w glebie a zawartością manganu aktywnego, gdyż na 8 liczonych uzyskano 4 dodatnie współczynniki korelacji: dla poziomu akumulacyjnego w przypadku gleb biellicowych ( $r = 0,31$  przy  $r_t = 0,30$ ) i dla mad ( $r = 0,48$  przy  $r_t = 0,28$ ) oraz dla poziomów położonych głębiej w przypadku czarnych ziem ( $r = 0,45$  przy  $r_t = 0,30$ ) i dla mad ( $r = 0,50$  przy  $r_t = 0,28$ ). W pozostałych przypadkach występowały tendencje do podobnej współzależności.

Charakterystyczny jest związek między pH gleby a zawartością manganu aktywnego. Występują tu tendencje do zależności ujemnych, przy tym udowodniono tę zależność w trzech na 8 badanych przypadków. W poziomie akumulacyjnym uzyskano współczynnik korelacji  $r = -0,40$  ( $r_t = 0,30$ ) dla czarnych ziem, a dla mad  $r = -0,36$  ( $r_t = 0,28$ ), w poziomach położonych głębiej tylko dla mad  $r = 0,47$  (przy  $r_t = 0,28$ ).

Z wykresu regresji prostoliniowej wynika, że zmiany w zawartości manganu aktywnego w glebie są różne w zależności od ilości łu koloidalnego i węgla organicznego. Zmiany te kształtują się niejednakowo dla poszczególnych typów gleb. Istotne jest natomiast zmniejszenie się zawartości manganu aktywnego w glebie w miarę wzrostu jej pH (rys. 9). Dla poziomów profilu położonych pod poziomem akumulacyjnym przedstawiono odpowiednie wykresy, z których wynika, że przy wzroście zawartości łu koloidalnego wzrasta również zawartość manganu aktywnego, a przy wzroście pH gleby zawartość manganu szybko spada (rys. 10).



Rys. 9. Regresja prostoliniowa między zawartością węgla organicznego w glebie, łu koloidalnego w glebie i jej pH a zawartością w niej magnezu (poziom akumulacyjny)

Rectilinear regression between organic carbon, colloidal clay content in soil, its pH and manganese content (accumulation horizon)

Rys. 10. Regresja prostoliniowa między zawartością łu koloidalnego w glebie i jej pH a zawartością manganu (poziomy pod poziomem akumulacyjnym)

Rectilinear regression between colloidal clay content in soil, its pH and manganese content (horizons below accumulation horizon)

**M o l i b d e n.** Spośród badanych czterech mikrośladników zawartość molibdenu przyswajalnego w glebach jest najmniejsza, stąd prawdopodobnie współzależność jego zawartości z innymi badanymi własnościami gleby jest trudna do udowodnienia. Na 20 liczonych współczynników korelacji uzyskano tylko 6 współczynników istotnych (tab. 6).

Związek zawartości molibdenu w glebie z zawartością węgla organicznego stwierdzono tylko w przypadku gleb bielocowych ( $r = 0,46$  przy

T a b e l a 6

Zestawienie współzależności między zawartością molibdenu przyswajalnego a niektórymi właściwościami gleby

Correlation between available molybdenum content and some soil properties

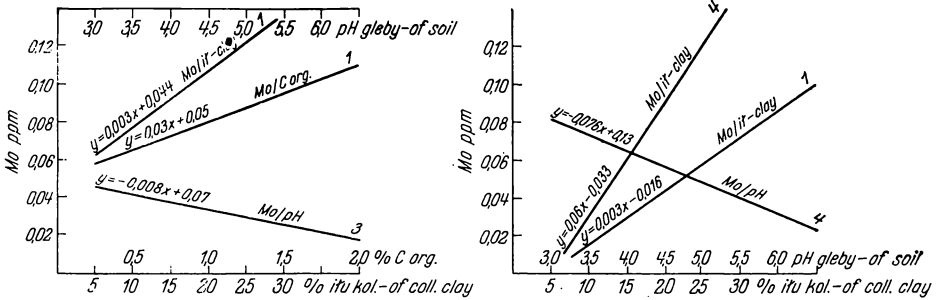
Współzależność - Correlation	Gleby brunatne Brown soils	Czarne ziemie Black earths	Gleby bielcowe Podzolic soils	Mady Alluvial soils
Poziom akumulacyjny - Accumulation horizon				
Węgiel organiczny/Mo - Organic carbon/Mo	0	0	+	0
Ił koloidalny/Mo - Colloidal clay/Mo	0	0	+	0
pH gleby/Mo - pH of soil /Mo	0	-	0	0
Poziomy głębsze - Deeper horizons				
Ił koloidalny/Mo - Colloidal clay/Mo	0	+	+	0
pH gleby/Mo - pH of soil/Mo	0	-	0	0

$r_t = 0,30$ ). Podobne tendencje występują również w wyliczeniach dla pozostałych trzech typów gleb.

Uzyskane wyniki obliczeń wskazują na istnienie związku między zawartością iłu koloidalnego a zawartością molibdenu przyswajalnego w glebie. Dla poziomu akumulacyjnego gleb bielcowych uzyskano bowiem współczynnik korelacji  $r = 0,29$  przy  $r_t = 0,30$ , a dla poziomów głębiej położonych  $r = 0,56$  przy  $r_t = 0,30$ . W poziomach głębszych czarnych ziem ten sam współczynnik wynosi  $r = 0,36$  przy  $r_t = 0,30$ . Podobne tendencje w obliczeniach tych zależności stwierdzono w pozostałych typach gleb.

Niejasne wyniki otrzymano dla współzależności między zawartością w glebie molibdenu przyswajalnego a jej pH. W wyliczeniach dla poziomu akumulacyjnego uzyskano tylko jeden istotny współczynnik korelacji, mianowicie dla czarnych ziem  $r = -0,53$  (przy  $r_t = 0,30$ ), a dla głębszych poziomów  $r = -0,44$  przy tej samej krytycznej wartości  $r_t$ . Podobne tendencje stwierdzono również w innych przypadkach, co świadczyłoby o istnieniu związku między zawartością w glebie molibdenu przyswajalnego a jej pH.

Z wykresów regresji prostoliniowej wynika, że wraz ze zmianami w zawartości iłu koloidalnego i węgla organicznego w glebie mogą występować zmiany w zawartości molibdenu przyswajalnego (rys. 11), co w odniesieniu do iłu jest szczególnie wyraźne dla poziomów głębszych. Zawartość molibdenu w glebie odpowiednio wzrasta wraz z większą za-



Rys. 11. Regresja prostoliniowa między zawartością węgla organicznego, iłu koloidalnego w glebie i jej pH a zawartością w niej molibdenu (poziom akumulacyjny)

Rectilinear regression between organic carbon, colloidal clay content in soil, its pH and molybdenum content (accumulation horizon)

Rys. 12. Regresja prostoliniowa między zawartością iłu koloidalnego w glebie i jej pH a zawartością molibdenu (poziomy pod poziomem akumulacyjnym)

Fig. 12. Rectilinear regression between colloidal clay content in soil, its pH and molybdenum content (horizons below accumulation horizon)

wartością iłu koloidalnego. Natomiast w miarę wzrostu pH gleby występują tendencje do odpowiednio mniejszej zawartości molibdenu zarówno w poziomie akumulacyjnym, jak i w poziomach głębiej położonych (rys. 12).

#### PODSUMOWANIE WYNIKÓW I WNIOSKI

Przenoszenie uzyskanych wyników na różne warunki klimatyczno-glebowe i na inne typy gleb byłoby na pewno za dużym uproszczeniem; wykonane jednak obliczenia korelacyjne pozwalają na usystematyzowanie badanych współzależności. W świetle wykonanych obliczeń korelacyjnych można wstępnie wnioskować, że zawartość badanych składników w glebie jest najsilniej skorelowana z zawartością iłu koloidalnego. Współzależność tych własności jest szczególnie wyraźna w poziomach genetycznych położonych pod poziomem akumulacyjnym, gdzie w globalnym ujęciu w 75% przypadków uzyskano dodatnią korelację, a w odniesieniu do magnezu i boru w 100%. Łącznie dla wszystkich poziomów genetycznych istotne współczynniki korelacji dla zawartości iłu koloidalnego i badanych składników w glebie uzyskano 68% przypadków, gdy tymczasem w globalnym ujęciu dla węgla organicznego uzyskano 55% istotnych współczynników, a dla pH gleby tylko 30%. Odpowiedni udział istotnych współczynników korelacji dla iłu koloidalnego i badanych składników w odniesieniu tylko do poziomu akumulacyjnego wynosi 60%.

Uzyskane wyniki pozwalają zatem na wstępne przyjęcie hipotezy, że zawartość w glebie magnezu i rozpatrywanych czterech mikroelementów jest dość silnie skorelowana z wartością ładu koloidalnego w glebie, co szczególnie wyraźnie można stwierdzić w poziomach genetycznych, położonych pod poziomem akumulacyjnym. Nieco słabsza współzależność tych cech, stwierdzona w poziomie akumulacyjnym, spowodowana jest dodatkowymi czynnikami, jak zawartość próchnicy oraz wszystkie zabiegi agrotechniczne. Stwierdzono również dość wyraźną współzależność między zawartością próchnicy i badanych składników w glebie. Ta współzależność w ramach rozpatrywanych zbiorów liczb jest tylko nieznacznie słabsza niż w przypadku ładu koloidalnego w poziomie akumulacyjnym, znacznie jednak słabsza niż w przypadku ładu koloidalnego w poziomach głębszych.

W stosunkowo małej liczbie przypadków stwierdzono udowodniony związek między pH gleby a zawartością badanych składników. Wydaje się zatem, że zawartość badanych składników z wyjątkiem manganu jest raczej funkcją zawartości ładu koloidalnego w glebie. Opinia ta może w znacznym stopniu dotyczyć również węgla organicznego, z reguły bowiem gleby cięższe zawierają więcej węgla organicznego niż gleby lekkie.

Przyjmując, że współczynnik korelacji  $r > 0,5$ , świadczy o silnym związku badanych par cech,  $r = 0,3-0,5$  o średnim i  $r < 0,3$  o słabym związku, zestawienie uzyskanych wyników, ujęte osobno dla poszczególnych składników, umożliwi sformułowanie następujących wniosków:

— zawartość w glebie magnezu przyswajalnego jest bardzo silnie skorelowana z zawartością ładu koloidalnego, w mniejszym stopniu z zawartością węgla organicznego i w stosunkowo słabym stopniu i to tylko w nielicznych przypadkach z pH gleby.

— zawartość w glebie boru przyswajalnego jest w niektórych przypadkach silnie skorelowana z zawartością węgla organicznego, a we wszystkich badanych — przynajmniej średnio. Tylko nieznacznie mniejszy stopień korelacji stwierdzono między zawartością boru a ładem koloidalnym, natomiast z pH gleby zawartość boru skorelowana jest tylko nieznacznie;

— zawartość miedzi przyswajalnej w glebie wykazuje średni związek z zawartością ładu koloidalnego oraz bardzo mały z zawartością węgla organicznego i pH gleby;

— zawartość w glebie manganu aktywnego jest w małym stopniu skorelowana z zawartością ładu koloidalnego i węgla organicznego, a z pH gleby wykazuje korelację ujemną, jednak nie we wszystkich przypadkach jest ona istotna;

— zawartość w glebie molibdenu przyswajalnego jest tylko w małym

stopniu skorelowana z badanymi własnościami gleby, przy tym stosunkowo wyraźniejsza współzależność widoczna jest z zawartością ilu koloidalnego.

#### LITERATURA

- [1] Adamus M., Boratyński K., Szerszeń L.: Badania nad zawartością magnezu w glebie. Cz. IV. Rozmieszczenie magnezu przyswajalnego w profilach lekkich gleb Zakładu Doświadczalnego Laskowice Oławskie. Roczn. Glebozn., t. 14, 1964, z. 1, s. 43-51.
- [2] Andruszczak E., Czuba R.: Niektóre parametry zasobności brunatnych gleb województwa wrocławskiego. Roczn. Glebozn., dodatek do t. 15, s. 417-420.
- [3] Bergmann W.: Die Bedeutung der Nährstoffuntersuchungen der Böden für die Bodenfruchtbarkeit. Deutsche Akademie der Landwirtschaftswissenschaften in Berlin, DDR, Sitzungsberichte, t. 14, z. 9, s. 25.
- [4] Boratyński K., Roszykova S., Ziętecka M.: Badania nad zawartością magnezu w glebie. Cz. III. Odczyn oraz wielkość sorpcji gleby a zawartość magnezu. Roczn. Glebozn., t. 14, 1964, z. 1, s. 27-41.
- [5] Borkowski J.: Gleby brunatne Sudetów. Zagadnienia przyrodniczo-rolnicze w Sudetach, z. 12, Kraków 1966, s. 29-93.
- [6] Chochłowa T. I.: Soderżanie i raspriedielenije mikroelementow w poczwach Kuznieckoj lesostepi. Poczwowiedien., 1/1967, s. 59-66.
- [7] Czekalski A., Kociałkowski Z.: Zawartość niektórych mikroelementów w glebach Wielkopolski. Roczn. Glebozn., dodatek do t. 15, 1965, s. 273-281.
- [8] Czuba R., Włodarczyk Z.: Wstępna ocena zależności zasobności gleb od ich wartości użytkowej i poziomu nawożenia. Post. Nauk Roln., nr 4, 1963, s. 31-37.
- [9] Gey S., Runge P., Klemm K., Ebeling R., Bergmann W.: Orientierender Überblick über die Versorgung der Ackerböden der Bezirke Dresden, Leipzig und Karl-Marx-Stadt mit Bor, Kupfer, Mangan und Molybdän. Albrecht-Thaer-Archiv, 1967, t. 11, z. 9, s. 849-858.
- [10] Goralski J.: Zawartość przyswajalnego magnezu w glebach woj. warszawskiego ze szczególnym uwzględnieniem gleb lekkich. Roczn. Glebozn., t. 12, 1962, s. 203-213.
- [11] Kabata-Pendias A.: Niektóre pierwiastki śladowe w rędzinach woj. kieleckiego. Roczn. Glebozn., dodatek do t. 15, 1965, s. 251-260.
- [12] Kabata-Pendias A., Gałczyński B.: Rozmieszczenie pierwiastków śladowych w niektórych glebach piaszczystych regionu świętokrzyskiego. Roczn. Glebozn., dodatek do t. 15, 1965, s. 261-265.
- [13] Kowalski W. W., Mursaljew A., Gribowskaja J. R.: Rastwori-myje formy miedzi, molibdena i kobalta w niekatorych tipach poczw. Agrohimiya, 1, 1966, s. 87-99.
- [14] Lupinowicz J. S., Dubikowski G. P.: O zawisimosti sodierżanija mikroelementow ot mechaniczeskogo sostawa diernowopodzolistych poczw w BSSR. Agrohimiya, 12, 1966, s. 75-79.
- [15] Malicki L.: Tablice krytycznych wartości współczynnika korelacji. Roczn. Nauk Roln., 93-A-2, 1967, s. 393-402.



- [16] Schnorr H., Bergmann W.: Überblick über die Mikronährstoffversorgung der Böden der Bezirke Rostock, Schwerin und Neubrandenburg. I. Mitteilung: Die Mangan- und Kupferversorgung. Albrecht Thaer-Archiv, t. 11, 1967, z. 9, s. 839-847.
- [17] Selke W., Ortlepp H., Schrameier R., Wilberg E.: Über Beziehungen zwischen dem Mg-Gehalt und einigen für die Ertragsfähigkeit der brandenburgischen Böden bedeutungsvollen Eigenschaften. Zeitsch. für Landwirtschaft. Versuchs und Untersuchungswesen, t. 6, 1960, z. 4, s. 374-395.
- [18] Wakulin A. A., Szilin A. W.: O zawisimosti sodierzanija osnovnych elementow pitaniya w pieskach i poczwach pieszczanych teritorii Niżnogo Powoźa ot minieralnogo sostawa ich wysokodispersnoj frakcji. Poczwowiedien., 8, 1966, s. 65-68.

Р. ЧУБА, А. ЗАНЮК

## ИССЛЕДОВАНИЯ ПО РАСПРЕДЕЛЕНИЮ УСВОЯЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВЕННОМ ПРОФИЛЕ

### ЧАСТЬ III. ВЗАИМОЗАВИСИМОСТЬ МЕЖДУ СОДЕРЖАНИЕМ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА, КОЛЛОИДНОГО ИЛА В ПОЧВЕ И ЕЕ рН А СОДЕРЖАНИЕМ УСВОЯЕМОГО МАГНИЯ И НЕКОТОРЫХ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ

Агрохимическая Станция, Вроцлав

#### Резюме

В статье приведены результаты статистического (математического) вычисления взаимозависимостей между содержанием в почве органического углерода, коллоидного ила и рН почвы а содержанием магния, бора, меди, усвояемого молибдена и активного марганца. Для математической обработки были взяты результаты химического анализа почв репрезентирующих четыре почвенные типы на территории Вроцлавского воеводства: бурые пахотные почвы, черные (темноцветные) пахотные почвы, подзолистые пахотные почвы и мады. Вычисление коэффициентов корреляции и регрессии проводилось отдельно для каждого почвенного типа, отдельно для аккумуляционных горизонтов и отдельно для остальных горизонтов почвенного профиля. Генетические горизонты расположенные над горизонтом аккумуляции рассматривались при вычислениях совместно. Коэффициенты корреляции и регрессии вычислялись каждый раз для 42—50 пар признаков.

Результаты вычислений показали, что содержание усвояемого магния тесно коррелирует с содержанием коллоидного ила, в меньшей степени с содержанием органического углерода и в небольшой степени и только в немногих случаях с рН почвы.

Содержание в почвах усвояемого бора наиболее сильно коррелирует с содержанием органического углерода, затем с содержанием коллоидного ила, но с рН почвы коррелирует лишь минимально.

Усвояемая медь характеризуется довольно четкой взаимозависимостью с содержанием коллоидного ила и небольшой степенью взаимозависимости с содержанием органического углерода и рН почвы.

Содержание в почве активного марганца коррелирует в небольшой степени с содержанием коллоидного ила и органического углерода, однако с pH почвы выявляет отрицательную корреляцию, хотя не во всех случаях это математически доказано.

Взаимозависимость между содержанием в почве усвояемого молибдена и изучаемыми почвенными свойствами достоверна лишь в немногих случаях. Более ясно выраженная взаимозависимость проявляется (рисуетя) по соотношении к содержанию коллоидного ила.

R. CZUBA, A. ZANIUK

## INVESTIGATIONS ON DISLOCATION OF AVAILABLE ELEMENTS IN SOIL PROFILES

### PART III. CORRELATION BETWEEN ORGANIC CARBON AND COLLOIDAL CLAY CONTENT IN SOIL, ITS pH AND CONTENT OF AVAILABLE MAGNESIUM AND SOME MICROELEMENTS

Agrochemical Station in Wrocław

#### Summary

In the work the results of statistical computations concerning correlation between the organic carbon and colloidal clay content in soil, its pH and magnesium, boron, copper, available molybdenum and active manganese content, are presented. To the statistical analysis the results of chemical tests of soils have been used, representative for four soil types on the territory of the Wrocław province, viz.: cultivated brown soils, cultivated black earths, cultivated podzolic soils and alluvial soils. The correlation and regression computations were conducted separately for particular soil types, separately for accumulation horizons and separately for remaining soil profile horizons. Genetic horizons situated below accumulation horizon were considered jointly at computations. The correlation and regression coefficients were computed each time for 42-50 couples of properties.

On the basis of obtained results of computations it has been stated that the available magnesium content showed close correlation with the colloidal clay content, less close one with the organic carbon content and loose correlation, occurring only rarely, with pH of soil.

The available boron content in soil showed the closest correlation with the organic carbon content and then with colloidal clay content, while only an insignificant correlation with pH of soil.

Available copper characterizes itself with rather close correlation with the colloidal clay content and loose one with the organic carbon and pH of soil.

The active manganese content in soil is only loosely correlated with the colloidal clay and organic carbon content, while with pH of soil it shows negative correlation, although it has not been stated in all the cases.

The correlation between the available molybdenum content and the soil properties investigated has been proved only in few cases. This correlation is marked more clearly in the case of the colloidal clay content.

*Wpłynęło do redakcji w maju 1968 r.*