

PIOTR SKŁODOWSKI

ROZMIESZCZENIE SIARKI W PROFILACH GLEBOWYCH
NIEKTÓRYCH TYPÓW GLEB POLSKI

Katedra Gleboznawstwa Politechniki Warszawskiej

Mamy stosunkowo mało badań dotyczących zawartości siarki i jej rozmieszczenia w profilach glebowych oraz form, w jakich ona występuje. Największe ilości siarki stwierdzono na zalewanych bagnistych obszarach, gdzie występują duże nagromadzenia siarczków, oraz w glebach słonych, mających duże ilości siarczanów. Duże ilości siarki stwierdzono w glebach pochodzenia organicznego. Ilości jej w tych glebach dochodzą nawet do 4%. Niektóre gleby wapienne charakteryzuje dość wysoka zawartość siarki [28].

W glebach strefy umiarkowanej zawartość siarki waha się najczęściej w granicach od 0,01 do 0,15%. Greavers i Gardner [11] stwierdzili w zbadanych rejonach USA od 0,001 do 0,049%. S. Williams i Steinbergs [29] podają, że zawartość siarki w niektórych glebach Australii wynosiła od 0,009 do 0,186%. Hesse [12] badając gleby leśne wschodniej Afryki stwierdził, że zawartość siarki wynosiła średnio 0,035% i obniżała się w miarę głębokości. Walker i inni [27] badając 22 gleby łąkowe Nowej Zelandii stwierdzili, że zawartość siarki wahała się od 0,028 do 0,091% (średnio ok. 0,040%). Koter i inni [16] stwierdzili, że zawartość siarki w niektórych glebach mineralnych województwa olsztyńskiego waha się w granicach 8,4—63,8 mg/100 g gleby i wynosi średnio 21,6. Gleby torfowe wykazują natomiast znacznie więcej siarki niż mineralne i zawierają jej od 203,1 do 440,6 mg/100 g s.m. torfu. Nowosielski podaje [22], że zawartość siarki w niektórych glebach mineralnych Polski wynosi od 0,007 do 0,025%.

Jak twierdzi wielu autorów, siarka w wierzchnich warstwach gleb strefy umiarkowanej występuje głównie w formie związków organicznych [1, 7, 9, 12, 14, 17, 18, 26, 28]. Badacze ci podają zawartość siarki

organicznej dla różnych gleb i regionów, podkreślając że jej ilość zależy od obecności związków organicznych i maleje w miarę głębokości w tym samym stopniu jak ogólna zawartość węgla.

Ponadto w wierzchnich warstwach gleb strefy umiarkowanej poza siarką organiczną, która stanowi 70—90% ogólnej zawartości siarki, występuje w niewielkich ilościach siarka siarczanowa [10, 17, 28, 30].

Whitehead [28] uważa, że ilość siarki siarczanowej w wierzchnich warstwach gleb strefy umiarkowanej jest niewielka, ponieważ w klimacie umiarkowanym, gdzie jest całkowite przemywanie, wszystkie sole siarczanowe (siarczan magnezu, siarczan potasu, siarczan sodu, siarczan wapnia) z wyjątkiem siarczanów baru i strontu są dokładnie wymywane.

Frenney [10] badając gleby australijskie stwierdził, że tylko 6% siarki występuje jako siarczany zaadsorbowane i wolne. Jeszcze mniejsze ilości tych siarczanów w stosunku do ogólnej zawartości siarki stwierdzili Lowe i Delong [17].

Williams i Steinbergs [30] stwierdzają, że w glebach o normalnej wilgotności siarka siarczanowa w wierzchnich warstwach występuje albo w nierozpuszczalnych związkach z Ba, Sr, albo w postaci siarczanów zaadsorbowanych. Możliwe jest także osadzanie i okludowanie siarczanów przez CaCO_3 , co potwierdzają badania Raszewskiej [24].

Wielu badaczy stwierdza większą zawartość siarczanów w głębszych poziomach gleb niż w poziomach wierzchnich [2, 5, 8, 12, 13, 15, 21, 25]. Natomiast badania przeprowadzone przez Koterą i innych [16] wykazały, że zawartość siarczanów malała wraz z głębokością zarówno w glebach mineralnych, jak i torfowych.

Badania nad zawartością siarczanów w glebach były prowadzone głównie w USA. Ponieważ badacze oznaczali siarczany w różnych wyciągach (wodne, octanowe, fosforanowe i inne), dlatego też uzyskane wyniki są często rozbieżne.

Ensminger [8] badając różne gleby w stanie Alabama nie stwierdził zawartości siarczanów w poziomach próchnicznych gleb. W poziomie B zawartość siarczanów wahała się w granicach od 0,0 do 15,1 mg/100 g gleby, a w poziomie C od 0,0 do 19,0 mg/100 g gleby. W niektórych glebach nie stwierdzono siarczanów w całym profilu glebowym.

Jordan i Bardsley [13] stwierdzili w poziomach wierzchnich typowych czerwonożółtych gleb bielicowych południowo-wschodnich stanów USA nie więcej niż 0,3 mg siarki na 100 g gleby w postaci siarczanów (w wyciągu Morgana). Natomiast w miarę głębokości zawartość siarczanów wzrastała.

Kamprath i inni [15] stwierdzili w poziomach próchnicznych dwóch gleb 0,7 i 0,1 mg siarki siarczanowej na 100 g gleby. Neller [21] badając profile gleb w stanie Florida stwierdził, że zawartość siarczanów

w wierzchnich warstwach wahała się w granicach 0,00—0,45 mg/100 g gleby i była tym większa, im większa była w nich ilość części spławialnych.

S a n d f o r d i L a n c a s t e r [25] zbadali 27 gleb w stanie Missisipi i stwierdzili, że zawartość siarczanów w warstwie 0—15 cm wahała się w granicach od 0,55 do 2,69 mg/100 g, średnio 0,88 mg/100 g gleby. Zawartość ta była przeważnie większa w warstwach głębszych niż wierzchnich. Wyjątek pod tym względem stanowią gleby pyłowo-piaszczyste i piaski słabo gliniaste.

H e s s e [12] badając gleby leśne wschodniej Afryki stwierdził we wszystkich przypadkach, że górne warstwy gleb zawierały mało lub nie zawierały w ogóle siarczanów, chociaż zawierały dostateczne ilości siarki organicznej. W głębszych poziomach cała siarka była w formie siarczanów.

J o u i s i i n n i [14] badali zawartość siarczanów rozpuszczalnych w wodzie w rejonach nieuprzemysłowionych. Dla poszczególnych gleb w warstwie ornej stwierdzili oni następujące ilości siarki:

- gleby gliniaste 0,2—1,2 mg/100 g gleby,
- gleby piaszczyste 0,5 mg/100 g gleby,
- gleby torfowe 3,0—10,0 mg/100 g gleby.

L o w e i D e l o n g [17] w trzech glebach Quebecu stwierdzili 0,8, 1,0 i 1,4 mg siarki siarczanowej na 100 g gleby.

M e l l u n g i i n n i [19] ustalili, że zawartość siarczanów w glebach brazylijskich wahała się od 0,18 do 2,17 mg/100 g gleby.

Ponadto w wierzchnich warstwach gleb, jak stwierdza F r e n e y [10], mogą występować nieorganiczne związki siarki o niższym stopniu utlenienia niż siarczany (siarczki, wielosiarczki, siarczyny, tiosiarczany, siarka elementarna). Związki te jednak stanowią tylko ok. 1% ogólnej zawartości siarki.

CEL I METODYKA PRACY

Celem pracy było:

— zbadanie rozmieszczenia siarki ogółem, siarki organicznej i siarki siarczanowej w profilach glebowych czarnych ziem, czarnoziemów, gleb bielcowych i pseudobielcowych (siarkę siarczanową oznaczano w wyciągu 1% HCl i wyciągu KH_2PO_4 o stężeniu 500 ppm P),

— wyjaśnienie, w jaki sposób na zawartość różnych form siarki w poszczególnych poziomach genetycznych gleb wpływa zawartość związków organicznych w tych poziomach, ich skład mechaniczny, w szczególności zawartość części spławialnych oraz zawartość węglanu wapnia. Dlatego

też badania były przeprowadzone na glebach różniących się między sobą zawartością związków organicznych i węgla wapnia oraz wykazujących skład mechaniczny od piasków luźnych do ilów.

Badaniami objęto łącznie 68 profilów glebowych: 39 profilów czarnych ziem, 16 profilów czarnoziemów i 13 profilów gleb biellicowych i pseudobiellicowych. Badane czarne ziemie i czarnoziemy były pobrane z większych kompleksów tych gleb, położonych w różnych regionach Polski, natomiast badane gleby biellicowe i pseudobiellicowe pobrano z terenu województwa warszawskiego.

W naszych badaniach stosowano następujące metody:

- skład mechaniczny oznaczono metodą areometryczną Bouyoucosa, zmodyfikowaną przez Cassagrande'a i Prószyńskiego [20],
- zawartość CaCO_3 oznaczono metodą Scheiblera [23],
- ogólną zawartość węgla oznaczono metodą Tiurina [4],
- ogólną zawartość siarki oznaczono metodą turbidimetryczną wg Butters Chenery [5],

- zawartość siarki organicznej, otrzymanej przez spalenie z H_2O_2 wg Ewansa i Rosta [9], oznaczono metodą turbidimetryczną, którą opracowano podczas wykonywania tego tematu. Przebieg analizy jest następujący. Odważa się 1—2 g gleby (w zależności od zawartości próchnicy) uprzednio przemytej 1-procentowym HCl . Naważkę przenosi się ilościowo do kolbek stożkowych na 200 ml, dodaje ok. 20 ml 30-procentowego H_2O_2 i kolbki przykrywa szkiełkami zegarkowymi. Kolbki wraz z zawartością ogrzewa się do wrzenia. Gotowanie prowadzi się tak długo, aż cała substancja organiczna ulegnie utlenieniu (ok. 10 min od chwili zagotowania). Kolbki wraz z zawartością umieszcza się na łaźni piaskowej w celu odparowania pozostałości do sucha. Następnie po ostudzeniu do kolbek dodaje się 50 ml 1-procentowego NaCl i kolbki wraz z zawartością wytrząsa na mieszadle w ciągu pół godziny. Zawiesinę wiruje się przez 5 minut przy 4000 obrotach na minutę. 40 ml cieczy przenosi się do parowniczkii szklanej lub kwarcowej, dodaje 2—5 ml 30-procentowego H_2O_2 i parowniczkii wraz z zawartością umieszcza na łaźni wodnej w celu odparowania zawartości do sucha. Następnie parowniczkii wraz z suchą pozostałością umieszcza się w suszarce elektrycznej na przeciąg 1 godz w temperaturze 102°C w celu usunięcia nadmiaru H_2O_2 . Po schłodzeniu do pozostałości dodaje się 50 ml wody destylowanej i całą zawartość przencsi do probówek wirówkowych. Wiruje się jak poprzednio przez 5 min przy 4000 obr./min usuwając zawieszoną materię. 20—40 ml czystego, klarownego roztworu przenosi się do kolbki na 50 ml, dodaje 5 ml 50-procentowego kwasu octowego, 1 ml stężonego kwasu ortofosforowego i dokładnie miesza. Następnie dodaje się 1 g krystalicznego BaCl_2 i dalej postępuje podobnie jak przy oznaczaniu ogólnej zawartości siarki

w glebie. Wzorzec sporządza się w identyczny sposób dodając do kolbek miarowych na 50 ml zamiast wyciągu wzrastające ilości roztworu wzorcowego. Roztwór wzorcowy przygotowuje się przez rozpuszczenie 0,3844 g $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ w 1 litrze 1-procentowego NaCl. Stężenie S w 1 litrze takiego roztworu wynosi 50 mg. Dodaje się takie ilości tego roztworu, by zawartość S w kolbkach wynosiła: 0,0, 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5, 0,6, 0,8 i 1,0 mg. Zależność między zmętnieniem a odczytami jest liniowa. Do każdej serii oznaczeń należy sporządzać oddzielny wzorzec;

— zawartość siarczanów w wyciągu 1-procentowego HCl oznaczono metodą turbidimetryczną. Metoda ta została również opracowana podczas wykonywania tego tematu. Przebieg analizy jest następujący: 20 g gleby (przesianej przez sito o ϕ 1,0 mm) umieszcza się w kolbie stożkowej na 300 ml. Dodaje się 100 ml 1-procentowego HCl i wytrząsa na mieszadle w ciągu 30 min. Zawiesinę sączy się przez twardy sączonek odrzucając pierwsze krople przesączu. Do przesączu dodaje się ok. 0,25 g węgla aktywowanego Carbolpol D-4 i zawartość wytrząsa się przez 3 min, po czym sączy się ją jeszcze raz przez twardy sączonek. 20—40 ml przesączu przenosi się do kolbki miarowej na 50 ml, dodaje 5 ml 50-procentowego kwasu octowego, 1 ml kwasu „zarodkowego”, 1 ml kwasu ortofosforowego stężonego i dokładnie miesza. Następnie dodaje się ok. 1 g krystalicznego BaCl_2 i dalej postępuje się tak samo jak przy oznaczaniu ogólnej zawartości siarki w glebie wg metody Buttersa i Chenery [5].

Wzorzec sporządza się w identyczny sposób dodając do kolbek miarowych na 50 ml zamiast wyciągu wzrastające ilości roztworu wzorcowego. Roztwór wzorcowy przygotowuje się przez rozpuszczenie 0,2685 g CaSO_4 w roztworze 1-procentowym HCl i dopełnia tym kwasem do objętości 1 litra. Stężenie S w 1 ml takiego roztworu wynosi 0,05 mg. Dodaje się takie ilości tego roztworu, aby zawartość S w kolbkach wynosiła: 0,0, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5, 0,6, 0,8 i 1,0 mg. Zależność między zmętnieniem a odczytami jest liniowa. Do każdej serii oznaczeń należy sporządzać oddzielny wzorzec i ślepą próbę.

Odczytnikami były:

- 1-procentowy kwas solny,
- kwas „zarodkowy”, sporządzony przez rozpuszczenie 20 mg S w formie siarczanów w 1 litrze kwasu solnego (1 : 1),
- roztwór gumy arabskiej. 5 g gumy arabskiej rozpuszcza się w 1 litrze gorącej wody destylowanej i sączy na gorąco,
- BaCl_2 . Duże kryształy BaCl_2 rozciera się, a następnie przesiewa przez sita, aby uzyskać frakcję o wymiarach 1,0—0,3 mm,
- zawartość siarczanów dostępnych oznaczano metodą turbidimetryczną wg Ensmingera [8], zmodyfikowaną przez nas podczas wykonywania tego tematu. Modyfikacja metody polega na tym, że wyciąg dla

oznaczania siarczanów sporządzono podobnie jak w metodzie Ensmingera zalewając 20 g gleby 100 ml roztworu ekstrakcyjnego (500 ppm P w postaci KH_2PO_4) i wytrząsając pół godziny, natomiast zmieniono dalszy przebieg analizy; jest on obecnie taki sam jak przy oznaczaniu siarczanów w wyciągu 1-procentowego HCl.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

OGÓLNA ZAWARTOŚĆ SIARKI

Największe ilości siarki stwierdzono w poziomach próchnicznych zbadanych gleb. Zawartość siarki (S) w tych poziomach dla poszczególnych gleb wynosi średnio: czarne ziemie — 33,5, czarnoziemy — 28,3, gleby bielcowe i pseudobielcowe — 15,2 mg/100 g gleby. Należy jednak podkreślić, że zawartość siarki w poziomach próchnicznych zbadanych gleb waha się w dosyć szerokich granicach: czarne ziemie (12,5—120,6), czarnoziemy — 18,1—40,6, gleby bielcowe i pseudobielcowe — 6,2—25,0 mg/100 g gleby.

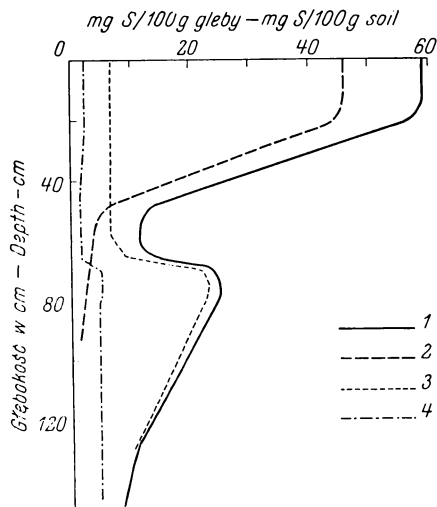
W poziomach przejściowych czarnych ziem i czarnoziemów oraz w poziomach wmycia i wymycia gleb bielcowych stwierdza się mniejsze ilości siarki. Zawartość siarki w tych poziomach wynosi średnio: w czarnych ziemiach — 20,6, w czarnoziemach — 16,3, a w glebach bielcowych — 2,6 mg/100 g gleby.

Najmniejsze ilości siarki stwierdza się w skałach macierzystych, z których czarne ziemie mają 10,6, czarnoziemy — 4,1 a gleby bielcowe — 2,1 mg/100 g gleby.

Z przedstawionych wyników można wyciągnąć wniosek, że zawartość siarki maleje z głębokością. Jest to głównie spowodowane zmniejszaniem się w miarę głębokości zawartości związków organicznych. Rozpatrując otrzymane wyniki bardziej szczegółowo można stwierdzić, że rozmieszczenie siarki w profilach glebowych poszczególnych gleb jest bardzo różne. Ilustrują to rysunki 1—14.

W czarnych ziemiach lekkich, nie zawierających węglanu wapnia, spadek zawartości siarki w profilach glebowych jest bardzo gwałtowny (rys. 4, 5). Natomiast w czarnych ziemiach ciężkich zawartość siarki w miarę głębokości zmniejsza się stopniowo (rys. 3, 6). Wpływ składu mechanicznego oraz zawartości węglanu wapnia na rozmieszczenie siarki w profilu glebowym jest szczególnie widoczny w przypadku czarnych ziem niecałkowitych (rys. 1, 2, 7, 8).

O rozmieszczeniu siarki w profilach glebowych czarnoziemów decyduje głównie miąższość poziomów próchnicznych i przejściowych oraz

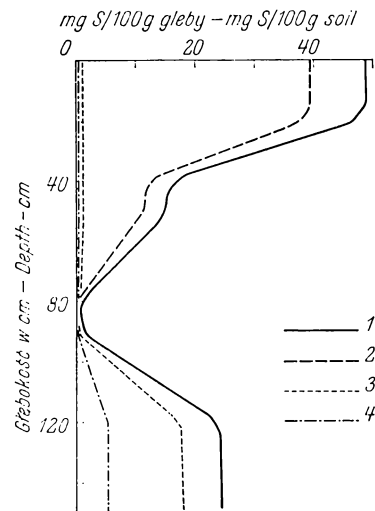


Rys. 1. Rozmieszczenie różnych form siarki w profilu glebowym czarnej ziemi ciężkiej, wytworzonej z gliny zwałowej średniej na glinie lekkiej pylastej (profil 14)

1 — siarka ogółem, 2 — siarka organiczna, 3 — siarka siarczanowa w 1-procentowym HCl, 4 — siarka siarczanowa w 500 ppm P

Distribution of various sulphur forms in the profile of heavy black earth developed of medium boulder loam underlain by light silty loam (profile 14)

1 — total sulphur, 2 — organic sulphur, 3 — sulphate S in 1% HCl, 4 — sulphate S in KH_2PO_4 in concentration of 500 ppm P explanation as in Fig. 1

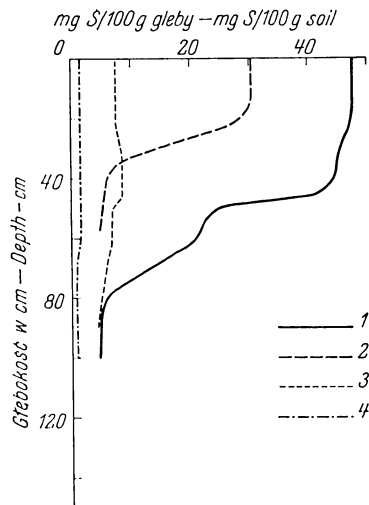


Rys. 2. Rozmieszczenie różnych form siarki w profilu glebowym czarnej ziemi ciężkiej pyłowej, wytworzonej z utworu pyłowego ilastego na piasku słabo gliniastym podścielonym ilem (profil 34)

objaśnienia jak w rys. 1

Distribution of various sulphur forms in the profile of heavy silty black earth developed of silty clayey formation on sand with slight loam admixture underlain by clay (profile 34)

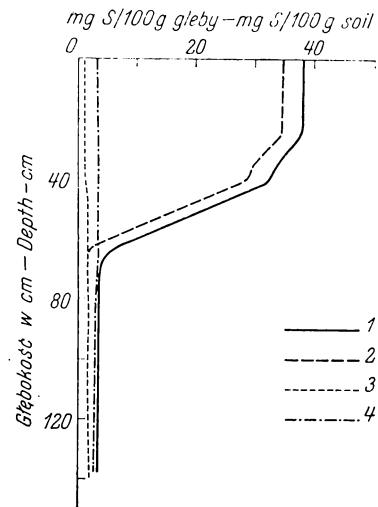
explanation as in Fig. 1



Rys. 3. Rozmieszczenie różnych form siarki w profilu glebowym czarnej ziemi z gliny lekkiej pylastej na utworze pyłowym ilastym podścielonym gliną średnią pylastą (profil 35)

objaśnienia jak w rys. 1

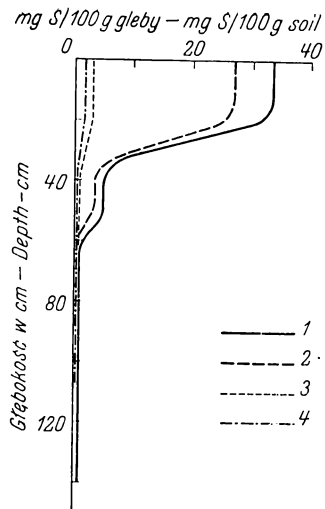
Distribution of various sulphur forms in the profile of black earth developed of light silty loam on silty clayey formation underlain by medium silty loam (profile 35)
 explanation as in Fig. 1



Rys. 4. Rozmieszczenie różnych form siarki w profilu glebowym czarnej ziemi wytworzonej z piasku gliniastego lekkiego na piasku słabo gliniastym (profil 25)

objaśnienia jak w rys. 1

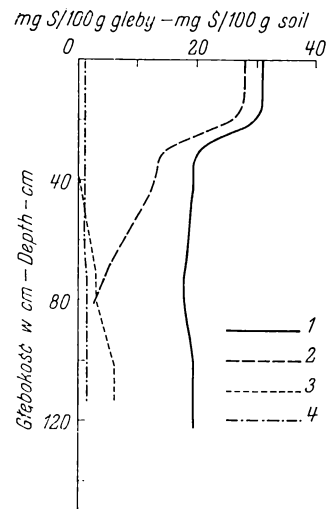
Distribution of various sulphur forms in the profile of black earth developed of light loamy sand underlain by sand with slight loam admixture (profile 25)
 explanation as in Fig. 1



Rys. 5. Rozmieszczenie różnych form siarki w profilu glebowym czarnej ziemi wytworzonej z gliny zwałowej lekkiej na piasku gliniastym pylastym podścielonym gliną zwałową lekką (profil 17)

objaśnienia jak w rys. 1

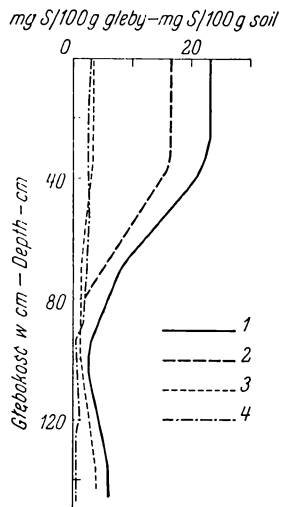
Distribution of various sulphur forms in the profile of black earth developed of light boulder loam on silty loamy sand underlain by light boulder loam (profile 17) explanation as in Fig. 1



Rys. 6. Rozmieszczenie różnych form siarki w profilu glebowym czarnej ziemi wytworzonej z gliny zwałowej ciężkiej (profil 20)

objaśnienia jak w rys. 1

Distribution of various sulphur forms in the profile of black earth developed of heavy boulder loam (profile 20) explanation as in Fig. 1

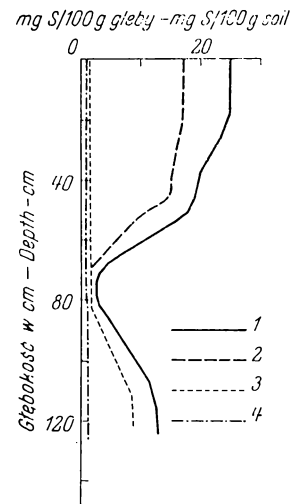


Rys. 7. Rozmieszczenie różnych form siarki w profilu glebowym czarnej ziemi utworzonej z utworu pyłowego na piasku gliniastym pylastym przewarstwionym piaskiem słabo gliniastym (profil 27)

objaśnienia jak w rys. 1

Distribution of various sulphur forms in the profile of black earth developed of silty formation on silty loamy sand underlain by sand with slight loam admixture (profile 27)

explanation as in Fig. 1

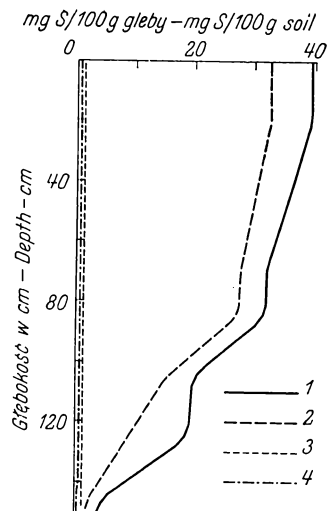


Rys. 8. Rozmieszczenie różnych form siarki w profilu glebowym czarnej ziemi utworzonej z gliny zwałowej średniej na piasku gliniastym podścielonym gliną zwałową średnią (profil 7)

objaśnienia jak w rys. 1

Distribution of various sulphur forms in the profile of black earth developed of medium boulder loam on loamy sand underlain by medium boulder loam (profile 7)

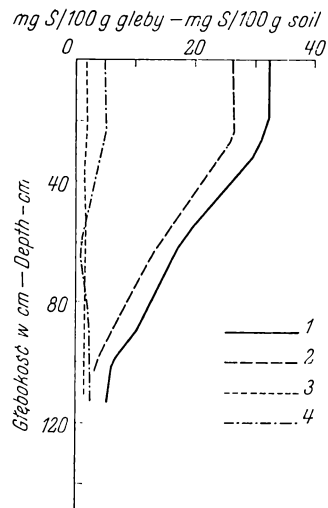
explanation as in Fig. 1



Rys. 9. Rozmieszczenie różnych form siarki w profilu czarnoziemiu wymywanego, wytworzonego z lessu ilastego (profil 13)

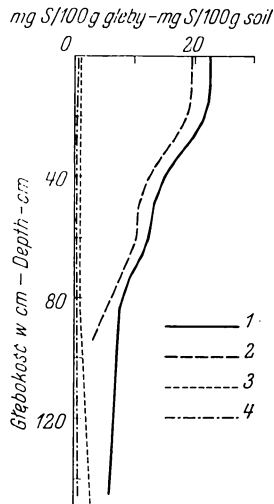
objaśnienia jak w rys. 1

Distribution of various sulphur forms in the profile of leached chernozem developed of silty loess (profile 13) explanation as in Fig. 1



Rys. 10. Rozmieszczenie różnych form siarki w profilu czarnoziemiu wytworzonego z lessu ilastego (profil 4) objaśnienia jak w rys. 1

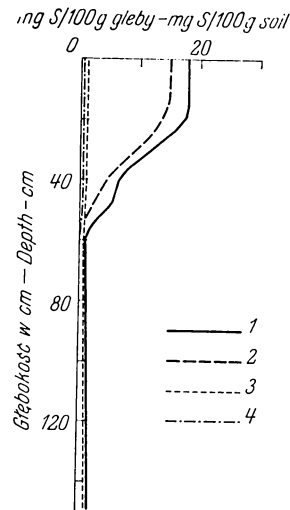
Distribution of various sulphur forms in the profile of chernozem developed of silty loess (profile 4) explanation as in Fig. 1



Rys. 11. Rozmieszczenie różnych form siarki w profilu glebowym czarnoziem wytworzonego z lessu ilastego (profil 10)

objaśnienia jak w rys. 1

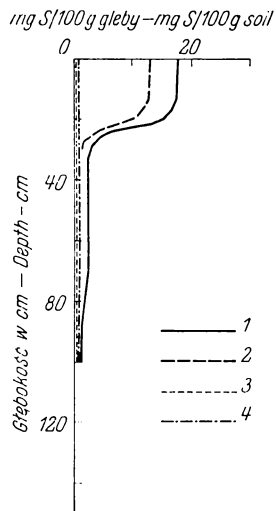
Distribution of various sulphur forms in the profile of chernozem developed of silty loess (profile 10)
 explanation as in Fig. 1



Rys. 12. Rozmieszczenie różnych form siarki w profilu czarnoziem zmywanego wytworzonego z lessu ilastego (profil 9)

objaśnienia jak w rys. 1

Distribution of various sulphur forms in the profile of leached chernozem developed of silty loess (profile 9)
 explanation as in Fig. 1

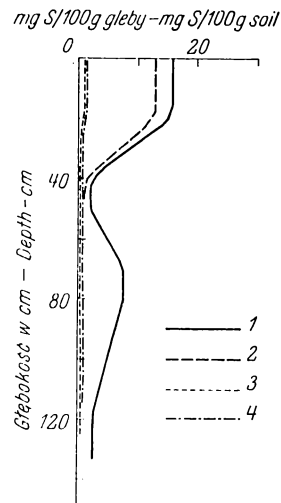


Rys. 13. Rozmieszczenie różnych form siarki w profilu gleby biellicowej uprawnej, wytworzonej z gliny zwałowej lekkiej pylastej (profil 11)

objaśnienia jak w rys. 1

Distribution of various sulphur forms in the profile of cultivated podzolic soil developed of light silty boulder loam (profile 11)

explanation as in Fig. 1



Rys. 14. Rozmieszczenie różnych form siarki w profilu gleby biellicowej uprawnej, wytworzonej z piasku gliniastego lekkiego na utworze pyłowym, podścielonym gliną lekką (profil 10)

objaśnienia jak w rys. 1

Distribution of various sulphur forms in the profile of cultivated podzolic soil developed of light loamy sand on silty formation underlain by light loam (profile 10)

explanation as in Fig. 1

zawartość związków organicznych (rys. 9, 10, 11, 12). Szczególnie duże różnice stwierdza się między czarnoziemami namywanymi i zmywanymi. W czarnoziemach namywanych o miąższych poziomach próchnicznych, dochodzących nieraz do głębokości 100 cm, zmniejszanie się zawartości siarki jest bardzo powolne i stopniowe (rys. 10). Natomiast w czarnoziemach zmywanych, mających bardzo płytkie poziomy próchniczne, przekraczające nieraz zaledwie 20 cm, spadek zawartości siarki jest bardzo gwałtowny (rys. 12).

W większości zbadanych gleb biellicowych zawartość siarki gwałtownie spada w poziomie wymycia na głębokości 20—40 cm i dalej w miarę głębokości utrzymuje się mniej więcej na jednakowym poziomie (rys. 13). Nie stwierdzono bowiem na ogół istotnych różnic w zawartości siarki między poziomami wymycia, wmycia i skały macierzystej. Tylko w dwóch glebach stwierdzono najpierw nagły spadek zawartości siarki w poziomie wymycia, a następnie pewien wzrost w poziomie wmycia (rys. 14). W pierwszym przypadku jest to gleba niecałkowita, wytworzona z piasku gliniastego lekkiego na utworze pyłowym, a w drugim — gleba całkowita wytworzona z gliny zwałowej lekkiej, zawierająca na głębokości 90—100 cm węglan wapnia.

Reasumując można stwierdzić, że o rozmieszczeniu siarki w profilu glebowym decydują następujące czynniki:

- zawartość związków organicznych,
- miąższość poziomów próchnicznych,
- zawartość węglanu wapnia oraz jego rozmieszczenie w profilu glebowym,
- skład mechaniczny poszczególnych poziomów, a w szczególności zawartość części spławialnych.

Należy ponadto podkreślić, że o zawartości siarki w poziomach próchnicznych decyduje głównie zawartość związków organicznych, natomiast w mniejszym stopniu skład mechaniczny tych poziomów i zawartość węglanu wapnia. Natomiast na ogólną zawartość siarki w skałach macierzystych decydujący wpływ wywiera skład mechaniczny tych poziomów i zawartość CaCO_3 .

SIARKA ORGANICZNA

W poziomach próchnicznych zbadanych gleb stwierdzono średnio następujące ilości siarki (S) organicznej: czarne ziemie — 26,3, czarnoziemmy — 23,3, gleby biellicowe i pseudobiellicowe — 11,5 mg/100 g gleby. Zawartość siarki organicznej w tych glebach maleje wraz z głębokością równoległe ze zmniejszaniem się w nich związków organicznych. Stwierdzono, że zawartość siarki organicznej w poziomach próchnicznych, jak i jej roz-

mieszczenie w profilach glebowych zależy głównie od zawartości węgla w poszczególnych poziomach genetycznych.

Rozmieszczenie siarki organicznej w niektórych profilach glebowych ilustrują rysunki 1—14.

SIARCZANY EKSTRAHOWANE 1-PROCENTOWYM HCl

Wśród zbadanych czarnych ziem, czarnoziemów i gleb bielcowych te ostatnie odznaczają się najmniejszą ilością siarczanów ekstrahowanych 1-procentowym HCl. W poziomach próchnicznych zawartość siarczanów (S) w wyciągu 1-procentowego HCl wynosi średnio: w czarnych ziemiach — 2,43, w czarnoziemach — 2,00, w glebach bielcowych — 0,84 mg/100 g gleby. Należy jednak podkreślić, że zawartość siarczanów w tych poziomach waha się w dosyć dużych granicach. Szczególnie duże wahania stwierdzono w przypadku czarnych ziem i czarnoziemów. Największe ilości siarczanów ekstrahowanych 1-procentowym HCl stwierdzono w poziomach próchnicznych czarnych ziem i czarnoziemów, które zawierały duże ilości węglanu wapnia. W poziomach próchnicznych przeciętnie 6—8% siarki występuje w postaci siarczanów.

Rozmieszczenie siarczanów ekstrahowanych 1-procentowym HCl w profilach glebowych czarnych ziem, czarnoziemów i gleb bielcowych jest bardzo różne. Ilustrują to rysunki 1—14.

W większości zbadanych czarnych ziem zawartość siarczanów wzrasta w miarę głębokości, przy czym w poziomach przejściowych stwierdza się podobne lub nieco większe ilości siarczanów jak w poziomach próchnicznych (średnio 2,74 mg/100 g gleby), natomiast w skałach macierzystych stwierdza się dużo większe ilości siarczanów (średnio 7,05 mg/100 g gleby). W glebach tych w miarę głębokości wzrasta także na ogół zawartość węglanu wapnia.

W zbadanych czarnoziemach zawartość siarczanów ekstrahowanych 1-procentowym HCl ulega pewnemu niewielkiemu obniżeniu w poziomach przejściowych w stosunku do poziomów próchnicznych (średnio 1,70 mg/100 g gleby), a następnie wzrasta w skałach macierzystych (średnio 2,58 mg/100 g gleby).

Natomiast w poziomach wymycia, wmycia i w skałach macierzystych gleb bielcowych stwierdza się na ogół mniejszą ilość siarczanów niż w poziomach próchnicznych. Zawartość siarczanów ekstrahowanych 1-procentowym HCl w tych poziomach wynosi średnio 0,57 mg/100 g gleby. Nie stwierdza się na ogół różnic w zawartości siarczanów między poziomami wymycia, wmycia i skały macierzystej. We wszystkich tych poziomach zawartość siarki siarczanowej jest mniej więcej na jednakowym poziomie (rys. 13, 14).

Należy podkreślić, że we wszystkich zbadanych glebach w miarę głębokości wzrasta procentowy udział siarki siarczanowej w stosunku do ogólnej zawartości siarki. W skałach macierzystych większości zbadanych gleb siarka jest głównie reprezentowana przez siarczany.

Na podstawie otrzymanych wyników można sądzić, że w przypadku czarnych ziem i czarnoziemów siarczany wymywane są z poziomów próchnicznych i osadzane w warstwach głębszych, przy czym wydaje się, że w procesie wymywania, jak i osadzania siarczanów ważną rolę odgrywa zawartość węglanu wapnia i jego rozmieszczenie w profilu glebowym. Jak bowiem podkreśla R a s z e w s k a j a [24] w glebach zawierających CaCO_3 siarczany występują przeważnie w postaci gipsu, przy czym często cząsteczki jego są okludowane przez węglan wapnia, a tym samym są nierozpuszczalne w wodzie. Natomiast w przypadku gleb bielcowych siarczany usuwane są z profilu glebowego przez wymywanie.

SIARCZANY EKSTRAHOWANE ROZTWOREM FOSFORANOWYM WG ENSMINGERA

Największe ilości siarczanów ekstrahowanych roztworem KH_2PO_4 o stężeniu 500 ppm P stwierdzono w poziomach próchnicznych zbadanych gleb. Zawartość siarczanów (S) w tych poziomach dla poszczególnych gleb wynosi średnio: w czarnych ziemiach — 1,77, w czarnoziemach — 1,35, w glebach bielcowych — 1,14 mg/100 g gleby.

W przeważającej większości gleb zawartość siarczanów w wyciągu fosforanowym maleje wraz z głębokością; dotyczy to zarówno czarnych ziem i czarnoziemów, jak również gleb bielcowych. Poziomy przejściowe czarnych ziem zawierają bowiem średnio 1,39, a czarnoziemów — 0,72 mg/100 g gleby, natomiast poziomy wymycia i wmycia gleb bielcowych przeciętnie — 0,75 mg/100 g gleby. Skały macierzyste zaś zawierają następujące ilości siarczanów ekstrahowanych roztworem fosforanowym: czarne ziemie — 1,26, czarnoziemy — 0,75, gleby bielcowe — 0,70 mg/100 g gleby.

Należy podkreślić, że w czarnych ziemiach i czarnoziemach stwierdzono mniejsze ilości siarczanów w wyciągu fosforanowym niż w wyciągu 1-procentowego HCl, natomiast odwrotnie w glebach bielcowych.

WNIOSKI

Na podstawie otrzymanych wyników można wyciągnąć następujące wnioski:

1. Ogólna zawartość siarki i siarki organicznej w badanych glebach maleje wraz z głębokością. Jest to głównie spowodowane zmniejszaniem się w miarę głębokości zawartości związków organicznych.

2. O rozmieszczeniu siarki w profilach glebowych decydują następujące czynniki:

- zawartość związków organicznych,
- miąższość poziomów próchnicznych,
- zawartość węglanu wapnia oraz jego rozmieszczenie w profilu glebowym,
- skład mechaniczny poszczególnych poziomów, a w szczególności zawartość części spławialnych.

3. W poziomach próchnicznych zbadanych gleb siarczany ekstrahowane 1-procentowym HCl stanowią 6—8% ogólnej zawartości siarki.

4. W czarnych ziemiach i czarnoziemach zawartość siarczanów ekstrahowanych 1-procentowym HCl wzrasta na ogół w miarę głębokości, natomiast w glebach bielcowych zawartość ich maleje wraz z głębokością. We wszystkich jednak zbadanych glebach w miarę głębokości wzrasta procentowy udział siarki siarczanowej w stosunku do ogólnej zawartości siarki.

5. W przeważającej większości zbadanych gleb zawartość siarczanów ekstrahowanych roztworem fosforanowym wg Ensmingera maleje wraz z głębokością.

LITERATURA

- [1] Ajginijan R. H.: Metod opriedieleniya wałowego koliczestwa siery w poczwach, mineralach, rastienijach i organiczeskich sojedinenijach. Poczwowiedien., 9, 1957, 49—59.
- [2] Ames J. W., Boltz G. E.: Sulfur in relation to soils and crops. Ohio Agr. Exp. Sta. Bul., 292, 1916.
- [3] Bear F. E.: Soils and fertilizers. New York 1954, John Wiley and Sons.
- [4] Bielczikowa N. P.: Opriedielenije gumusa poczwy pod mietodu Tiurina. Agrochimiz. metody issledowanija poczw. Moskwa 1954.
- [5] Butters B., Chenery E. M.: A rapid method for determination of the total sulphur in soils and plants. Analist., 84, 1959, 239—245.
- [6] Chensin L., Yien C. H.: Turbidimetric determination of available sulfates. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., t. 15, 1950.
- [7] Delong W. A., Lowe L. E.: Note on carbonbonted sulphur in soils. Canad. J. Soil Sci., t. 54, 1962, s. 223.
- [8] Ensminger L. E.: Some factors affecting the adsorption of sulfate by Alabama soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., t. 18, 1954.
- [9] Evans C. A., Rost C. O.: Total organic sulphur and humus sulphur of Minnesota soils. Soil Sci., t. 59, 1945, s. 125—137.
- [10] Freney J. R.: Some observation on the nature of organic sulphur compounds in soil. Austral. J. Agric. Res., t. 12, 1961.
- [11] Greavers J. E., Gardner W.: Is sulfur a limiting factor of crop production in some utach soil. Soil Sci., t. 27, 1929, s. 445—447.

- [12] Hesse P. R.: Sulphur and nitrogen changes in forest soils of East Africa. *Plant and Soil*, t. 9, 1957, s. 86—96.
- [13] Jordan H. V., Bardsley C. E.: Response of crops to sulphur on south-eastern soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, t. 22, 1958.
- [14] Jouis E., Lecacheux M. T.: Une méthode néphélométrique rapide pour le dosage du soufre dans les sols. Quelques résultats de dosages de soufre dans des sols de la Seine-Maritime. *Ann. Agron.*, t. 13, 1962, s. 483—489.
- [15] Kamprath E. J., Nelson W. L., Fitss J. W.: Sulphur removed from soils by field crops. *Agron. J.*, t. 49, 1957, s. 289—293.
- [16] Koter M., Grzesiuk W., Chodań J.: Zawartość siarki w niektórych glebach województwa olsztyńskiego. *Zeszyty Naukowe WSR Olsztyn*, t. 16, 1963, z. 2, s. 275—281.
- [17] Lowe L. E., DeLong W. A.: Aspects of the sulphur status in three Quebec soils. *Canad. J. Plant Sci.*, t. 44, 1961, s. 141.
- [18] Madanow P.: Sootnoszenija azota i siery w gumusie poczw stiepnogo mira. *Poczwowiedien.*, nr 6, 1946, s. 517—527.
- [19] Mellung A. C., Freitas M. M., Lott W. L.: Analyses of several Brazilian soils in relation to plant responses to sulphur. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, t. 23, 1959.
- [20] Musierowicz A.: Skład mechaniczny gleb i metody analizy mechanicznej. Warszawa, 1949, PIWR.
- [21] Neller J. R.: Extractable sulphate-sulphur in soil of Florida in relation to amount of clay in the profile. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, t. 23, 1959.
- [22] Nowosielski O.: Zagadnienie siarki dostępnej w glebach polskich. I. Zawartość siarki dostępnej w zależności od rodzaju gleby i nawożenia. *Roczn. Nauk Roln.*, t. 84-A-1, 1961, s. 36—62.
- [23] Piper C. S.: Analiza gleby i roślin. Warszawa, 1957, PWN.
- [24] Raszewskaja J. M.: K woprosu o mietodach opriedielenija sumy sulfatow w poczwach i ob obwołakiwanii gipsa karbonatami. *Poczwowiedien.*, t. 9, 1954, s. 72—74.
- [25] Sandford J. D., Lancaster J. D.: Biological and chemical evaluation of the readily available sulphur status of Mississippi soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, t. 26, 1962.
- [26] Starkey R.: Relation of microorganisms to transformations of sulphur in soils. *Soil Sci.*, t. 70, 1950, s. 55—65.
- [27] Walker T. W., Adams A. F.: Influence of phosphorus content of parent materials on accumulations of carbon, nitrogen, sulphur and organic phosphorus in grassland soils. *Soil Sci.*, t. 85, 1958, s. 307—318.
- [28] Whitehead D. C.: Soil and plant nutrition aspects of the sulphur cycle. *Soils and Fertilizers*, t. 27, 1964.
- [29] Williams C. H., Steibergs A.: Soil sulphur fractions as chemical indices of available sulphur in some Australian soils. *Austral. J. Agric. Res.*, t. 10, 1959.
- [30] Williams C. H., Steibergs A.: The evaluation of plant-a-vailable sulphur in soils. I. The chemical nature of sulphate in some Australian soils. *Plant and Soil*, t. 17, 1962, s. 279.

П. СКЛОДОВСКИ

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СЕРЫ В ПРОФИЛЕ НЕКОТОРЫХ ПОЧВЕННЫХ ТИПОВ
В ПОЛЬШЕ

Кафедра Почвоведения Варшавской Политехники

Резюме

Исследованию подлежали 68 разрезов почв: 39 разрезов черноземов и 13 разрезов подзолистых и псевдоподзолистых почв. Темноцветные почвы и черноземы были отобраны на крупных комплексах этих почв, залегающих в разных районах Польши, а подзолистые почвы — на территории Варшавского воеводства.

В названных почвах определяли:

- 1) механический состав,
- 2) содержание CaCO_3 ,
- 3) содержание общего углерода по методу Тюрина,
- 4) содержание серы по методу Butters, Chenery,
- 5) содержание органической серы, путем окисления H_2O_2 по турбидиметрическому методу Evans, Rost,
- 6) содержание сульфатов в вытяжке 1% HCl потурбидиметрическому методу и
- 7) содержание сульфатов в фосфатной вытяжке по Ensminger.

В гумусовом горизонте испытываемых почв обнаружены следующие валовые количества серы: темноцветные почвы — 33,5, черноземы — 28,3, подзолистые почвы 15,2 мг S на 100 г почвы.

Содержание органической серы в гумусовом горизонте исследованных почв составляло в среднем: темноцветные почвы — 26,3, черноземы — 23,3, подзолистые почвы — 11,5 мг S на 100 г почвы.

Валовое содержание серы в содержание органической серы с глубиной уменьшалось. Это было вызвано преимущественно уменьшением по мере углубления содержания органических соединений.

Распределение серы по почвенному профилю показало зависимость от следующих факторов:

- 1) содержание органических веществ,
 - 2) мощности гумусового горизонта,
 - 3) содержание CaCO_3 и
 - 4) механического состава,
- а особенно от содержания илистой фракции.

Установлено, что в гумусовом горизонте исследованных почв сульфаты извлекаемые 1% HCl составляют 6—8% от валового содержания серы.

В большинстве изучаемых темноцветных почв и черноземов содержание сульфатов извлекаемых 1% HCl увеличивалось с глубиной профиля, но в подзолистых почвах оно с глубиной понижалось.

В преобладающем числе исследованных почв содержание сульфатов в фосфатной вытяжке уменьшалось с глубиной профиля, это относится так к темноцветным почвам и черноземам, как и к подзолистым почвам.

Из темноцветных почв и черноземов фосфатной вытяжкой экстрагировалось меньшее количество сульфатов, чем вытяжкой 1% HCl, однако в подзолистых почвах обнаруживалось противоположное.

P. SKŁODOWSKI

SULPHUR DISTRIBUTION IN THE PROFILES OF SOME SOIL TYPES IN POLAND

Department of Soil Science Warsaw Technical University

Summary

The respective investigations comprised 68 soil profiles, including 39 black earth, 16 chernozem and 13 podzolic and pseudopodzolic soil profiles. The samples of the black earths and chernozems investigated have been taken from larger areas of these soils situated in different regions of Poland, the podzolic soil samples being taken from the areas of the province of Warsaw.

In the above soils the following determinations have been carried out:

- 1) mechanical composition,
- 2) CaCO₃ content,
- 3) total coal content, according to Tiurin's method,
- 4) sulphur content according to Butters and Chenery,
- 5) organic sulphur content by burning with H₂O₂ according to the turbidimetric method of Evans and Rost,
- 6) sulphate content in 1% HCl by the turbidimetric method,
- 7) sulphate content in phosphate extraction according to Ensminger.

In humus horizons of the soils investigated the following total sulphur amounts have been found: black earths — 33.5, chernozems — 28.3, podzolic soils — 15.2 mg S per 100 g of soil.

The organic sulphur content in humus horizons of the soils investigated averaged: in black earths — to 26.3, in chernozems — to 23.3, in podzolic soils — to 11.5 mg S per 100 g of soil.

The total sulphur and organic sulphur content decreased parallelly with the depth, first of all, due to a decrease of organic compounds with the depth.

The sulphur distribution in soil profile depended on the following factors:

- 1) content of organic compounds,
- 2) humus horizon thickness,
- 3) CaCO₃ content,
- 4) mechanical composition of particular horizons, and, first of all, silty particles content.

It has been stated that in humus horizons of the soils investigated the sulphates extractable with 1% HCl constitute 6—8% of total sulphur content.

In the majority of black earths and chernozems investigated the content of sulphates extractable with 1% HCl increased parallelly with the depth, while in podzolic soils their content decreased with the depth.

In the most part of the soils investigated the sulphate content in phosphate extraction decreased along with the depth increase; it is true both for black earths and chernozems as well as for podzolic soils.

In the case of black earths and chernozems less sulphate amounts have been detected in phosphate extract than in 1% HCl extract, inversely as in the case of podzolic soils.

Wpłynęło do redakcji w listopadzie 1967 r.

