

STANISŁAW ZĄBEK

*Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa
Oddział Śląski we Wrocławiu*

ŻELE TORFOWO-KRZEMOWE, ICH WŁAŚCIWOŚCI I MOŻLIWOŚCI STOSOWANIA NA GLEBY PIASZCZYSTE

Ilościowy wzrost substancji organicznej gleb uprawnych nawet w warunkach racjonalnej uprawy gleby jest procesem długim i powolnym. Jedynie w tych warunkach naturalnych (tereny niżej położone, duża ilość opadów) lub sztucznych (nawodnienia) w których przynajmniej w pewnych okresach możnaby zahamować proces tlenowego jej rozkładu ilościowy przyrost substancji organicznej jest znacznie szybszy, a polepszające się na tym tle wykorzystanie nawozów i opadów z perspektywy odległej w czasie zostaje znacznie przybliżone.

Substancje te której substratem są obumarłe szczątki organizmów żywych — roślin, drobnoustrojów, fauny glebowej, podlegają nieustannym przeobrażeniom w wyniku których osiągają formę amorficzną, koloidalną, tworzącą w obecności i przy współdziałaniu wody glebowej, niskoenergetyczne połączenia koordynacyjne (chelaty, ligandy) z kationami zaadsorbowanymi na koloidach mineralnych, będących produktem równoległe biegnącej hydratacji minerałów glebowych.

W rezultacie tych zmian i wzajemnych oddziaływań tworzy się koloidalna frakcja organo-mineralna która bezpośrednio bierze udział w odżywianiu się roślin i podczas wysychania cementuje cząstki gleby w agregaty wodoodporne. Skomplikowaną i zróżnicowaną budowę zależnie od właściwości genetycznych gleby i typologicznych procesów glebowych frakcję związków organo-mineralnych udaje się powoli lecz coraz bardziej dokładnie poznać jedynie w związku z postępowaniem metod fizycznych i fizykochemicznych w analizie związków wielkocząstkowych do których zaliczane połączenia organo-mineralne gleby.

Koch, Kay i Lange [5] postulując wzrost wydajności reakcji połączeń organo-mineralnych gleby, pod kątem zwiększenia wodoodporności agregatów glebowych, stosowali do gleby syntetyczne środki krzemowo-organiczne („silane”) o ogólnym wzorze $X_3Si(CH_2)_nY$, gdzie X i Y to grupy funkcyjne mineralne (halogenki) i organiczne — celem stworzenia pośredniego ogniwa wiążącego glinokrzemiany lub niektóre wodorotlenki glinu z syntetycznymi lub naturalnymi (kwasy huminowe) organicznymi produktami polimeryzacji. Skomplikowaną budowę koloidów organo-mi-

neralnych powietrza Dormarr [1] za pomocą mikrografów alkalicznego wyciągu z poziomu A_h czarnoziemiu, którego obraz w mikroskopie elektronowym zmienia się wprawdzie na skutek preparowania, tym niemniej daje pojęcie o zawłości jej budowy i rozwinięciu powierzchni właściwej, decydującej o procesie sorpcji kationów i anionów w środowisku glebowym, hydratacji, wymiany jonowej, koagulacji, peptyzacji i wielu innych.

Cechy właściwe glebowym koloidom organo-mineralnym, a w szczególności zdolność koagulacji, działanie strukturotwórcze i cementowanie cząstek glebowych w agregaty, stymulowanie wzrostu roślin proponuje wykorzystać Seifert [7], który izolował roztworem krzemianów alkaliów z torfu niskopopielnego związki huminowe i z myślą o zmniejszeniu strat wilgoci glebowej na skutek parowania i o stymulującym wpływie na korzenie roślin, rozprowadzał je na powierzchni gleby, uzyskując w warunkach nadmorskich piasków wydmowych dobre pokrycie darnią. Podobne założenia przyjmowane są dla syntetycznych środków strukturotwórczych, dlatego niektórzy autorzy koloidy i środki te omawiają wspólnie, aczkolwiek stymulujące działanie humin torfowych może dotyczyć problematyki natlenienia strefy korzeniowej, co badał i obszernie opracował Gumiński [2].

Seifert wiele uwagi poświęca budowie dipolowej cząsteczki wody, dzięki której, jak również zależnie od zawartości w niej jonów, roztwór koloidalny można będzie utrzymać w stanie zolu i wówczas bez większych trudności rozprowadzać za pomocą deszczowni. Woda stosownie do tych założeń będzie środowiskiem dla koloidów w którym zostaną one dostarczone do gleby.

Istota sprawy nie leży w tym czym będziemy koloidy transportować, lecz polega na aktywnym oddziaływaniu na ilościowe stosunki związków organo-mineralnych. Ważne znaczenie miałyby szersze rozpoznanie materiału wyjściowego oraz wskazanie warunków koagulacji i możliwości nadania żelu pożądaných właściwości takich, jak w danych warunkach glebowych (gleby piaszczyste luźne) nie będą możliwe do uzyskania gdy koagulację pozostawiono, by samorzutnie środowisku glebowemu. To założenie uzasadniało podjęcie badań laboratoryjnych.

Właściwości chemiczne badanych torfów

Wiosną 1974 r. pobrano na terenie puszczy zgorzelecko-bolesławieckiej, z warstwy 0—70 cm, 2 torfy: wysoki — w miejscowości Osiecznica, oraz przejściowy w Chocianowie.

Wysokie torfowisko w Osiecznicy jest zadarnionym nieużytkiem śródleśnym, a na torfowisku przejściowym w Chocianowie rośnie las miesza-

ny, podmokły. Na terenie tego lasu zostały usypane z torfu groble, na których wskutek lepszego przewietrzania uległ on większemu rozkładowi. Właściwości chemiczne *) obu badanych torfów podaje tabela 1.

Tabela 1

Skład chemiczny (w %/0 s. masy) torfów z puszczy zgorzelecko-bolesławieckiej użytych do sporządzania żeli torfowo-krzemowych

Sucha masa	Subst. organ.	Po- piół	N-og	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SiO ₂	Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃	pH w H ₂ O	pH w KCl
torf wysoki z Osiecznicy											
11,2	10,8	3,4	0,89	0,26	0,03	0,30	0,07	2,60	0,62	3,2	2,4
torf przejściowy z Chocianowa											
26,9	22,9	13,3	1,63	0,22	0,04	2,59	0,53	8,30	1,90	4,0	3,2

Torf wysoki, jak wynika z tab. 1, zawiera prawie czterokrotnie mniej popiołu niż torf przejściowy, dwukrotnie mniej azotu i ośmiokrotnie mniej CaO i MgO. Wyrównana w obu torfach jest zawartość P₂O₅ i K₂O. Zawiesina wodna torfu wysokiego ma znacznie niższe pH niż torfu przejściowego.

Działanie wzrastających stężeń roztworu Na₂SiO₃ na torf

Substancje huminowe można ekstrahować z gleby za pomocą wody, roztworów alkaliów, soli i kwasów. Stężenie roztworów ekstrahujących ich skład oraz temperatura i czas ekstrakcji nie zostały ustalone i stanowią przedmiot badań [cyt. za Lityńskim 4].

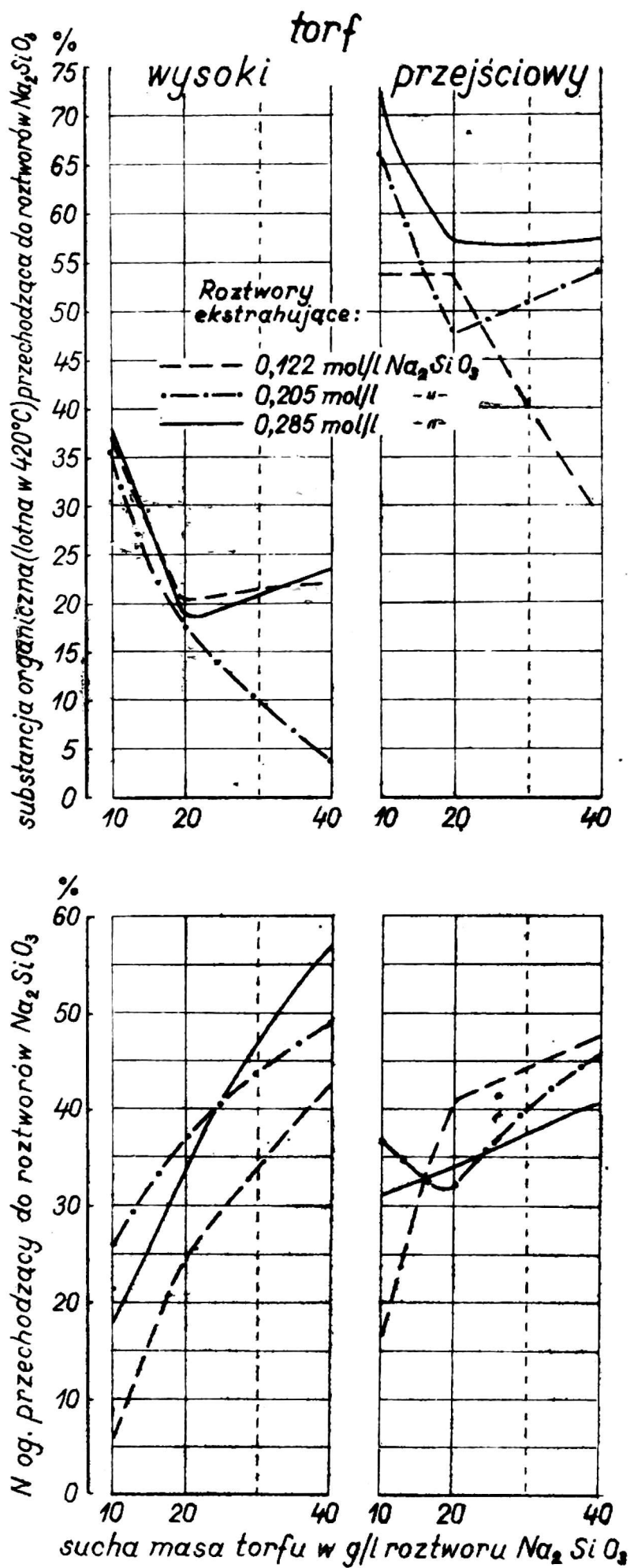
Do roztworu w czasie ekstrakcji przechodzą z gleby C i N wchodzące w skład substancji organicznej gleby oraz Fe₂O₃, Al₂O₃, SiO₂ wiążące się w środowisku glebowym z humifikującą się substancją organiczną. Efektywność ekstrakcji jak wykazał Posner [6] malała przy następującym zestawie roztworów ekstrahujących: 0,5n NaOH, 0,1 m Na₂P₂O₇ (pH7), 0,5 n Na₂(CO₃²⁻-(HCO₃⁻)) mieszanina 2 : 1.

Na etapie badań laboratoryjnych mających dać podstawę do wstępnej oceny problemu, przebadano wpływ 3 różnych stężeń roztworu Na₂SiO₃ w molach na litr: 0,122; 0,205; 0,285 oraz 3 ilości torfu wysokiego i przejściowego: 10, 20 i 40 g/l absolutnie suchej masy.

Torf o naturalnej wczesno-wiosennej wilgotności, po pobraniu przesiano przez sito o oczkach 0,5 cm × 0,5 cm i zabezpieczono do badań w naczyniu hermetycznym. Ekstrakcję prowadzono w następujący sposób: na wagkę torfu uwzględniającą jego wilgotność, przewidzianą na sporządze-

*) Analizy chemiczne wykonano w Stacji Chem.-Rolniczej WRN we Wrocławiu.

nie 3 l roztworu zalewano roztworem Na_2SiO_3 o danym stężeniu, homogenizowano mieszadłem typu mikser w ciągu 20 minut i następnie od-



Rys. 1. Ilość substancji organicznej i azotu ogólnego przechodzące z torfu wysokiego i przejściowego do roztworów Na_2SiO_3 w czasie ekstrakcji

wirowywano przy obrotach 3 tys/min. w ciągu 30 minut. Roztwór z nad osadu zlewano do kolby przez lejek z watą szklaną i w próbce roztworu i wyekstrahowanego osadu oznaczano suchą pozostałość w temp. 105°C i stratę prażenia w temp. 420°C, oraz zawartość N og. Otrzymane z różnicy wagi ilości związków organicznych przechodzących do roztworu, oraz ilości azotu przedstawiono na rysunku 1.

Z rysunku 1 wynika, że większe znaczenie dla jakości ekstraktu ma ilość torfu wziętego do analizy, niż stężenie krzemianu sodu.

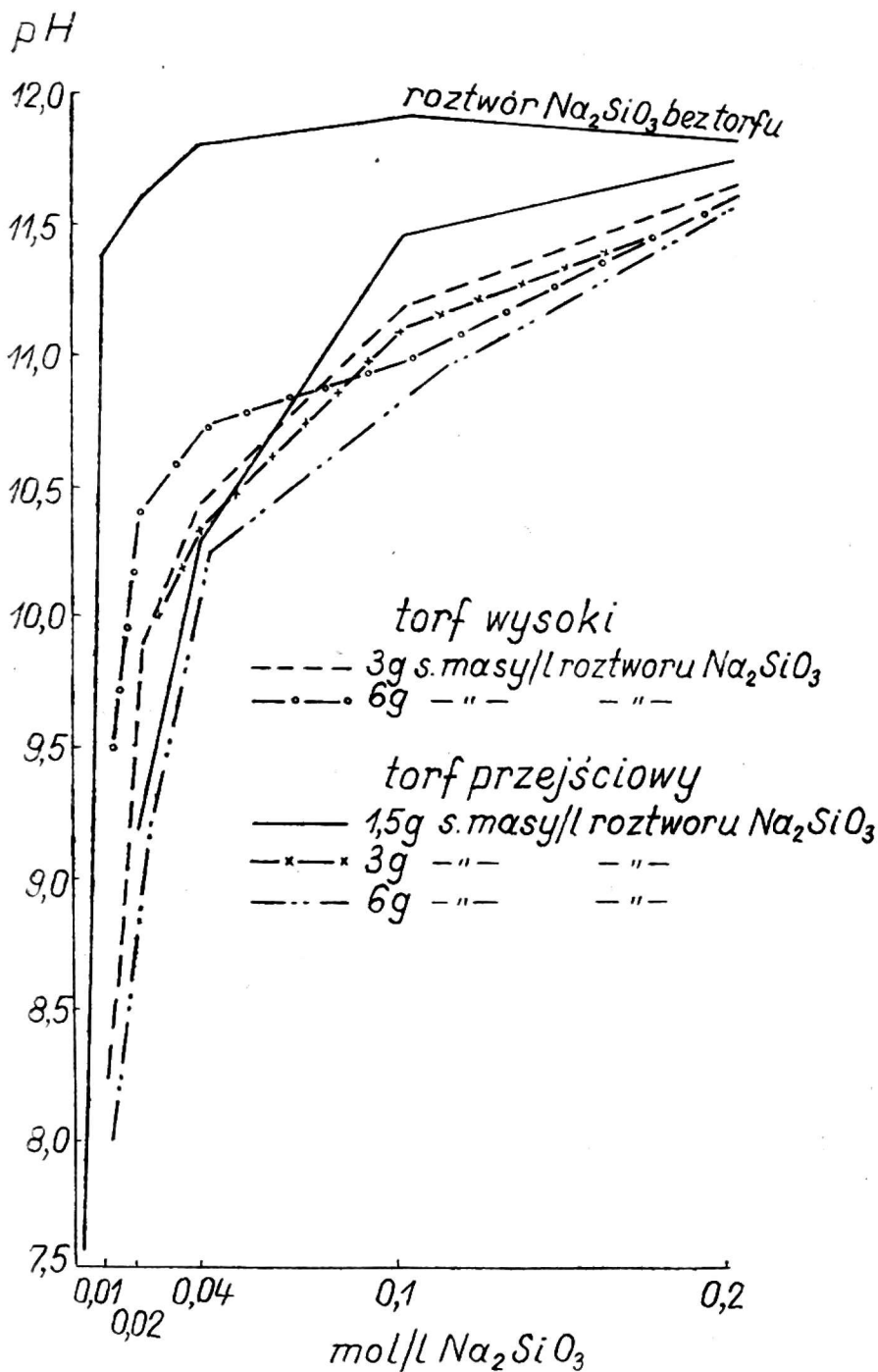
Ze wzrostem ilości torfu na litr roztworu Na_2SiO_3 ilości substancji organicznej przechodzącej do roztworu maleją w obu badanych torfach, lecz w przypadku torfu przejściowego — średnio — jest 2 krotnie wyższa niż w przypadku torfu wysokiego, czyli analogicznie do jej zawartości w próbkach badanych torfów (tab. 1). Ilości azotu przechodzące do ekstraktu rosną ze wzrostem ilości torfu wziętego do analizy i nie pozostają w związku ani z jego zawartością w próbkach torfu, ani ze stężeniem ekstrahującego roztworu Na_2SiO_3 .

Zmiany pH i przewodnictwa elektrycznego wodnych roztworów Na_2SiO_3 pod wpływem ekstrahowanych humin torfu

W środowisku glebowym występuje cały szereg kationów i anionów, które wchodzą w reakcję z cząsteczkami humin glebowych zmieniając ich właściwości fizykochemiczne. Na przykład adsorpcja humusu izolowanego 0,1n NaOH z gleby laterytowej z Davidson (Rodic Palendult) przez żel krzemianowy, 2-węglan i węglan sodu, jak podaje Tan [8] była tak silna, że powtarzanie przemywania mieszaniną HCl-HF oraz dializowanie, wytrącanie i ponowne rozpuszczanie, nie pozwoliły na otrzymanie czystego — pozbawionego żelu SiO_2 i grup węglanowych — preparatu huminowego do analizy spektralnej. Wobec tego, że zawartość substancji organo mineralnych gleby wiąże się z ich właściwościami buforującymi, a forma białkowa humin glebowych postulowałaby uwzględnienie takich badań, które mają związek z punktem izoelektrycznym, dlatego w badaniach porównano pH wodnego Na_2SiO_3 przy różnych stężeniach molowych i pH tych samych roztworów użytych do ekstrakcji zróżnicowanych ilości badanych torfów. Pomierzono również przewodnictwo elektryczne badanych roztworów koloidalnych. Otrzymywanie ekstraktów było identyczne jak opisane w poprzednim rozdziale.

Zmiany pH przedstawia rysunek 2, a przewodnictwa rysunek 3.

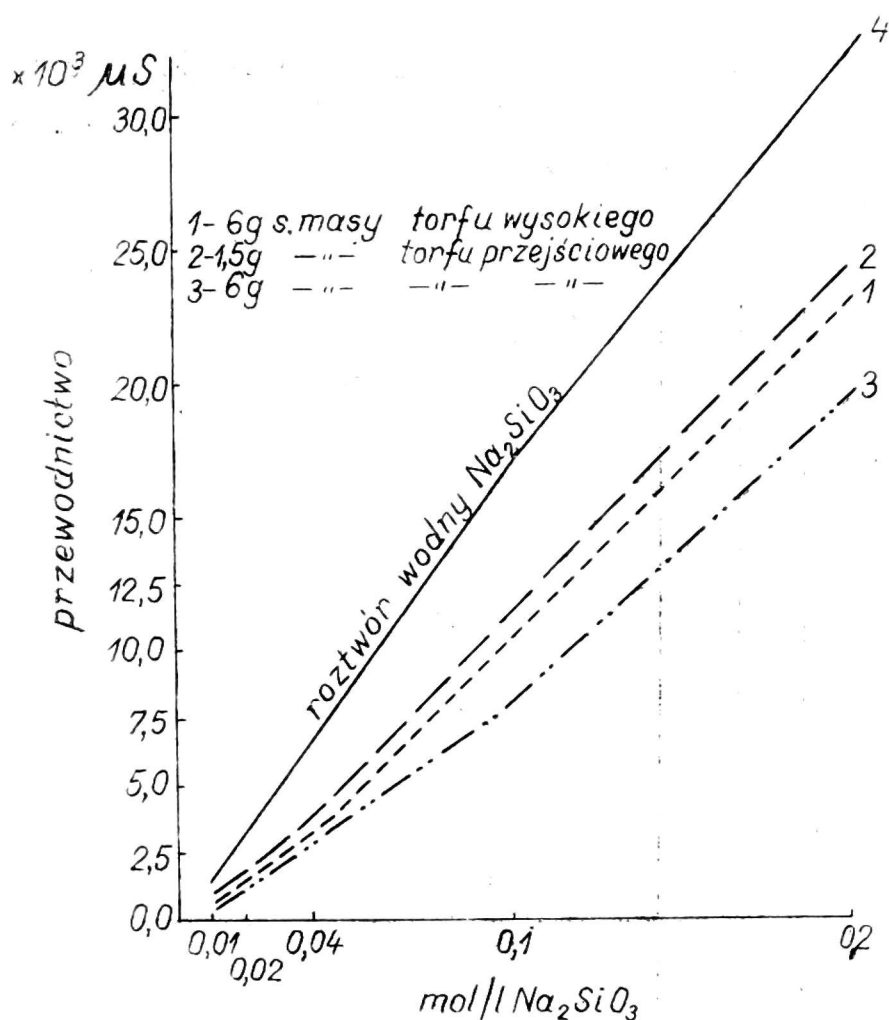
Roztwór 0,01 mol/l Na_2SiO_3 wykazał pH 11,40 (woda destylowana 7,15). Podwojenie ilości Na_2SiO_3 spowodowało wzrost pH zaledwie o 1,7%, dalsze zwiększanie stężenia nie dało praktycznie wzrostu pH. Krzemianowe roztwory humin torfowych wykazały średnio $\text{pH} = 10,44$, czyli niższe o 31% od pH roztworów bez humin. W miarę wzrostu stężeń



Rys. 2. Wpływ humin torfu wysokiego i przejściowego przechodzących do roztworów Na_2SiO_3 w czasie ekstrakcji na zmianę pH tych roztworów

Na_2SiO_3 pH roztworów humin torfowych rośnie od 9,21, przy stężeniu $\text{Na}_2\text{SiO}_3 = 0,01$ mol/l do 11,60 przy stężeniu 0,2 mol/l Na_2SiO_3 . Różnice pH roztworów bez humin i odpowiednich stężeń roztworów z huminami (rys. 2) maleją od 2,19 przy stężeniu 0,01 mol/l Na_2SiO_3 do 0,20 przy stężeniu 0,2 mol/l Na_2SiO_3 .

O wiele prostsze zależności dotyczą przewodnictwa elektrycznego badanych roztworów (rys. 3). W miarę wzrostu stężenia molowego Na_2SiO_3 , rośnie wprost proporcjonalnie przewodnictwo w mikrosiemensach (μ S) — znacznie szybciej wodnego roztworu Na_2SiO_3 , a wolniej tych samych roztworów z huminami obu badanych torfów. Torf przejściowy o większej zawartości substancji organicznej występującej tu w stadium większego rozkładu, redukuje średnio o 40% przewodnictwo wodnych roztworów Na_2SiO_3 , podczas gdy ta sama ilość torfu wysokiego, redukuje znacznie mniej.

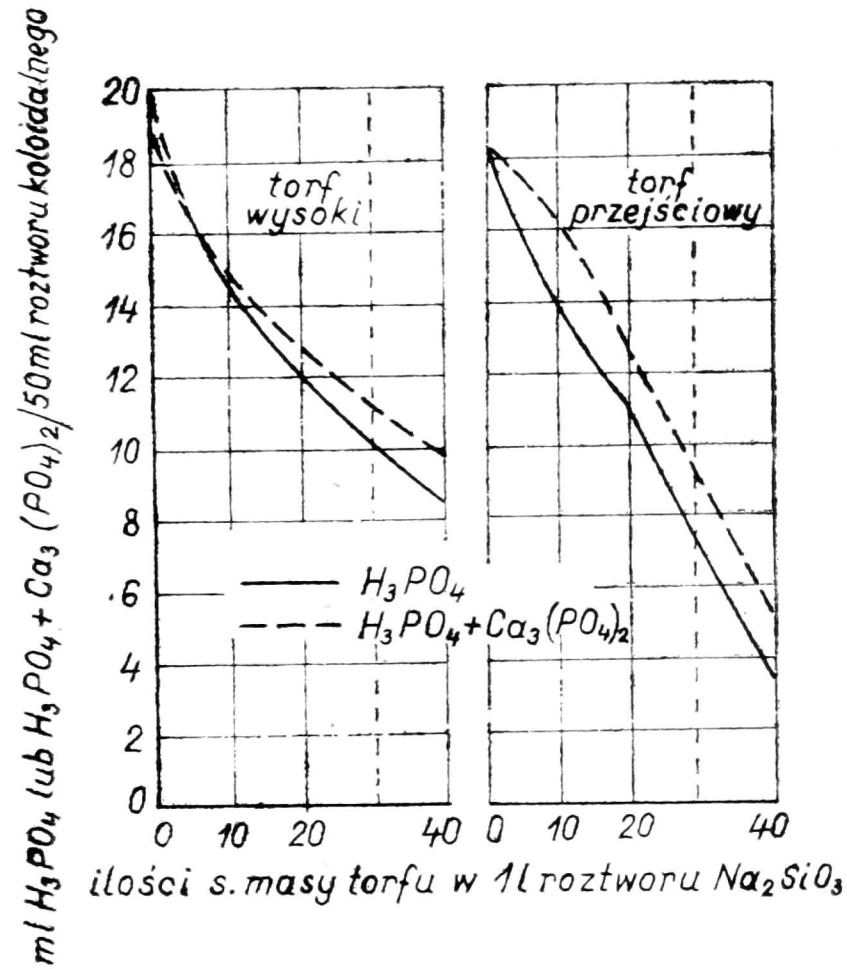


Rys. 3. Zmiana przewodnictwa elektrycznego w mikrosiemensach (S) roztworów Na_2SiO_3 bez humin i z huminami torfu wysokiego i przejściowego

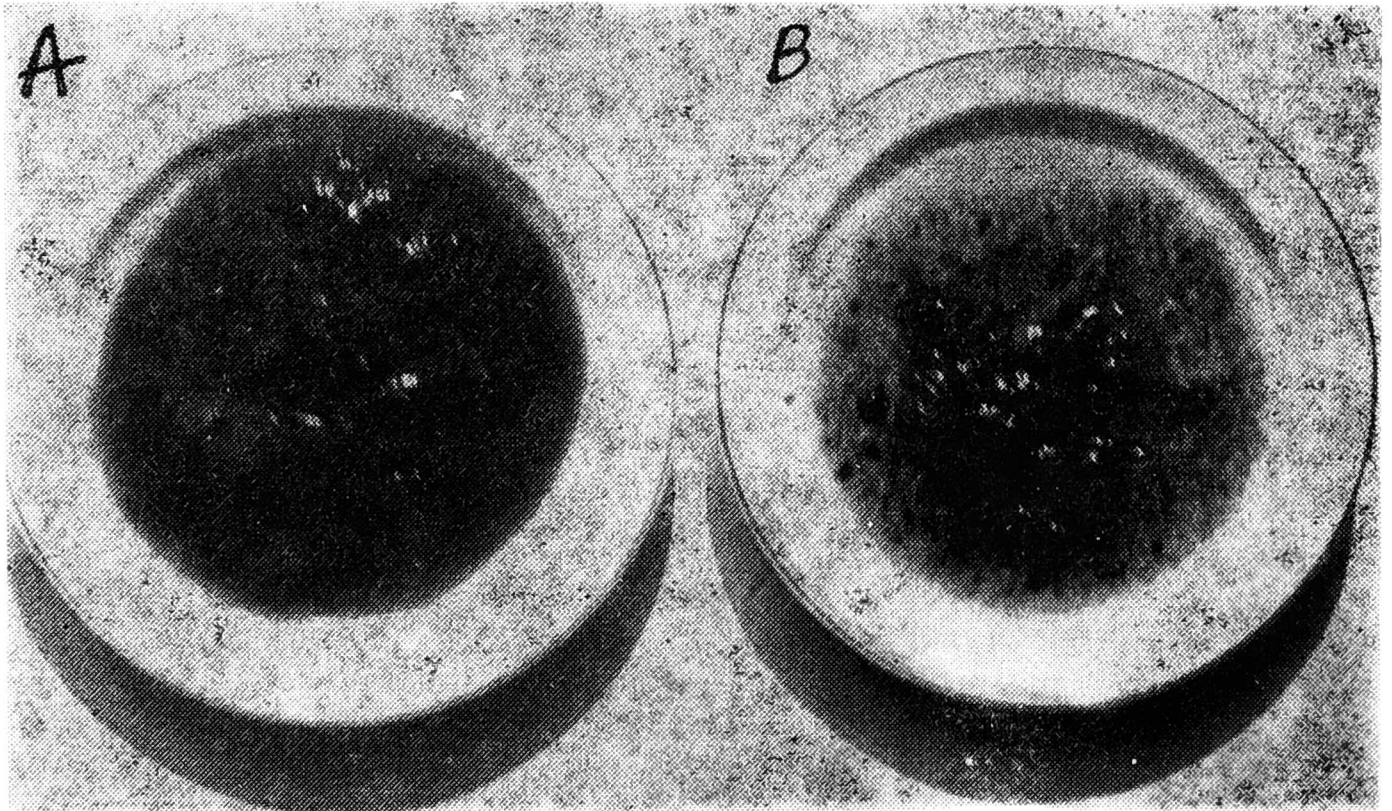
Wytrącanie żeli torfowo-krzemowych

Oddziaływanie roztworu wodnego Na_2SiO_3 na huminy torfu rozpoczyna się w chwili traktowania roztworem próbki i wyraża się w zmianie właściwości tego roztworu pod względem cech chemicznych i fizycznych. Wyrazem tego jest zmiana barwy na ciemnobrązową lub brunatną (w przypadku torfu dobrze rozłożonego), obfita i utrzymująca się piana oraz właściwości buforowe, których wyrazem było zmniejszanie pH, w miarę wzrostu stężenia Na_2SiO_3 oraz przewodnictwa elektrycznego. Pozostawiony w tym stanie roztwór nie starzeje się i utrzymuje się w stanie zolu w ciągu kilku tygodni. Stosowanie jednak takich roztworów o wysokim pH, szczególnie na gleby piaszczyste o niskiej zdolności buforującej było zbyt ryzykowne, dlatego zbadano warunki zobojętnienia takich roztworów. W punkcie równoważnikowym przy $\text{pH} = 7$, wytrąca się żel adsorbujący huminy. Założono że żel taki będzie adsorbować również inne kationy i aniony które mogą mieć istotne znaczenie dla danych warunków glebowych i dlatego do zobojętnienia tych alkalicznych roztworów wykorzystano nH_3PO_4 . Punkt równoważnikowy wyznaczono potencjometrycznie. Na rys. 4 przedstawiono równocześnie zależność ilości ml nH_3PO_4 od ilości torfu przejściowego wziętych do ekstrakcji i stężenia roztworów

Na_2SiO_3 . Ze wzrostem ilości torfu ml nH_3PO_4 gwałtownie maleje — tym gwałtowniej — im mniej stężony jest roztwór Na_2SiO_3 . Przy najniższym — 0,122 mol/l stężeniu Na_2SiO_3 żel nie tworzy się.

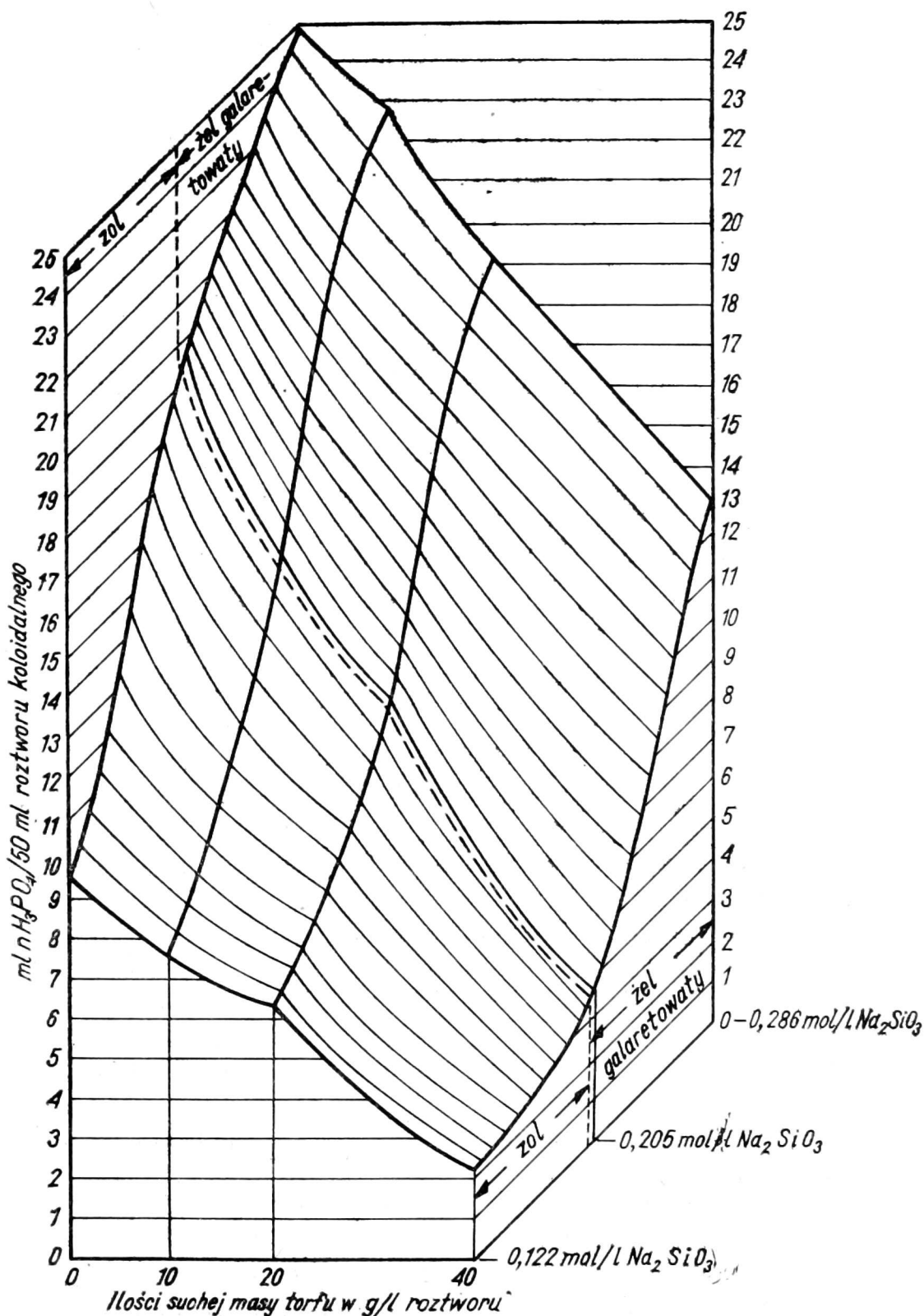


Rys. 4. Ilości ml nH_3PO_4 użytego do zobojętnienia roztworu koloidów torfowo-krzemowych, zależnie od ilości torfu wziętego do ekstrakcji i stężenia roztworów Na_2SiO_3



Fot. Wygląd żelu torfowo-krzemowego wytrąconego tylko H_3PO_4 (A), oraz żelu wytrąconego mieszaniną $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{Ca}(\text{PO}_4)_2$ (B)

Do zobojętniania roztworów koloidów torfowo-krzemowych zużyto ponadto mieszaniny $H_3PO_4 + 1/3$ część $nCa_3(PO_4)_2$. Wyniki przedstawia rys. 5. Na uwagę zasługuje fakt że stosunek objętości $H_3PO_4 + Ca_3(PO_4)_2$: H_3PO_4 posiada zarówno w przypadku torfu przejściowego jak i wysokiego niemal stałą wartość wynoszącą tylko 1,07. Żel obu torfów wytrącony przy współdziałaniu jonów Ca^{2+} staje się z ciemnobrazowego, galaretowatego



Rys. 5. Porównanie ilości ml nH_3PO_4 oraz mieszaniny $nH_3PO_4 + 1/3$ część $nCa_3(PO_4)_2$ zużytych do zobojętnienia roztworów badanych torfów ze wzrastającymi naważkami wziętymi do ekstrakcji.

to-mazistego wytrąconego kwasem, ciemnoszary o strukturze jakby ziarnistej.

Podsumowanie

Założenie, że żele i koloidy torfowo-krzemowe doprowadzane do gleb piaszczystych polepszą ich właściwości wodno-fizyczne i wpłyną na wzrost plonów roślin uprawnych, nie jest pozbawione cech realnych. Potwierdzają to badania polowe Seiferta [7] oraz wstępne własne obserwacje na mikropoletkach ziemnych na glebie piaszczystej w zakładzie doświadczalnym IUNG w Laskowicach Oławskich.

Ekstrakcja substancji huminowych torfu roztworem krzemianu sodu maleje ze wzrostem ilości torfu w przeliczeniu na litr roztworu, natomiast ilości azotu ogółem rosną ze wzrostem ilości torfu.

Wzajemne oddziaływanie wyekstrahowanych humin torfu z cząsteczkami krzemianu sodu jest tak silne, że w wyniku tego następuje obniżenie pH średnio o 30%, a przewodnictwa elektrycznego ekstraktu do 40% — w stosunku do roztworu bez humin.

Żel torfowo-krzemowy absorbuje kationy i aniony. Możemy więc czynić próby nadania mu takich właściwości, których brak w konkretnych warunkach glebowych i uprawowych ogranicza produkcję rolniczą.

LITERATURA

1. Dormarr J.F.: Scanning Elektron Mikroskopy as applied to organo-mineral complexes in alkaline extracts of soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, vol. 38, 1974.
2. Gumiński S.: Badania fizjologiczne nad znaczeniem związków próchnicznych dla organizmu roślinnego wykonane w Polsce. *Roczniki Gleboznawcze*, T. XXII, z. 1971.
3. Frielinghaus M.: Der Einsatz von syntetischen Bodenverbesserungsmitteln in der Bewaesserten Feldwirtschaft. *Biologicke zaklady zavlahoveho pol'nohospodarstva. Symposium. Bratislava*, 2—6, 1969.
4. Lityński T.: *Żyzność gleby i nawożenie*. PWN.
5. Koch J.T., Kay B.A., Lange G.L.: A Postulated Mechanism for Increasing the Efficiency of Organic Soil Conditioners. *Soil Sci. Amer. Proc.*, vol. 38, 1974.
6. Posner A.M.: The Humic acids extracted by various reagents from soil. *J. of Soil Sci.* vol. 17, No. 1, 1966.
7. Seifert E.: Verregnung wasserhaltiger Kolloid-Suspensionen *Z. f. Bewaesserungswirtschaft* 2, H. 1, 1967.
8. Tan K.A.: Contamination of humic acids by silica gel and sodium bicarbonate. *Plant and Soil*, 44, 691—695, 1976.
9. Thomas Grant W.: The relationship between organic matter content and exchangeable Aluminium in acid soil. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, vol. 39, 1975.
10. Wojciechowski J., Krzyżański Z., Szymański S.: Wpływ połączeń fosforo-huminowych na wzrost i rozwój roślin. *Pozn. Tow. Przyj. Nauk Wydz. Mat. Prizr.*, *Prace Kom. Nauk roln. i leś.*, 2(7), 1955.