

KAZIMIERZ PASTERNAK

Zakład Biologii Stawów PAN w Krakowie

## WPLYW RÓŻNYCH MATERIAŁÓW GLEBOWYCH DNA STAWÓW NA SKŁAD CHEMICZNY WODY

### Wstęp

W dnie przeciętnego stawu wyróżnia się dwie warstwy: glebę pierwotną, na której został założony staw, oraz spoczywającą na niej warstwę mułu. W naszym klimacie obfite gromadzenie się mułu, różne co do tempa w rozmaitych stawach, jest wynikiem przewagi produkcji materii organicznej nad jej rozkładem. Proces gromadzenia się osadów rozpoczyna się już w pierwszym roku zalania stawów i powoduje stałą ewolucję ich dna. Końcowym wynikiem tego procesu, hamowanego zresztą przez pielęgnowanie stawów, jest zjawisko starzenia się ich, czyli zaszlamienia, zarastania szuwarami i wypłykania się aż do całkowitego zaniku.

W ścisłym związku z procesem „starzenia” się stawu pozostaje jego produktywność. Żyzność stawu zależy więc, między innymi, nie tylko od rodzaju gleby dna; lecz także od stadium jego ewolucji.

Znajomość dna stawu i roli jego dla całości przemian materii w stawie jest jeszcze stosunkowo niewielka i znacznie odbiega od stopnia znajomości gleb użytkowanych rolniczo. Nie wydaje mi się celowe przytaczanie i omawianie wszystkich danych literatury. Ograniczam się tutaj tylko do przedstawienia niektórych wyników badań, dotyczących opracowywanego zagadnienia.

I tak, bardzo ciekawe badania gleby dna stawu ze względu na stosowaną metodykę przeprowadzili Cronheim i Czensny (1919). Badacze ci zastosowali dla ustalenia żyzności gleby stawów metodę wyciągów wodnych. Pobrane z dna stawu próbki gleby umieszczali w cylindrach i zalewali wodą. Dwa doświadczenia przeprowadzone zostały z wodą destylowaną w temperaturze pokojowej i niższej, a trzecie z wodą rzeczną. W okresie około dwóch tygodni wodę odlewano i zastępowano świeżą. Wodę odlaną poddano analizie chemicznej. Z uzyskanych przez nich wyników okazuje się, że po odliczeniu pierwotnych części mineralnych, znajdujących się w wodzie rzecznej, uzyskuje się takie same rezultaty jak przy użyciu wody destylowanej. Nieco mniejsze wartości uzyskali

oni w doświadczeniu przeprowadzonym w niższej temperaturze. Ponieważ zajmowali się przeważnie składnikami pokarmowymi, główne ich wnioski dotyczą tylko jakości i sposobu nawożenia stawów.

Duże znaczenie w określaniu przemian zachodzących w stawie ma praca F. B r e e s t a (1925). Autor przedstawia w niej próbę określenia głębokości, na jaką przeniknąć mogą związki mineralne z wody do gleby i odwrotnie, oraz w jakiej ilości i w jakim czasie przechodzą składniki mineralne z różnych głębokości gleby do wody. Doświadczenia na ten temat zostały przeprowadzone w sztucznych zbiornikach wody — w cylindrach o średnicy 10 cm, a wysokości 20 cm. Jako wskaźnika przemieszczania się związków mineralnych używa autor KCl, który w określonej ilości jest dodawany do wody lub umieszczany na różnych głębokościach w glebie.

Interesujące badania gleby stawu przedstawia w swej pracy C. L a n t s c h (1925). Zwraca on szczególną uwagę na zawartość koloidów glebowych. Spośród metod użytych do ich oznaczania na uwagę zasługuje metoda adsorpcji błękitu metylenowego. Metoda ta według autora może być uważana za relatywny miernik zawartości koloidów glebowych.

Ze względu na stronę metodyczną zasługuje na wzmiankę cały cykl prac dwóch badaczy niemieckich H. K ü h l a i H. M a n n a (1952 — 1955), zajmujących się zmianami w chemizmie wód, a używających do tego celu sztucznych zbiorników wody, jakimi są akwaria. Uważają oni, że w dużych zbiornikach naturalnych procesy te są zacierane przez różne czynniki, natomiast w akwariach możliwe jest ich określenie i regulowanie.

Osobną pozycję zajmują wszechstronne i liczne prace polskiego badacza M. S t a n g e n b e r g a (1935, 1938 a, 1938 b, 1938 c, 1949). W jednej ze swoich prac M. S t a n g e n b e r g wyciąga bardzo ważny wniosek, a mianowicie wykazuje, że nie można znaleźć wyraźnej korelacji między składem chemicznym osadów dna jeziora a składem chemicznym wody (S t a n g e n b e r g 1938 a). Badając związek między całkowitym azotem a substancją organiczną oraz znaczenie całkowitej zawartości azotu jako wskaźnika produktywności jezior i stawów dochodzi do wniosku, że w przypadku stawów procent azotu powierzchniowej warstwy dna nie może być bezpośrednią miarą produktywności stawu, lecz jedną z cech uzupełniających (S t a n g e n b e r g 1949). Interpretując zaś stosunek C:N twierdzi, że zarówno w osadach jeziornych, jak i w glebach stawów „C:N wydaje się być zupełnie niezależny nie tylko od zawartości substancji organicznej, lecz również od typu basenu” i wykazuje tendencję do ustalania się.

Należy również wspomnieć o pracy K. B a s s a l i k a (1933) nad zagadnieniem bilansu azotu w akwariach. Autor ten, opierając się na badaniach B. H o f e r a, R. D e m o l a i Z u n t z a, którzy pracując w wa-



runkach naturalnych na dobrze uprzednio zbadanych stawach nie otrzymali należytych rezultatów, dochodzi do wniosku, że głębsze wniknięcie w zawile stosunki biologii wodnej może być oparte na ilościowej metodzie doświadczeń akwariowych.

Na szczególną uwagę zasługuje jedna z ostatnich prac W. Schäperclausa (1955). Zwraca on w niej uwagę na konieczność badania gleby dna stawu i określenia jego roli w przemianie materii stawu. Zaznacza, że analiza chemiczna materiału glebowego dna nie może stanowić kryterium w ocenie potrzeb nawożenia stawu.

Na ogół prace badawcze z tej dziedziny prowadzone były dotychczas przede wszystkim w kierunku ustalenia jakości i sposobu nawożenia stawów, poznania składu chemicznego wody i ewentualnie składników chemicznych gleby dna, a jedynie ogólnie i fragmentarycznie obejmowały badania nad materią glebową i jej rolą w przemianie materii stawu.

### Zadania i cel pracy

Jako główny cel badań moich przyjąłem szczegółowe opracowanie gleby dna stawu i przesledzenie skomplikowanego procesu jej wpływu na chemizm wody, biorąc przy tym pod uwagę różne gatunki materii glebowej dna i różne stadia jego ewolucji.

W szczególności chodziło o zbadanie:

- a) które składniki z rozpoznanego uprzednio materiału dennego przechodzą do roztworu i jak przedstawiają się ich stosunki ilościowe;
- b) jaka jest ilościowa i jakościowa zależność składu chemicznego wody od składu chemicznego i mineralnego materiału dennego;
- c) które składniki dna sprzyjają wzbogacaniu się wody w związki mineralne, a które wpływają na ten proces hamująco;
- d) czy można by określać żyzność dna stawu lub potrzeby jego nawożenia na podstawie ilości i jakości składników mineralnych dna, rozpuszczonych w wodzie sztucznego zbiornika, jakim jest akwarium.

### Metodyka pracy

Badania gleboznawcze mające na celu wzmożenie produkcji rolnej operują ustalonymi już metodami, które w większości spełniają swoją rolę zadawalająco.

Jeśli chodzi o metodykę badań materii glebowej stawów, to nie jest ona dotychczas dostatecznie opracowana i wykazuje luki np. w dziedzinie ilościowego określania oddziaływania gleby dna na wodę.

W tej sytuacji konieczne było na początku badań opracowanie metodyki pracy. Metody opracowania materii glebowej stawów polegały na eksperymentalnym przystosowaniu dotychczas używanych metod oraz za-

stosowaniu nowych osiągnięć metodycznych, przyjętych w badaniach gleboznawczych.

Próbki gleby dna stawów pobrałem spod wody sondą Langego, przyjmując metodę siatki kwadratów o boku 50 m. Punkty pobrania prób zostały ustalone przez pomiary i zaznaczone na planach w skali 1 : 1000. Pobrane próby, po wysuszeniu na powietrzu, zostały przesiane przez sito o oczkach 1 mm. W badanych stawach po spuszczeniu wody zostały również opracowane profile gleby ich dna.

Skład mechaniczny oznaczyłem metodą areometryczną Casagrande w modyfikacji M. Prószyńskiego (Musierowicz 1953) oraz metodą mikroskopową J. Tokarskiego (1954 a). Preparaty mikroskopowe zostały wykonane z materiału glebowego odszlamowanego z części ilastych i organicznych. Najmniejszymi, możliwymi do pomiaru ziarnami przy używanym zestawieniu mikroskopu, były ziarna o wielkości 6,5 mikrona. W jednym preparacie zostało zmierzonych 900 ziarn, a więc ilość wystarczająca do obliczeń statystycznych i wyciągnięcia wniosków.

Do oznaczenia składu mineralnego badanego materiału dennego stawów użyłem czterech metod.

Skład mineralny grubszych frakcji ( $> 0,02$  mm) składających się z pojedynczych minerałów, przeważnie pierwotnych, oznaczałem za pomocą mikroskopu polaryzacyjnego metodą tzw. analizy proszkowej J. Tokarskiego (1939). Materiał glebowy przed sporządzeniem upreparatu proszkowego został pozbawiony przez odszlamowanie części ilastych i organicznych. Z każdej gleby sporządzono dwa preparaty i w jednym z nich oznaczono 500 ziarn, a w drugim 400, razem 900 ziarn.

Skład pozostałej części mineralnej gleby stanowią przeważnie minerały ilaste i drobne ziarenka kwarcu, o wielkości iłu pyłowego drobnego oraz iłu koloidalnego. W badaniach nad substancją ilastą oparłem się na metodzie termoanalizy wagowej J. Tokarskiego (1953), przystosowanej przede wszystkim do badan gleb oraz na metodzie chemicznej i adsorpcji błękitu metylenowego.

Za pomocą termoanalizy wagowej oznacza się minerały ilaste grupy montmorylonitowej i kaolinitowej. Oznaczając te dwie grupy można uważać ilość substancji ilastej w glebie za znaną, ponieważ minerały ilaste grupy illitu będą wchodziły do sumy minerałów grupy montmorylonitu ze względu na podobne właściwości<sup>1</sup>. Oprócz tych składników otrzymuje się jeszcze w wyniku termoanalizy zawartość substancji organicznej, węglanów i resztę termicznie nieaktywną. Analizy termiczne zostały wykonane w 2 powtórzeniach, a wyniki obliczone nie według podanych w literaturze przepisów (Tokarski 1953), lecz według najnowszych opracowań autora tej metody (Tokarski 1954 b).

<sup>1</sup> Ustna informacja prof. J. Tokarskiego.



Oznaczenie na drodze chemicznej ilości substancji ilastej, przede wszystkim grupy montmorylonitu, jest metodą orientacyjną (T o k a r s k i 1954 b, 1955). Mimo to jednak na podstawie składu chemicznego wyciągu gleby w kwasie solnym można po pewnych przeliczeniach wnosić o prawdopodobieństwie istnienia w niej elementów ilastych i przybliżonego ilościowego ich porównania.

Znany jest fakt, że glebowe minerały ilaste dzięki swej specjalnej strukturze płytowej wyzwalają bardzo dużą energię powierzchniową, a w związku z tym posiadają duże zdolności adsorpcyjne. Na tym właśnie zjawisku oparta jest metoda adsorpcji błękitu metylenowego (T o k a r s k i 1954b, W i e d i e n i e j e w a i W i k u ł o w a 1954). Stężenie błękitu metylenowego stosowanego do oznaczeń wynosiło 0,6 grama na jeden litr wody destylowanej. Standardy używanego do analiz błękitu były mianowane na lwowskim bentonicie (beidelicie), minerale grupy montmorylonitu i na kaolinicie. Bentonit okazał siłę adsorpcji  $238 \text{ cm}^3$  na 1 gram, a kaolinit  $52 \text{ cm}^3$ . Znając standardy można przeliczyć ilość  $\text{cm}^3$  błękitu, jaką zadsorbowała gleba, na ogólną zawartość substancji ilastych.

Zawartość substancji organicznej (próchnicy) została oznaczona metodą termiczną i oksydymetryczną Altena w modyfikacji Lichterfelda oraz dodatkowo eksperymentalnie metodą spalania substancji organicznej chemicznie czystą wodą utlenioną.

Azot całkowity oznaczałem metodą Kjeldahla. Ilość węgla została obliczona z ilości substancji organicznej, oznaczonej termicznie.

Całkowitą analizę chemiczną glebowego wyciągu w kwasie solnym i reszty nierozpuszczalnej w tym odczynniku, czyli tzw. analizę racjonalną, wykonałem według norm ustalonych w ośrodku krakowskim przez J. T o k a r s k i e g o (1954 b, 1955). Dla uzyskania roztworu gleby użyłem więc 20% kwasu solnego, przy czym stosunek gleby do kwasu wynosił 1 : 100. Zalaną kwasem próbkę, zamiast gotowania stosowanego w innych metodach (B o r a t y ń s k i i i n n. 1956), pozostawiałem na łaźni wodnej przez 24 godziny.

Kwasowość czynną gleby oznaczałem potencjometrycznie. Kwasowość hydrolityczną i sumę zasad wymiennych oznaczałem metodą Kappena.

Ponieważ zagadnienie wpływu różnych gatunków gleby dna stawów na stan chemiczny wody jest głównym tematem tej pracy, wytypowanie właściwej metody jego rozwiązania, możliwej do wykonania dostępnymi mi środkami, stało się zagadnieniem najważniejszym.

W tym miejscu chcę złożyć podziękowanie prof. J. T o k a r s k i e m u za podsuniętą mi myśl rozwiązania tego najtrudniejszego zadania metodycznego, tj. określenia wpływu gleby dna stawu na wodę za pomocą sztucznych zbiorników wody — akwariów. Sposób taki bowiem umożliwia stworzenie określonego środowiska i zarazem wyklucza wszystkie nie-

możliwe do ujęcia czynniki, które w warunkach naturalnych zacieraają i komplikują rozwiązanie tego zagadnienia.

Podjąłem więc próbę zbadania postawionego w założeniu zagadnienia w doświadczeniach akwariowych, zachowując warunki jak najbardziej zbliżone do naturalnych.

Doświadczenia przeprowadzałem w następujący sposób: do wymytego akwarium wprowadzałem 1 kg średniej wagowo próby gleby dna badanych stawów, rozmieszczając ją w równej warstwie na dnie. Po uprzednim zwilżeniu gleby zalewałem ją 25 litrami wody destylowanej, uważając przy tym, aby wody nie zmącić. Akwaria umieszczone zostały w pracowni w takich warunkach, aby oświetlenie i temperatura były możliwie zbliżone do naturalnych i dla wszystkich akwariów jednakowe. Okres trwania doświadczenia ustalony został na 3 miesiące. W ciągu całego okresu trwania doświadczenia dokonywane były w odstępach 7-dniowych pomiary  $pH$  i temperatury wody oraz obserwacje nad jakością i stopniem rozwoju organizmów żywych w wodzie i na dnie. Po upływie 3 miesięcznego okresu, woda w ilości 21 litrów po ostrożnym zamieszaniu, lecz nie zmącona, została ściągnięta do czystej butli, reszta zaś do innego naczynia, aby zapobiec ewentualnemu zmąceniu wody w butli przy ściąganiu sondą wody z pobliza dna. Po spuszczeniu wody z akwariów zostały one ponownie zalane wodą destylowaną. Pozostała ona w akwarium z glebą również przez 3 miesiące i przeprowadzone zostały te same obserwacje i analizy jak w poprzedniej, pierwszej części doświadczenia.

Kwasowość wody mierzona była metodą kolorymetryczną, według skali Czernego z dokładnością do 0,2  $pH$ . 20 litrów tej wody zostało odparowane na łaźni wodnej, w parownicy porcelanowej. Sposób przygotowania osadu do analizy chemicznej był następujący: odparowany osad został przeniesiony z parownicy na czarkę platynową przez zmycie wodą destylowaną, ponownie odparowany, wysuszony w temperaturze  $110^{\circ}$  i zważony. Substancję organiczną oznaczono przez prażenie w temperaturze  $500^{\circ}$ . Chlorki oznaczono w pozostałej, nie odparowanej ilości wody (met. Volharda).

## Wyniki badań

### I. Położenie i charakterystyka badanych stawów

Materiał glebowy do badań zebrałem wiosną 1954 r. z dna stawów zespołu gospodarstw doświadczalnych Ochaby, należącego do Zakładu Biologii Stawów Polskiej Akademii Nauk, położonego w dorzeczu górnej Wisły.

Na podstawie ogólnych terenowych badań gleboznawczych, przeprowadzonych w poszczególnych gospodarstwach zespołu i oceny stanu ewo-



lucji dna, w jakim się poszczególne stawy znajdowały wytypowałem do szczegółowych badań następujące stawy:

1) Wyszni VI — gospodarstwo Gołysz. Powierzchnia ogroblowana 7,47 ha. Położony jest on na płaskim nadwiślańskim terenie, w zlewni rzeki Wisły. Pierwotną glebą jego dna są utwory pyłowe wodnego pochodzenia, zalegające cały duży taras, ciągnący się aż na teren zalewu goczańkowskiego. Grubość warstwy mułu wynosiła około 12 cm. Jest to staw w dobrym stanie kultury rybackiej, o dobrej produktywności. Nawożony wapnem w ilości 300 kg/ha w 1954 r.

2) Kasprzyca — gospodarstwo Landek, kompleks Mnich. Powierzchnia ogroblowana 11,80 ha. Leży on na tej samej równinie nadwiślańskiej co Wyszni VI, w zlewni rzeki Bajerki. Pierwotną glebą dna jest utwór pyłowy wodnego pochodzenia. Był on w dość dużym stopniu zamulony i zaszlamiony, z dnem zarośniętym w dużym stopniu przez skrzyp i sitowie, z wytworzoną już wierzchowiną. Wyróżniał się dużą ilością nagromadzonej substancji organicznej. Stan kultury niski. Nawożony wapnem palonym w ilości 500 kg/ha w 1954 r.

3) Starości — gospodarstwo Landek, kompleks Iłownica. Powierzchnia ogroblowana 8,36 ha. Położony jest w dolinie i zlewni rzeki Iłownicy, glebę pierwotną jego dna stanowi glina ciężka, prawdopodobnie osadzona w środowisku wodnym, związanym z okresem lodowcowym. Jest to glina bezwapienna, zawierająca czasem nieco miki i żelaziste konkretacje. Teren przyległy od południa — to wzgórze Rudzicy, pokryte lessem, od północy zaś bardziej płaski teren utworów pyłowych wodnego pochodzenia. Dno tego stawu jest bardzo nierówne i w związku z tym różnie zamulone, w całości jednak zamulenie było niewielkie. Staw ten był użytkowany rolniczo i rok przed pobraniem prób został pierwszy raz zalany. W 1954 r. nie był nawożony. Stan kultury rybackiej dobry.

4) Karaś Górny — gospodarstwo Ochaby, kompleks Ochabce, powierzchnia ogroblowana 3 ha. Położony jest na dużym, starym tarasie akumulacyjnym Wisły, w zlewni rzeki Wisły. Glebą pierwotną dna tego stawu jest glina ciężka, pochodzenia aluwialnego. Gleby otaczających terenów użytkowanych rolniczo są glebami typu starych mad. Profil gleby dna tego stawu odznacza się tym, że na pewnej głębokości znajduje się warstwa żwiru i kamieni o bardzo dużej miąższości. Zamulenie stawu jest bardzo małe. Staw był przez 4 lata ugorowany. Pierwszy zalew po ugorowaniu dokonany był na rok przed pobraniem próbek. Jest to staw o bardzo wysokiej kulturze rybackiej. Od czasu zalania po ugorowaniu był nie nawożony.

5) Odymczok — gospodarstwo Ochaby, kompleks Baranowice, powierzchnia ogroblowana 2 ha. Leży podobnie jak Karaś Górny na tym samym tarasie akumulacyjnym Wisły, tylko że w partii bliższej obrzeża

tego tarasu, w zlewni rzeki Wisły. Glebą pierwotną są ily pochodzenia aluwialnego. Jest to staw zamulony i zaszlamiony, z wytworzoną torfową wierzchowiną, będący w stadium „starzenia się” i powolnego zaniku.

Produkcyjność bardzo niska. Nie nawożony z wyjątkiem dawki wapna 300 kg/ha rok przed pobraniem próbek.

## II. Wyniki badań materiału glebowego dna stawów

### a) Skład mechaniczny

W odróżnieniu od gleb uprawnych, gdzie pierwotne cząstki glebowe przeważnie nie występują oddzielnie, lecz pod postacią agregatów, faza stała gleb dna stawów jest układem rozdzielno-cząstkowym. Zważywszy, że wzajemne oddziaływanie pomiędzy glebą a wodą odbywa się tylko na powierzchni ich styczności, a powierzchnia właściwa gleby zależy od wielkości cząstek, z jakich się ona składa (Bielenia C. 1954), i że własności chemiczne i sorpcyjne jak również i przesiąkalność są zależne od zawartości poszczególnych frakcji mechanicznych w glebie, znajomość jej składu mechanicznego może mieć duże znaczenie praktyczne.

Tablica I  
Tafel

Sredni skład mechaniczny materii glebowej dna stawów w %

Mittlere mechanische Zusammensetzung der Erdbestandteile im Teichboden in %

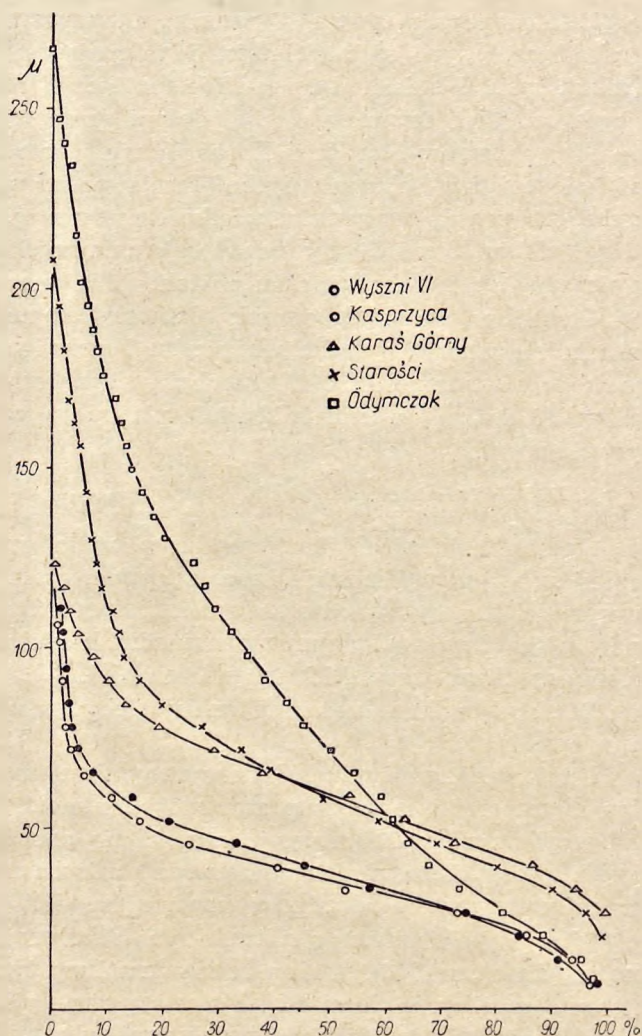
Gleba dna stawu Bodenproben aus Teich	Średnica cząstek w mm — Durchmesser der Körner in mm					
	1 — 0,1	0,1 — 0,05	0,05 — 0,02	0,02 — 0,006	0,006 — 0,002	< 0,002
Wyszni VI	10	13	39	23	8	7
Kasprzyca	10	11	35	26	10	8
Karaś Gór.	13	9	28	23	10	17
Starości	16	11	20	22	13	18
Odymczok	10	2	5	20	22	41

Uzyskane średnie wyniki składu mechanicznego gleby dna badanych stawów przedstawia tablica I. Wskazują one, że gleby dna stawów Wyszni VI i Kasprzyca są według klasyfikacji PTG utworami pyłowymi ilastymi. Należy jednak zwrócić uwagę na to, że materia glebowa stawu Wyszni VI zawiera nieco więcej części pyłowych. Dna stawów Karaś Górny i Starości są glinami ciężkimi pylastymi. Gleba dna stawu Karaś



Ryc. 1. Uziarnienie grubszych frakcji gleb dna stawów (krzywe sumacyjne)

Fig. 1. Körnung der größeren Fraktionen der Erdbestandteile im Teichboden (Summations-Linien)



Górny różni się od gleby stawu Starości również większą ilością pyłu. Dno stawu Ōdymczok jest łem.

W obrębie tych samych frakcji stosunek wielkości ziarn może być różny. Dlatego celem dokładniejszego poznania uziarnienia przede wszystkim grubszych frakcji materiału glebowego zastosowałem metodę mikroskopową. Wyniki pomiarów przedstawione są za pomocą krzywych sumacyjnych na ryc. 1.

Jak widać z ryc. 1, badane gleby różnią się między sobą zawartością poszczególnych wielkości ziarn w obrębie frakcji grubszych, a przede wszystkim w obrębie frakcji piasku i pyłu grubego.

Pomiędzy glebą stawu Wyszni VI a Kasprzycą różnice w uziarnieniu frakcji grubszych są niewielkie. Występują one szczególnie w obrębie frakcji pyłu. We frakcji piasku nie ma żadnej różnicy, a wielkości ziarn obydwóch gleb trzymają się jej dolnej granicy, 0,1 mm średnicy.

Gleby stawów Starości i Karaś Górny jako gliny ciężkie pylaste różnią się między sobą nie tylko ilością poszczególnych wielkości ziarn pyłu, ale przede wszystkim wielkością ziarn w obrębie frakcji piasku. Gleba stawu Karaś Górny ma więcej mniejszych ziarn w obrębie frakcji pyłu grubego i frakcji piasku aniżeli gleba dna stawu Starości.

Gleba dna stawu Odymczok różni się znacznie od poprzednich gleb wielkością ziarn we frakcjach piasku i pyłu grubego. We frakcji pyłu grubego stosunek wielkości przechyła się na stronę ziarn z górnej granicy tej frakcji, a ziarna frakcji piasku są większe jak u gleb poprzednich.

#### b) Skład mineralny

Obok składu mechanicznego drugą, mało zmienną cechą gleby jest skład mineralny. Wszystkie inne cechy gleby pozostają zawsze w pewnej zależności funkcyjnej od składu mineralnego. Znajomość gleby musi się więc opierać na dokładnym rozpoznaniu składników mineralnych i określeniu możliwie wszystkich ich właściwości.

W skład części mineralnej każdej gleby wchodzi minerały pierwotne i wtórne.

Najważniejszymi minerałami wtórnymi ze względu na ich rolę w glebie są minerały ilaste grup montmorylonitowej, kaolinitowej i illitowej. Ze względu na ważną rolę, jaką spełniają one w glebie, konieczne jest krótkie przypomnienie ich właściwości, których znajomość jest nieodzowna przy omawianiu tak skomplikowanej materii, jaką jest gleba.

Wiązania elementów strukturalnych substancji ilastej są z reguły jonowe (E v a n s 1948). Ważną cechą struktury tych substancji są geometryczne możliwości izomorfijnego zastępowania kationów w elementach strukturalnych przez inne o podobnym ładunku i wielkości. Dzięki podobieństwu promieni jonowych glinu i krzemu w płytkach krzemianowych minerałów ilastych może następować wymiana krzemu przez glin, który wiąże się z tlenem w koordynacjach czworościennych i ośmiościennych (R o s s, H e n d r i c k s 1945). Dla zachowania zatem elektrostatycznej równowagi, wymianie tej musi towarzyszyć równoległe zastąpienie  $\text{Ca}^{2+}$  za  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  za  $\text{Fe}^{2+}$  itp.

Płytki krzemianowe minerałów ilastych wskutek częściowej substytucji jonu  $\text{Al}^{3+}$  w miejsce  $\text{Si}^{4+}$  okazują więc ładunek ujemny, który musi być skompensowany przez kationy z zewnątrz lub dipole wody (R o s s, H e n d r i c k s 1945). Te kationy są właśnie wymiennymi kationami, które



w wypadku badanego zjawiska wymiany substancji chemicznych między glebą a wodą odgrywają poważną rolę (Grim 1953). Również i aniony tlenowe w siatce strukturalnej tych minerałów mogą być zastąpione izomorfijnie np. przez grupę  $\text{OH}^-$ ,  $\text{F}^-$ .

Głównym ilastym elementem w glebach jest mieszanina wyżej podanych grup minerałów. Nie ulega wątpliwości, że skład mineralny owych mieszanek jest funkcją warunków środowiska glebowego. Bardzo często w środowisku glebowym proces formowania się ogniw minerałów montmorylonitu przerywany jest przez zmienne czynniki glebowe, nie może więc dobiec do końca i skonsolidować ostatecznie swojej struktury. „Wiotkie” jeszcze elementy strukturalne wykazują dlatego duży potencjał energetyczny, którego wynikiem są niewątpliwie ciągłe zmiany fizyko-chemiczne środowiska, w którym się znajdują (Tokarski 1954 b).

Pierwotne minerały materiału glebowego badanych stawów, zawarte w frakcjach grubszych gleb, oznaczałem, jak już wspominałem wyżej, za pomocą mikroskopu polaryzacyjnego.

Wyniki analiz podane są w tablicy II. Jak z niej widać, różnice w składzie mineralnym grubszych frakcji tych gleb wahają się minimalnie. Wyjątek stanowi gleba stawu Odymczok, gdzie wtórnie wytworzony limonit stanowi znaczny procent. W glebie tej oprócz luźno wytworzonych ziarn limonit oblepia jeszcze około 57% ziarn kwarcu. Wszystkie gleby zawierają bardzo dużo kwarcu, a stosunkowo niewiele skaleni i ciemnych minerałów grupy żelazo-magnezowych krzemianów. Charakterystyczne jest, że oprócz gleby ze stawu Starości gleby te nie zawierają ortoklaz.

Tablica II  
Tafel

Skład mineralny grubszych frakcji ( $> 0,02$  mm) materiału glebowego dna stawów  
Mineralische Zusammensetzung der gröberen Fraktionen ( $> 0,02$  mm) im Erdmaterial des Teichbodens

Gleba dna stawu Bodenproben aus Teich	Minerały w % — Minerale in %							
	Kwarczec Quarz	Ortoklaz Ortho- klas	Plagio- klazy Plagio- klas	Amfibol	Cyr- kon	Rutyl	Limo- nit	Inne mi- nerały andere Minerale
Wyszni VI	88,0	—	8,0	1,0	1,5	1,0	—	0,5
Kasprzyca	91,0	—	5,0	1,0	—	2,0	—	1,0
Karaś Gór.	89,0	—	9,0	1,0	—	—	—	1,0
Starości	88,0	1,0	9,0	1,5	—	—	—	0,5
Odymczok	85,0	—	6,0	—	—	—	9,0	—

Skład grupy oznaczonej w tabeli jako „inne minerały” stanowią: w glebie stawu Wyszni VI — muskowit i turmalin; Kasprzycy — cyrkon, granat, staurolit; Karaś Górny — cyrkon, rutyl, granat, Starości — rutyl i granat. Należy również zwrócić uwagę, że gleby dwóch więcej zaszlamionych stawów, tj. Odymczok i Kasprzyca, zawierają mniej minerałów takich jak plagioklasy i amfibol, mogących stanowić źródło podobnych składników jak Ca, Na i Mg.

Ilość węglanów została oznaczona termicznie, a wyniki przedstawione są w tablicy III. Wynika z niej że gleby te zawierają niewielką ilość węglanów. Najwięcej mają ich gleby stawów Kasprzyca i Wyszni VI, pozostałe zawierają ich ślady lub też w ogóle ich nie zawierają jak np. gleba stawu Odymczok.

Tablica III  
Tafel

Skład mineralny oznaczony termicznie i adsorpcja błękitu metylenowego średnich prób gleb stawów

Mineralische durch Thermoanalyse bestimmte Zusammensetzung und Adsorption von Methylenblau in Durchschnittsproben von Teichböden

Gleba dna stawu Bodenproben aus Teich	%					Ilość cm <sup>3</sup> błękitu/1g gleby Menge Methylenblau in cm <sup>3</sup> /g Boden
	Montmorylonit (M)	Kaolinit (K)	Węglany *) Karbonate	Reszta term. nieczynna die übrigen	Suma M + K	
Wyszni VI	3,0	4,8	0,8	87,4	7,8	9,5
Kasprzyca	3,6	6,8	0,9	83,0	10,4	12,0
Karaś Gór.	8,1	10,7	śl.	76,0	18,8	24,5
Starości	6,9	12,4	0,3	75,5	19,3	22,5
Odymczok	12,8	19,7	0,0	61,8	32,5	40,0

\* Zawartość węglanów oznaczona metodą termiczną bywa niekiedy wyższa od wartości uzyskiwanych np. metodą Scheiblera. W wysokiej temperaturze rozkładają się wszystkie formy węglanów oraz ich ziarna pokryte izolacyjną warstwą ilów lub krzemionki.

Minerały ilaste tych dwóch ważniejszych grup, tj. montmorylonitu i kaolinitu, jak już podano w części metodycznej, zostały oznaczone termicznie. Wyniki analiz średnich prób gleb użytych do doświadczeń przedstawia tablica III.

W tablicy zostały podane wszystkie składniki otrzymanywane w termooanalizie z wyjątkiem substancji organicznej, której zawartość będzie podana w dalszej części tej pracy. W rubryce 5 podane są sumy substancji ilastych poszczególnych gleb.

Szukając potwierdzenia wyników zawartości substancji ilastych uży-



skanych w termooanalizie wykonałem oznaczenie adsorpcji błękitu metylenowego na tych glebach, a wyniki dla porównania podaję również w tablicy III. Liczby oznaczają ilość  $\text{cm}^3$  zaadsorbowanego błękitu metylenowego przez 1 g gleby. Ilość  $\text{cm}^3$  przeliczona według oznaczonych standardów dla błękitu na zawartość substancji ilastej w badanych glebach, potwierdzają wyniki otrzymane termicznie.

Trzecią zastosowaną metodą, orientującą o zawartości substancji ilastych w opracowywanych glebach, jest chemiczna analiza wyciągów glebowych w kwasie solnym. Według założenia części rozpuszczone w HCl odpowiadają ogniwom montmorylonitu (a częściowo także illitu i kaolinitu) lub podobnym frakcjom minerałów ilastych o „wiotkiej” strukturze. Chociaż analiza wyciągu glebowego w HCl nie daje bezpośrednio ilościowego obrazu zawartości substancji ilastej, ponieważ w odczynniku tym rozpuszczają się częściowo i inne składniki, to jednak przewagę powinny mieć tutaj części należące do niej, a przez to powinny dawać obraz porównawczy dla badanych gleb.

Wyniki analizy chemicznej wyciągu badanych gleb w 20% HCl w procentach molarnych zestawione są w tablicy IV. Całe racjonalne analizy chemiczne zostaną podane w dalszej części pracy w procentach wagowych. W tablicy IV podaję w procentach molarnych wyniki analizy chemicznej części rozpuszczalnej w kwasie dla umożliwienia ewentualnego przeliczenia stechiometrycznego. W osobnej kolumnie u dołu podane są sumy procentów wagowych części rozpuszczonych w kwasie solnym.

Ogólnie o ilości substancji ilastej możemy w przybliżeniu wnioskować na podstawie sumy procentów wagowych składników rozpuszczonych w HCl. Jeśli weźmiemy więc pod uwagę tylko procenty wagowe, badane gleby w porównaniu ze sobą wykazują takie samo zróżnicowanie zawartości substancji ilastej jak analizy poprzednie.

W celu porównania wyników zawartości substancji ilastych otrzymanych tymi trzema metodami i dla lepszego zobrazowania różnic zachodzących pomiędzy badanymi glebami, liczbowe materiały analityczne zostały przedstawione na ryc. 2.

Jak widać z ryc. 2, wyniki otrzymane na drodze chemicznej analizy wyciągów glebowych w HCl są wyższe od wyników analizy termicznej dla ilastych minerałów grupy montmorylonitu. Jest to prawdopodobnie wynikiem tego, że do kwasu solnego przeszły poza montmorylonitem także i inne składniki, takie jak: wodorotlenki żelaza i glinu, wolne węglany oraz w pewnych ilościach składniki minerałów grupy kaolinitu. Uzyskana krzywa wskazuje na podobne zróżnicowanie w minerały ilaste jak analiza termiczna czy adsorpcja błękitu. Uwzględniając powyższe uwagi możemy stwierdzić, że zgodność wyników uzyskanych tymi metodami jest zadowalająca.

Analizy chemiczne wyciągów w 20% kwasie solnym średnich prób gleby dna stawów w % mol.

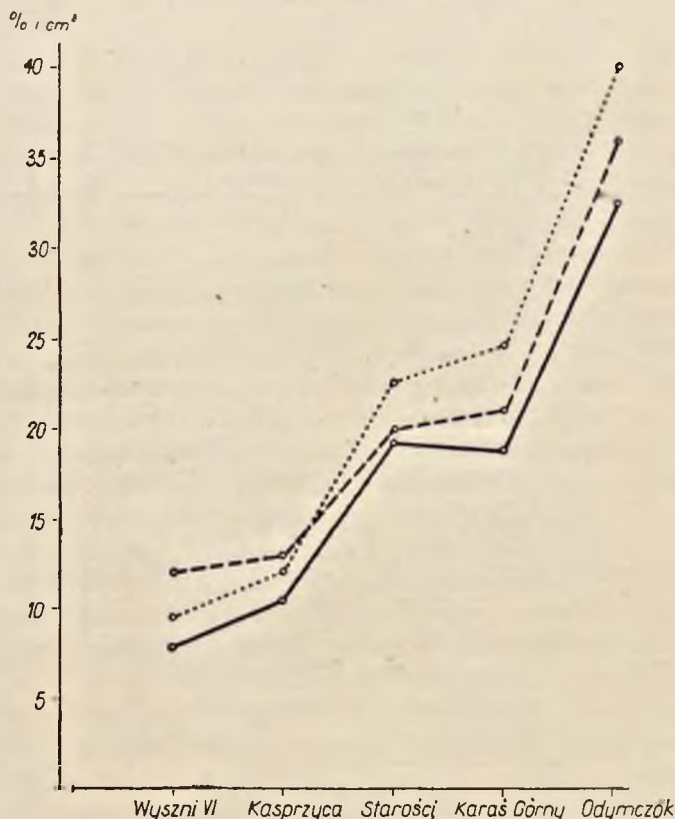
Chemische Analyse von Auszügen in 20% Salzsäure der mittleren Bodenproben des Teichgrundes in % Mol.

Gleba dna stawu Bodenproben aus Teich	Wyszni VI	Kasprzyca	Karaś Górny	Starości	Odymczok
Składniki Ebestandteile					
SiO <sub>2</sub>	55,75	59,73	61,30	57,90	57,68
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	śl.	śl.	śl.	śl.	0,02
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19,01	20,70	19,26	21,45	23,37
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,05	4,99	7,81	7,40	6,80
MnO	0,18	śl.	0,14	śl.	0,15
CaO	6,48	6,47	4,33	4,59	3,58
MgO	8,42	3,80	4,44	4,97	4,59
K <sub>2</sub> O	2,26	2,04	1,47	1,90	3,64
Na <sub>2</sub> O	1,45	2,27	1,25	1,79	0,17
Suma % mol. Summe % Mol.	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Suma % wag. rozp. w HCl Summe Gewichts-% in HCl lösl.	12,07	12,94	21,04	20,01	36,16

Różnice w zawartości substancji ilastej są wyraźne. Pod tym względem gleby stawu Wyszni VI i Kasprzyca należą do gleb o średniej zasobności w substancje ilaste (2 — 5% montmorylonitu i 5 — 10% kaolinitu), przy czym Kasprzyca ma substancji ilastej nieco więcej. Gleby stawów Starości i Karaś Górny należą do gleb o dużej zawartości substancji ilastej (5 — 8% montmorylonitu, 10 — 16% kaolinitu). Gleba stawu Odymczok jest bardzo zasobna w substancję ilastą (> 8% montmorylonitu i > 16% kaolinitu), a przede wszystkim zawiera dużą ilość minerałów ilastych grupy montmorylonitu.

Znaczne różnice w zawartości minerałów ilastych pozwalają przypuszczać, że ze względu na ich właściwości badane materiały glebowe mogą się różnie zachowywać w fizyko-chemicznych procesach wymiany składników gleby i wody.





Ryc. 2. Zawartość substancji ilastych w średnich próbach materiału glebowego stawów

Fig. 2. Gehalt an tonigen Substanzen in mittleren Bodenproben der Teiche

- termoanaliza — thermische Analyse  
 - - - - - analiza chemiczna — chemische Analyse  
 ..... adsorpcja błękitu metylenowego — Adsorption von Methylblau

### c) Substancja organiczna

Substancje organiczne są obok wysoko aktywnych składników mineralnych, do jakich należą minerały ilaste, najważniejszym składnikiem gleby. Ilość i jakość substancji organicznej, gromadzącej się w materiale glebowym dna stawu, jest zmienna i zależy od formacji roślinnej, rozwijającej się w zbiorniku wodnym, właściwości składu chemicznego rozkładających się resztek organicznych, rodzaju mikroorganizmów powodujących ten rozkład oraz od właściwości samego materiału glebowego.

Znajomość ilości związków organicznych w badaniach i przy ocenie materii glebowej dna stawu jest konieczna nie tylko dlatego, że mają one być źródłem związków mineralnych i rozpuszczających się w wodzie, substancji organicznych, lecz także dlatego, jak już wspomniano na wstępie, że mogą one być czynnikiem pogarszającym warunki produkcji.

Zawartość substancji organicznej, węgla, azotu ogólnego w średnich próbach gleb dna stawów w %

Gehalt an organischer Substanz, Kohlenstoff, Gesamtstickstoff in mittleren Bodenproben des Teichgrundes in %

Gleba dna stawu Bodenproben aus Teich	Subst. org. ozn. term. Org. Subst. durch Thermoanalyse	Subst. org. ozn. met. Altena Org. Subst. nach Altan	Subst. org. ozn. H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> Org. Subst. durch H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Różnica 1 — 2 Unterschied 1 — 2	C	N	C : N
Wyszni VI	4,0	3,23	3,30	0,77	2,00	0,22	9,09
Kasprzyca	5,7	4,78	4,76	0,92	2,85	0,30	9,50
Starości	4,9	3,47	3,93	1,43	2,45	0,27	9,09
Karaś Gór.	5,2	3,61	4,33	1,59	2,60	0,29	9,00
Odymczok	5,7	3,99	3,66	1,73	2,85	0,29	9,83

Zawartość substancji organicznych w średnich próbach gleb stawowych, użytych do doświadczeń w akwariach, została oznaczona termicznie oraz na drodze mokrej, oksydometrycznie, podanymi powyżej metodami. Otrzymane wyniki przedstawia tablica V.

Jak widać z niej, badane gleby są zasobne w związki organiczne, jednak jak na gleby stawowe ilość ich nie jest wysoka. Jest to wynikiem pobrania próbek gleby sondą Langego na głębokość 18 cm, w związku z czym wierzchnia warstwa dna najbardziej zasobna w związki organiczne stanowi tylko nieznaczny część próbki. Najwyższą zawartość substancji organicznej, jak widać z tabeli, mają gleby zaszlamionych już stawów Odymczok i Kasprzyca.

Metodą oksydometryczną uzyskałem niższe wartości niż metodą termiczną. Metodę Altana można uznać za zgodną z zastosowaną eksperymentalnie do tego rodzaju gleb metodą spalania substancji organicznej za pomocą H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, z wyjątkiem gleb ze stawów Karaś Górny i Starości. Dla lepszego scharakteryzowania substancji organicznej tych gleb w tabelicy V podano również stosunek węgla do azotu ogólnego. W tych różnych materiałach glebowych stosunek C : N wykazuje bardzo małe wahania i jest minimalnie mniejszy od najczęściej występujących wartości stosunku C : N w badaniach osadów jeziornych i gleb stawów, przeprowadzonych przez M. Stangenberga (1949). Różnice w zawartości azotu ogólnego między poszczególnymi glebami są również niewielkie.

W kolumnie 4 tabelicy V podane są różnice procentowe pomiędzy wartościami substancji organicznej, oznaczonej termicznie, a wynikami analizy uzyskanymi metodą Altana. Charakterystyczny jest wzrost tych różnic w takim porządku, w jakim wzrasta ilość minerałów ilastych grupy



montmorylonitu. Nasuwa się więc pytanie, czym należałoby ten fakt tłumaczyć. Wydaje się, że spowodowany on być może albo niedotlenieniem się pewnych skoksowanych części substancji organicznej, albo też istnieniem w glebach jakichś trudno utleniających się związków organicznych. Za tą drugą hipotezą przemawiałoby to, że w wypadku równych ilości substancji organicznej oznaczonej termicznie, jak u gleb stawów Kasprzycy i Odymczok, powinno się otrzymać przybliżone różnice, a tymczasem w glebie Kasprzycy różnica ta wynosi 0,92%, a w glebie Odymczok 1,73%. Możliwe więc jest, że istnieją takie związki natury organicznej w glebie, które słabiej się spalają w dwuchromianie potasu w obecności  $H_2SO_4$  lub 15%  $H_2O_2$  niż w temperaturze 400 °C. Takimi związkami mogłyby być istniejące w glebach związki organo-mineralne.

#### d) Związki organo-mineralne

Jak stwierdziło wielu badaczy, w większości gleb występują kompleksy organo-mineralne (Grim 1953). Niestety, ze względu na brak metod które by umożliwiły wyodrębnienie ich ze środowiska glebowego, nie udało się dotąd poznać ich właściwości i roli, jaką spełniają w glebie. Nie brak jednak prac doświadczalnych, które rzucają światło na budowę i warunki ich powstawania.

J. Giesecking i Ensminger stwierdzają, że organiczne jony mogą być sorbowane na podstawowej płaszczyźnie montmorylonitu (Ensminger, Giesecking 1941).

Kationami organicznymi, wchodzącymi w jonowe połączenia z substancją ilastą, jest wiele organicznych związków zawierających grupy aminowe. Według B. Hendricksa obok sił kulombowskich większe jony organiczne mogą być związane siłami van der Waalsa (Hendricks 1941). E. Grim wykazał, że drobne jony organiczne adsorbowane są tylko aż do nasycenia zdolności wymiennej kompleksu ilastego, gdy natomiast większe jony łączone siłami van der Waalsa mogą być adsorbowane w nadmiarze (Grim 1953 a). Debye wykazał, że wiele organicznych cząstek jest dipolami i mogą one łączyć się z substancjami ilastymi także polarnie (Grim 1953 a). Jony organiczne są bardzo silnymi wymieniającami dla kompleksu ilastego, tak że mogą one wypierać z niego dipole wody i kationy nieorganiczne (Grim 1953 b). Zdolność ta zwiększa się wraz ze wzrostem jonów wodorowych w kompleksie ilastym.

Prace szeregu badaczy doprowadzają do wniosku, że odporność pewnych materiałów organicznych na rozkład biologiczny może się zwiększyć jeżeli są one zaadsorbowane przez minerały ilaste. I tak Waksman, dochodzi do tego wniosku, gdyż stwierdził, że łatwiej jest akumulowana próchnica w glebie ilastej niż w słabo ilastej (Waksman 1936). En-

minger i Gieseking badali produkty gnicia zaadsorbowanej przez montmorylonit substancji organicznej i stwierdzili, że wykazują one tylko słabą tendencję do gnicia (Ensminger, Gieseking 1942).

Na podstawie tego krótkiego przeglądu wiadomości o organo-mineralnych związkach należy przypuszczać, że w glebie dna stawu o dużej zawartości minerałów ilastych i substancji organicznych powstawać będą związki organo-mineralne. Tworzyć one się będą tym intensywniej, im bardziej kompleks mineralny jest nasycony kationami wodoru, a nie kationami zasadowymi, jak np. w wypadku gleby ze stawu Odymczok.

W badanych glebach, ze względu na różny ilościowo kompleks ilasty, należy się spodziewać różnej ilości związków organo-mineralnych. Wydaje się więc prawdopodobne wspomniane powyżej przypuszczenie, że różnice pomiędzy oznaczeniami substancji organicznej w badanych glebach metodą termiczną i Alтена (tabl. V) mogą być wynikiem różnej zawartości związków organo-mineralnych. Umieszczone pomiędzy płytkami montmorylonitu cząstki organiczne mogą być bardziej odporne tak na rozkład biologiczny, jak i na działanie odczynników utleniających na drodze mokrej. Większa odporność na rozkład biologiczny tych związków będzie jeszcze dodatkowym czynnikiem powodującym nadmierną akumulację substancji organicznej w stawach.

Ze względu na to, że związki organo-mineralne stanowią część kompleksu sorpcyjnego i biorą czynny udział w wymianie kationów, obecność ich i ilość w glebie dna stawu nie pozostanie bez wpływu na oddziaływanie gleby dna na wodę w stawie.

#### e) Skład chemiczny

Dla uzyskania dokładnej oceny badanego materiału glebowego pod względem składu chemicznego została wykonana całkowita, „racjonalna” analiza chemiczna. Wydaje się zrozumiałe bowiem, że aby móc uchwycić doświadczalnie zależność stanu chemicznego wody od materiału glebowego dna muszą być znane bardzo dokładnie jakość i ilość składników chemicznych tego materiału i jego chemiczne właściwości.

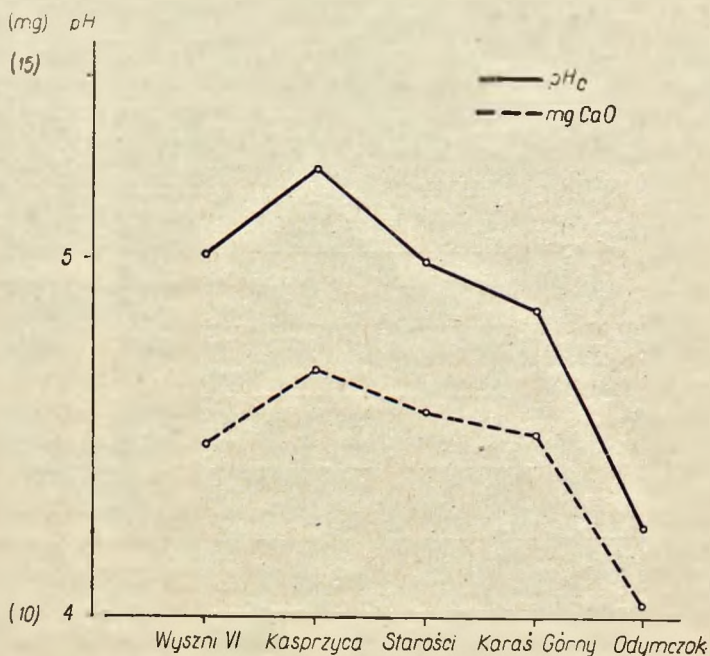
Wyniki całkowitych, racjonalnych analiz chemicznych gleb, użytych do doświadczeń w akwariach, wyrażone w procentach wagowych przedstawia tablica VI. Jak wynika z niej, najmniej składników mineralnych rozpuszczonych w 20% kwasie solnym mają gleby stawów Wyszni VI i Kasprzyca, nieco więcej gleby stawów Starości i Karaś Górny, a najwięcej gleba stawu Odymczok. W nierozpuszczalnej w kwasie części gleby najwięcej  $\text{SiO}_2$ , biernego chemicznie składnika, zawiera materiał glebowy dna stawów Wyszni VI (75%) i Kasprzyca (72%), o wiele mniej, bo około 63%, zawierają gleby stawów Starości i Karaś Górny, a najmniej (43%) gleba stawu Odymczok.



Tablica VI  
Tafel

Analizy chemiczne średnich prób materiału glebowego dna stawów w % wag.  
Chemische Analysen von mittleren Bodenproben des Teichgrundes in Gewichts-%

Gleba dna stawu Bodenproben aus Teich	Wyszni VI			Kasprzyca			Starości			Karaś górny			Odymczok		
	rozp. w HCl	nie- rozp. w HCl	anal. brutto	rozp. w HCl	nie- rozp. w HCl	anal. brutto	rozp. w HCl	nie- rozp. w HCl	anal. brutto	rozp. w HCl	nie- rozp. w HCl	anal. brutto	rozp. w HCl	nie- rozp. w HCl	anal. brutto
Składniki Bestandteile	löslich in HCl	unlös- lich in HCl	löslich in HCl	löslich in HCl	unlös- lich in HCl	löslich in HCl	löslich in HCl	unlös- lich in HCl	löslich in HCl	unlös- lich in HCl	löslich in HCl	löslich in HCl	unlös- lich in HCl	unlös- lich in HCl	löslich in HCl
SiO <sub>2</sub>	5,53	75,05	80,58	6,32	71,90	78,22	9,16	63,11	72,27	10,28	62,61	72,89	16,45	43,12	59,57
TiO <sub>2</sub>	—	0,62	0,62	—	0,38	0,38	—	0,46	0,46	—	0,51	0,51	—	0,53	0,53
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	śl. Spuren	—	śl. Spuren	śl. Spuren	—	śl. Spuren	śl. Spuren	—	śl. Spuren	śl. Spuren	—	śl. Spuren	—	—	0,02
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,20	5,14	8,34	3,72	5,99	9,71	5,76	6,67	12,43	5,48	5,74	11,22	11,32	7,18	18,50
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,60	śl. Spuren	1,60	1,40	śl. Spuren	1,40	3,12	śl. Spuren	3,12	3,48	śl. Spuren	3,48	5,16	śl. Spuren	5,16
MnO	0,02	—	0,02	śl. Spuren	—	śl. Spuren	śl. Spuren	—	śl. Spuren	0,03	—	0,03	0,05	—	0,05
CaO	0,60	0,56	1,16	0,64	0,59	1,23	0,68	0,51	1,19	0,68	0,49	1,17	0,60	0,41	1,01
MgO	0,56	0,30	0,86	0,27	0,43	0,70	0,53	0,51	1,04	0,50	0,27	0,77	0,88	0,41	1,29
K <sub>2</sub> O	0,41	—	0,41	0,34	—	0,34	0,47	—	0,47	0,39	—	0,39	1,63	—	1,63
Na <sub>2</sub> O	0,15	—	0,15	0,25	—	0,25	0,29	—	0,29	0,20	—	0,20	0,05	—	0,05
-H <sub>2</sub> O	—	—	1,36	—	—	1,76	—	—	2,13	—	—	2,32	—	—	3,45
Strata praż. Glühverlust	—	—	4,93	—	—	6,41	—	—	6,72	—	—	7,40	—	—	9,00
Suma	12,07	81,67	100,03	12,94	79,29	100,40	20,01	71,26	100,12	21,04	69,62	100,38	36,16	51,65	100,26



Ryc. 3. pH i zawartość CaO w mg/g gleby w średnich próbach materiału glebowego stawów

Fig. 3. pH-Gehalt in mittleren Bodenproben der Teiche

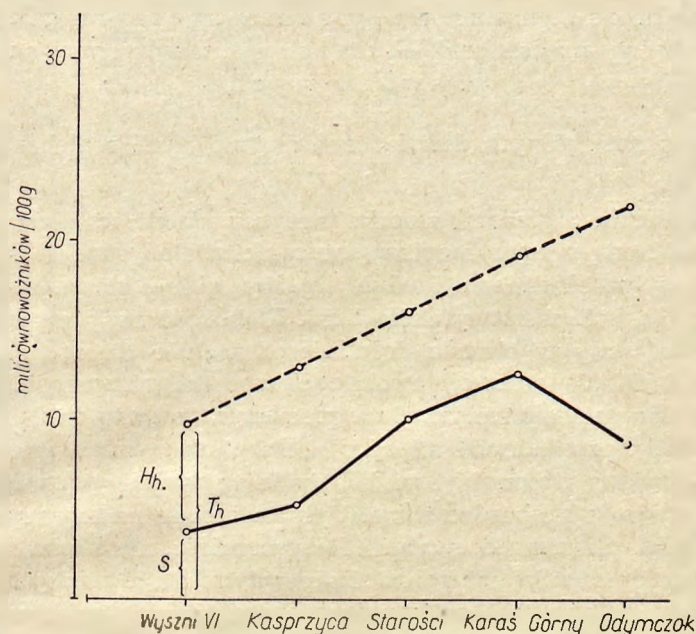
Jak wskazują wyciągi w 20% HCl, ogólny zapas składników, które mogą być stopniowo dostępne dla organizmów żyjących w stawie, jest różny. Różnice między poszczególnymi glebami stawów w występowaniu tych składników, które uważane są za składniki pokarmowe, są nieznaczne, z wyjątkiem gleby stawu Odymczok. Gleba jego jest w składniki te najbogatsza. Mniej zasobna jest gleba stawu Starości, jeszcze mniej Karaś Górny i Wyszni VI, a najmniej Kasprzyca.

Ważnym uzupełnieniem charakterystyki chemicznej tych gleb jest określenie ich kwasowości i pojemności sorpcyjnej.

Kwasowość czynną badanego materiału glebowego podano na ryc. 3. Według najczęściej stosowanego w gleboznawstwie podziału S. K u e h n a gleby stawów Wyszni VI, Kasprzyca, Starości, Karaś Górny są glebami silnie kwaśnymi, a gleba stawu Odymczok jest bardzo silnie kwaśna. Podstawowym neutralizatorem wszelkiego rodzaju składników zakwaszających glebę stawową, obok innych kationów o charakterze zasadowym, jest wapń. Na ryc. 3 dla zobrazowania zależności pH<sub>c</sub> od zawartości Ca w badanych glebach podano krzywą, przedstawiającą ogólną ilość CaO w mg na g gleby.

Pojemność sorpcyjna względem kationów tych gleb została określona





Ryc. 4. Pojemność sorpcyjna względem kationów średnich prób gleb stawów  
 Fig. 4. Sorptionskapazität der Kationen in mittleren Bodenproben der Teiche  
 ----- pojemność sorpcyjna — Sorptionskapazität  
 ————— suma zasad wymiennych — Austauschbasen-Gehalt

drogą pośrednią przez oznaczenie sumy zasad wymiennych i kwasowości hydrolitycznej. Wyniki w miliórównoważnikach na 100 g powietrznie suchej gleby przedstawia ryc. 4. Jedna z krzywych oznacza całkowitą pojemność sorpcyjną, druga zaś sumę zasad wymiennych. Wielkość kwasowości hydrolitycznej wyznaczają odcinki  $H_h$  pomiędzy krzywymi. Jak widać z ryc. 4, badane gleby różnią się pod względem pojemności sorpcyjnej kationów bardzo wyraźnie. Gleba stawu Wyszni VI ma pojemność sorpcyjną kationów najmniejszą, gleba stawu Kasprzyca nieco większą, Starości i Karaś Górny jeszcze większą, a gleba stawu Odymczok największą. Kwasowość hydrolityczna jest u wszystkich gleb wysoka. Stosunek odcinka  $S$ , przedstawiającego wielkość sumy zasad wymiennych, do całego odcinka  $T_h$ , oznaczającego całą pojemność sorpcyjną kationów, określa stopień nasycenia tych gleb zasadami. Jak widzimy, stopień nasycenia zasadami przedstawia się różnie, ogólnie jednak u wszystkich tych gleb jest mały.

Wszystkie podane powyżej wyniki badań materiału glebowego dna stawów dotyczą średnich prób gleb, które zostały użyte do doświadczeń w akwariach.

### III. Wyniki badań nad wpływem materiału glebowego dna stawów na skład chemiczny wody w warunkach akwariowych

#### a) Opis poszczególnych doświadczeń akwariowych z glebami dna stawów

Doświadczenia z glebami zostały przeprowadzone w akwariach wielkości  $30 \times 50$  cm, w sposób opisany w części metodycznej. Powierzchnia umieszczona w akwarium średniej próby gleby stawu równała się  $1385 \text{ cm}^2$ , a grubość warstwy około 1 cm. Głębokość wody wynosiła 18 cm. Temperatura wody w okresie doświadczeń wahała się w granicach od 14 do  $22^\circ\text{C}$ . Stopień rozwoju życia roślinnego w poszczególnych akwariach, określany wzrokowo tak przy pierwszym zalaniu wodą gleby, jak i przy drugim, przedstawiał się różnie. Po pierwszym zalaniu w akwarium z glebą dna stawu Wyszni VI, życie w wodzie pojawiło się dość szybko i rozwinęło się bardzo silnie. Były to drobne rośliny wyższe i niższe z przewagą glonów nitkowatych. Równocześnie, ale bardzo słabo, rozwijała się drobna roślinność denna. Po pewnym czasie nastąpił silny rozwój bakterii żelazistych, w wyniku czego dno i roślinność zabarwiły się związkami żelaza trójwartościowego na kolor rdzawy. W wodzie akwarium z glebą stawu Kasprzyca życie rozwinęło się nieco słabiej niż w poprzednim, ale jakościowo skład roślinności był bardzo podobny. Nie wystąpiło tutaj tylko zjawisko biologicznego wytrącania się związków żelazowych. Rozwój roślin dennych był również bardzo słaby. W akwarium z glebą stawu Starości rozwój roślinności w wodzie był słaby. Silniej natomiast w stosunku do poprzednich rozwinęły się tu drobne rośliny denne. W wodzie akwarium z glebą stawu Karaś Górny roślinność rozwinęła się dobrze, a wśród niej również przeważały glony nitkowate. Szczególnie silnie rozwinęła się w tym akwarium roślinność denna, składająca się przeważnie z bujno rosnących i gęsto pokrywających dno traw. Ze względu na trudności w oznaczaniu i brak koniecznej potrzeby, nie określono rodzajów i gatunków występujących traw. W wodzie akwarium z glebą stawu Odymczok roślinność wodna rozwinęła się bardzo słabo, natomiast na dnie pojawiła się w niewielkiej ilości bardzo drobna roślinność denna.

Po drugim zalaniu we wszystkich akwariach stopień rozwoju roślinności był o wiele mniejszy. Różnice pomiędzy akwariami pod względem nasilenia rozwoju roślinności były podobne jak przy pierwszej wodzie.

Roślinność żyjąca w wodzie i korzystająca ze składników pokarmowych w niej zawartych została możliwie w całości zebrana przy spuszczeniu wody i wraz z nią poddana analizie chemicznej. Roślinność denna została w całości pozostawiona w akwarium.



b) Skład chemiczny wody akwariów z umieszczonymi glebami stawów Jest rzeczą wiadomą, że gleba stykając się z wodą odgrywa wielką rolę w procesie kształtowania się jej składu chemicznego. Przy dostatecznie silnym i długotrwałym kontakcie wody z glebą w stawie, jej skład chemiczny może podlegać, między innymi, zmianom nie tylko spowodowanym przez bezpośrednie rozpuszczanie się pewnych składników gleby w wodzie, lecz także na drodze wymiany jonowej pomiędzy kompleksem sorpcyjnym gleby a wodą.

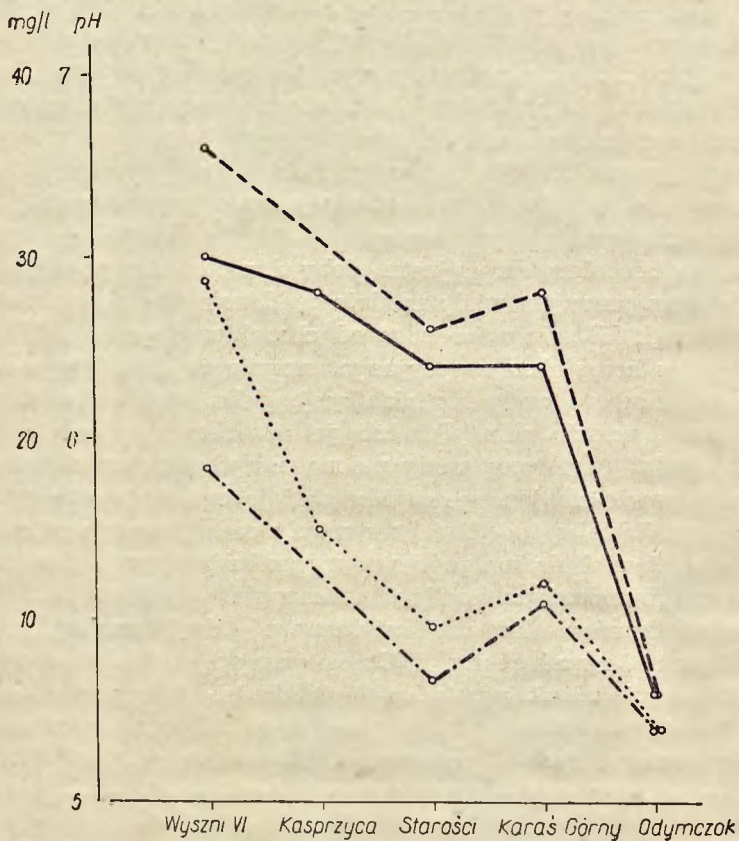
Pomiędzy zespołem sorpcyjnym gleby dna stawu a współdziałającym z nim składem jonowym wody istnieje tendencja do ustalania się pozornej równowagi. W zależności więc od charakterystycznego dla każdego rodzaju gleby kompleksu sorpcyjnego, stopnia i jakości jego nasycenia oraz stanu jonowego wody kontaktującej, gleba w pewnym stopniu będzie oddawać wodzie składniki lub je adsorbować z wody. Na ogół w stawach skład chemiczny wody z donośników odznacza się stosunkowo niewielką zawartością jonów i szybko zostają one zużywane przez organizmy żyjące. W tej sytuacji gleba z reguły oddaje wodzie składniki.

Jak przedstawiał się ten proces w wypadku badanych gleb, wykazują wyniki przeprowadzonych analiz chemicznych.

Do doświadczeń w akwariach użyłem wody destylowanej, przyjmując wyniki badań Cronheima i Czernego, z których wynika, że nie ma istotnych różnic pomiędzy użytą do ich doświadczeń z glebami stawów wodą destylowaną a wodą rzeczną, po odliczeniu pierwotnych jej składników mineralnych (Cronheim i Czerny 1919, tabl. II).

Kwasowość wód w akwariach była mierzona w pierwszych dniach po zalaniu gleby codziennie, a potem już tylko w odstępach 7-dniowych. Początkowa kwasowość dolewanej do akwarium wody destylowanej wynosiła 5,4 *pH*. Już w następnych dniach, z wyjątkiem wody w akwarium z glebą stawu Odymczok, wartości *pH* wód wzrastały. Było to przypuszczalnie wynikiem rozpuszczenia w wodzie pewnych składników gleby, czyli woda przestała już być wodą destylowaną. Wartości *pH* wód akwarium w krótkim czasie osiągnęły pewne maksimum, a potem podlegały już tylko w stosunku do niego mniejszym lub większym wahaniom. Ze względu na dużą ilość pomiarów zostaną podane tylko średnie wartości *pH* pierwszej i drugiej wody akwariów. Średnie wyniki *pH* przedstawione są na ryc. 5. Dla zobrazowania zależności pomiędzy zawartością wapnia w wodzie a wartością *pH* na ryc. 5 zostały umieszczone krzywe, oznaczające zawartość CaO w mg na litr wody akwarium.

Całkowite analizy chemiczne pierwszych i drugich wód akwariów z badanymi glebami podane są w tablicy VII. W tablicy nie podano analizy drugiej wody akwarium z glebą dna stawu Kasprzyca, gdyż doświadczenie uległo zniszczeniu.



Ryc. 5. Średnie pH i zawartość CaO (w mg/l) wód akwariów z glebami stawów  
 Fig. 5. Der mittlere pH-Wert und CaO (mg/l) des Wassers aus den Aquarien mit Teichboden-Belag

- pH I wody — pH I-es Wassers
- - - pH II wody — pH II-es Wassers
- ..... mg CaO w I wodzie — mg CaO im I. Wasser
- . - . mg CaO w II wodzie — mg CaO im II. Wasser

Jak wskazują wyniki analiz chemicznych wód umieszczone w tablicy VII, najwięcej składników oddała pierwszej wodzie gleba stawu Wyszni VI, znacznie mniej gleba stawu Kasprzyca, jeszcze mniej Karaś Górny i Starości, a najmniej gleba stawu Odymczok. Ilość składników oddanych przez te gleby drugiej wodzie jest mniejsza od ilości oddanych wodzie pierwszej. Jeśli chodzi o ilościowy stosunek składników z poszczególnych stawów względem siebie, to można, zaczynając od największej ilości składników, jaką oddała wodzie gleba stawu Wyszni VI, ułożyć taki sam szereg kolejności jak przy pierwszej wodzie. Sumę składników pokarmowych, takich jak  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ ,  $CaO$ ,  $MgO$  w pierwszych i drugich



Analyzy chemiczne wód akwarium z glebami stawów  
Chemische Analyse des Wassers aus den Aquarien mit Teichboden

Tablica VI  
Tafel

Glebadna stamu Bodenproben aus Teich Bestandteile	Wyszni VI				Kasprzyca		Starości				Karaś Górny				Odymczok					
	I woda I. Wasser		II woda II. Wasser		I woda I. Wasser		II woda II. Wasser		I woda I. Wasser		II woda II. Wasser		I woda I. Wasser		II woda II. Wasser		I woda I. Wasser		II woda II. Wasser	
	% wag	mg/l l	% wag	mg/l l	% wag	mg/l l	% wag	mg/l l	% wag	mg/l l	% wag	mg/l l	% wag	mg/l l	% wag	mg/l l	% wag	mg/l l	% wag	mg/l l
	śl. Spuren		śl. Spuren		śl. Spuren		śl. Spuren		śl. Spuren		śl. Spuren		śl. Spuren		śl. Spuren		śl. Spuren		śl. Spuren	
SiO <sub>2</sub>	1,92	3,12	3,66	2,05	4,92	3,70	13,71	6,85	20,85	7,33	3,16	2,03	18,86	7,06	24,00	8,39	19,49	5,01		
P <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,08	0,13	0,26	0,15	0,14	0,10	0,11	0,05	0,35	0,13	0,14	0,10	0,07	0,02	0,18	0,06	0,09	0,02		
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,30	0,48	0,70	0,39	0,96	0,74	2,43	1,06	2,35	0,83	2,31	1,48	3,76	1,41	2,10	0,73	4,20	1,08		
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,56	5,75	0,88	0,49	0,32	0,26	1,10	0,48	0,72	0,26	4,17	2,68	0,67	0,14	1,89	0,65	Spuren	śl. Spuren		
MnO	śl. Spuren	0,02	—	—	śl. Spuren	—	śl. Spuren	—	śl. Spuren	—	0,09	0,06	śl. Spuren	—	śl. Spuren	—	śl. Spuren	—		
CaO	17,70	28,75	32,91	18,50	20,10	15,13	22,07	9,60	18,83	6,62	18,50	12,00	29,64	11,10	11,18	3,91	15,64	4,02		
MgO	0,67	1,08	0,86	0,48	0,49	0,37	1,33	0,58	1,14	0,40	0,84	0,54	0,93	0,35	1,11	0,39	1,51	0,39		
K <sub>2</sub> O	0,25	0,40	0,11	0,06	0,64	0,48	0,52	0,23	0,49	0,18	0,46	0,30	0,12	0,04	0,27	0,10	0,43	0,11		
Na <sub>2</sub> O	0,29	0,47	0,53	0,30	1,04	0,78	0,69	0,30	1,38	0,49	1,15	0,74	0,64	0,24	4,72	1,65	3,73	0,96		
Cl	brak fehlt	—	brak fehlt	—	brak fehlt	—	brak fehlt	—	brak fehlt	—	brak fehlt	—	brak fehlt	—	brak fehlt	—	brak fehlt	—		
SO <sub>3</sub>	0,66	1,07	4,07	2,28	śl. Spuren	śl. Spuren	0,71	0,31	7,00	2,46	1,08	0,70	3,52	1,32	11,01	3,85	10,50	2,70		
CO <sub>2</sub> *	14,58	23,69	24,95	14,00	17,34	13,06	19,10	8,31	13,38	4,70	15,87	10,20	22,84	8,56	7,41	2,60	11,00	2,82		
Subst. org.	59,54	96,75	30,83	17,33	53,76	40,45	38,26	16,64	33,12	11,65	52,02	33,45	18,84	7,05	35,95	12,56	33,35	8,58		
Subst.	99,55	161,71	99,76	56,03	99,71	75,07	100,03	44,41	99,61	35,05	99,77	64,28	99,89	37,19	99,82	34,89	99,94	25,69		

\* Węglanowy — kohlensäure Verbindung

Suma składników  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ ,  $CaO$ ,  $MgO$ , w pierwszych i drugich wodach akwariów  
Summe  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ ,  $CaO$ ,  $MgO$  — im ersten und in dem zweiten Wasser der  
Aquarienversuche in mg/l

Gleba dna stawu Bodenproben aus Teich	Wyszni VI	Kasprzyca	Karaś Gór.	Starości	Odymczok
I woda mg/l I. Wasser	30,36	16,08	12,94	10,46	4,94
II woda mg/l II. Wasser	19,19	—	11,51	7,33	4,54

wodach akwariów z glebami stawów, przedstawia tablica VIII. Dla badanych gleb z wspomnianych stawów w obydwóch wodach ilościowy szereg w kolejności przedstawia się tak jak i przy ogólnej ilości składników. Wody akwarium z glebą stawu Wyszni VI zawierały tych składników najwięcej, woda akwarium z glebą stawu Kasprzyca mniej, wody akwariów z glebami stawów Karaś Górny i Starości jeszcze mniej, a wody akwarium z glebą stawu Odymczok najmniej. Ze składników mineralnych zawierają one najwięcej wapnia, jak zresztą wszystkie słodkie wody. Wyjątek stanowią obydwie wody akwarium z glebą stawu Odymczok i druga woda z glebą stawu Starości. Pod względem zawartości wapnia pierwsze wody można podzielić według skali *O h l e g o* (1938 r.), ustalonej dla wód śródlądowych, po przeliczeniu  $CaO$  na  $Ca$  — na wody o średniej zawartości wapnia — stawy Wyszni VI i Kasprzyca, oraz wody ubogie w wapń — pozostałe stawy. Drugie wody, z wyjątkiem wody z akwarium z glebą Wyszni VI, którą zaliczyć należy do wód średnio zasobnych w wapń, należą do wód ubogich w ten składnik. Obydwie wody z akwarium z glebą stawu Odymczok i druga woda z akwarium z glebą stawu Starości miały w swym składzie mineralnym największe ilości  $SiO_2$ .

Zawartość fosforu w pierwszych i drugich wodach jest różna, ogólnie niewielka, bo od 0,02 do 0,15 mg  $P_2O_5$ /1 l wody. Najwięcej zawiera go pierwsza i druga woda z akwarium z glebą stawu Wyszni VI (0,13 i 0,15 mg  $P_2O_5$ /l), mniej wody akwariów z glebami stawów Kasprzyca, Starości, Karaś Górny, a najmniej wody z akwarium z glebą stawu Odymczok, bo woda pierwsza 0,06 a druga 0,02 mg/l.

Na uwagę zasługuje zawartość żelaza w pierwszych wodach akwariów z glebami stawów Wyszni VI i Karaś Górny. Są to, jak na wody stawowe, ilości dość duże.

Jeżeli chodzi o aniony, to zamieszczone w tablicy VII analizy wód



nie dają pełnego obrazu zawartości ich w wodach. Nie zostały bowiem oznaczone azotyny, azotany oraz wolny dwutlenek węgla ( $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{CO}_3$ ) i dwuwęglanowy. Jak widać z tablicy VII, we wszystkich wodach brakuje chlorków. Zawartość jonów siarczanowych w poszczególnych wodach jest różna, ogólnie jednak niewielka. Z wyjątkiem wody z akwarium z glebą stawu Odymczok, ilość mg  $\text{SO}_3$  w drugich wodach jest większa aniżeli w wodach pierwszych. Zawartość  $\text{CO}_2$  węglanowego we wszystkich wodach przedstawia się również różnie.

Różnice ilościowe występują w wodach nie tylko w ogólnej ilości składników, jakie gleby oddały wodzie, lecz także i w składzie jakościowym, np. stosunek składników uważanych za pokarmowe do krzemionki w poszczególnych wodach jest różny. I tak w wodach akwariów z glebami Wyszni VI i Kasprzyca jest on najkorzystniejszy, w wodach z glebami stawów Karaś Górny i Starości jest gorszy, a w wodzie z glebą stawu Odymczok najgorszy.

Ilości substancji organicznej w pierwszych wodach są różne. Jeśli chodzi o ilościowy szereg, układają się tak, jak i pod względem zawartości składników mineralnych. Woda z glebą stawu Wyszni VI ma substancji organicznych najwięcej, dużo mniej woda z glebą stawu Kasprzyca, jeszcze mniej wody z glebami stawów Karaś Górny i Starości, a najmniej woda z glebą stawu Odymczok. W drugich wodach ilości substancji organicznej są mniejsze aniżeli w wodach pierwszych, przy czym różnice te są niewielkie. Co do ilościowej kolejności, to z wyjątkiem wody z glebą stawu Karaś Górny, zaczynając od największej ilości w wodzie z glebą

Tablica IX  
Tafel

Ilość składników mineralnych rozpuszczonych w wodzie z 1 m<sup>2</sup>  
gleby stawu o miąższości 1 cm  
Menge der in der Wassersäule auf 1 m<sup>2</sup> Teichboden-Belag von  
1 cm Dicke gelösten mineralischen Bestandteile

Gleba dna stawu Bodenproben aus Teich	Grubość warst. wody w cm Höhe der Wassersäule	Ilość składników mineralnych w g/1 m <sup>2</sup> gleby Menge der minel. Bestandteile aus 1 m <sup>2</sup>	
		I woda I. Wasser	II woda II. Wasser
Wyszni VI	18	11 7252	6 9853
Kasprzyca	18	6 2489	—
Karaś Gór.	18	5 5594	5 4402
Starości	18	5 0106	4 2237
Odymczok	18	4 0286	3 0880

stawu Wyszni VI, układają się one w kierunku mniejszych wartości, tak jak i w wodach pierwszych.

Oznaczone ilości substancji organicznej są sumą substancji organicznych z organizmów żywych, które rozwinęły się w wodzie akwarium i związków organicznych, rozpuszczonych z gleby. Nie można zatem stwierdzić na podstawie wykonanych oznaczeń, ile substancji organicznej oddały poszczególne gleby wodzie.

Ilości składników mineralnych, jakie oddały gleby wodom, obliczone w stosunku do powierzchni dna i ilości gleby, która zajmuje tę powierzchnię, przedstawia tablica IX. Liczby w tablicy IX oznaczają ilość gramów substancji mineralnych, oddanych przez 1 m<sup>2</sup> gleby (o miąższości około 1 cm), wodzie o tej samej powierzchni i grubości warstwy 18 cm.

Jak widzimy różne co do jakości gleby dna stawów oddały wodzie różne ilości składników.

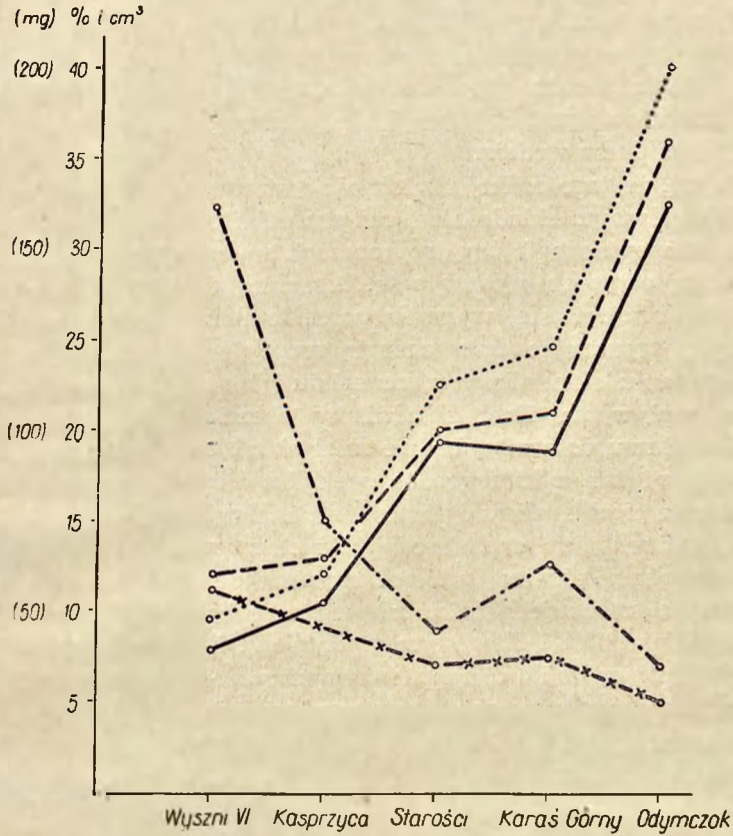
### Zestawienie wyników i wnioski

Przeprowadzone badania analityczne wykazują, że użyty do dowiadczeń materiał glebowy stawów różni się między sobą nie tylko genetycznie i stopniem ewolucji dna, ale również wieloma ważnymi właściwościami, takimi jak skład mechaniczny, zawartość substancji organicznej, skład mineralny i chemiczny itp.

Szukając, w myśl założenia prowadzenia badań, zależności pomiędzy jakością materiału glebowego stawów a ilościowym składem chemicznym wody, na podstawie otrzymanych wyników możemy dojść do wniosku, że taka zależność istnieje. Rozpatrując po kolei wszystkie właściwości gleb możemy stwierdzić, że nie widać jakiejś ściślej i wyraźnej zależności ilości składników, jakie gleby oddały wodom w akwarium, od zawartości substancji organicznej, ani też od kwasowości gleby czy stopnia nasycenia ich kompleksu zasadami wymiennymi. Nie zależy też ilość i jakość składników chemicznych w wodzie od zasobności gleby w te składniki. Z najbardziej bowiem zasobnej w składniki pokarmowe gleby stawu Odymczok, (por. tabl. VI), przeszło ich do wody najmniej, a ze znacznie mniej zasobnej pod tym względem gleby Wyszni VI, rozpuściło się ich w wodzie najwięcej. Bardzo wyraźnie natomiast widać, że ilość składników oddanych wodom przez gleby zależy od zawartości substancji ilastych.

Stopień i charakter tej zależności przedstawia ryc. 6. Jak widać z niej, gleba stawu Wyszni VI, zawierająca według analizy termicznej średnią ilość substancji ilastych, oddała pierwszej i drugiej wodzie najwięcej składników. Gleba stawu Kasprzycza ma nieco więcej substancji ilastej, ilość rozpuszczonych w wodzie składników jest znacznie mniejsza. Jeszcze mniej składników oddała wodzie gleba stawu Karaś Górny,





Ryc. 6. Zależność ilości związków rozpuszczonych w wodzie od zawartości substancji ilastych w materiale glebowym stawów

Fig. 6. Abhängigkeit der im Wasser gelösten Verbindungen von dem Tonanteil in den Bodenproben der Teiche

- substancja ilasta według analizy termicznej ( $\Sigma M + K$ )  
tonige Substanz nach thermischer Analyse
- - - - - substancja ilasta według analizy chemicznej  
tonige Substanz nach chemischer Analyse
- ..... substancje ilaste według adsorpcji błękitu metylenowego  
tonige Substanz auf Grund der Adsorption durch Methylblau
- · - · -  $\Sigma$  skład. I wody mg/l l  
 $\Sigma$  der Bestandteile im I. Wasser
- × - ×  $\Sigma$  skład. II wody mg/l l  
 $\Sigma$  der Bestandteile im II. Wasser

zawierająca dużą ilość substancji ilastych. Z gleby stawu Starości, mającej w sumie (według analizy termicznej) nieznacznie więcej substancji ilastych od gleby stawu Karaś Górny, przeszło do wody jeszcze mniej składników. Najmniejszą ilość składników oddała wodom gleba stawu Odymczok, zawierająca najwięcej substancji ilastych.

Rozpatrując charakter zależności, zachodzącej pomiędzy ilością substancji ilastych w glebach a ilościowym składem chemicznym wody (ryc. 6), stwierdzić można, że ilości te pozostają do siebie w odwrotnym stosunku. Im więcej jest substancji ilastych w glebie, tym mniej gleby te oddają składników wodzie.

Wydaje się, że tego rodzaju zależność jest uzasadniona, gdyż substancje ilaste są głównym składnikiem mineralnej i organo-mineralnej części kompleksu sorpcyjnego, który w procesach wymiany jonowej pomiędzy glebą a wodą odgrywa główną rolę. Materiał glebowy dna stawu, zasobny w substancje ilaste, wyzwala przez to dużą sumaryczną aktywną powierzchnię, wykazując dużą energię sorpcyjną, która może przeciwdziałać ługowaniu składników z materiału glebowego.

Pewien wpływ na ilość składników chemicznych, przechodzących z gleby dna stawu do wody, będzie miał skład mechaniczny gleby oraz stopień ewolucji dna, z którego ona pochodzi. Do takiego przypuszczenia skłania fakt, że ciężkie gliny pylaste dna stawów Karaś Górny i Starości, różniące się zawartością drobnego pyłu i stopniem ewolucji dna, wykazują nieco większą różnicę w ilości rozpuszczonych w wodzie składników, niż na to wskazuje różnica zawartości substancji ilastych. W wypadku gleb Wyszni VI i Kasprzycy wydaje się, że dodatkowy wpływ na znacznie większą różnicę w ilości rozpuszczonych przez nich w wodzie składników, mogła mieć różnica w stopniu ewolucji ich dna.

Jak wskazują wyniki analiz chemicznych, zróżnicowanie ilościowe w składzie chemicznym wody występuje nie tylko w ogólnej ilości składników, jakie przeszły z gleby do wody, ale także w składzie jakościowym.

Widać więc, że nie tylko ogólna ilość składników oddanych wodom, lecz także ilość poszczególnych składników zależna jest głównie od zawartości substancji ilastych w badanych glebach.

Ze wszystkich przedstawionych w tej pracy materiałów badawczych zdaje się wynikać, że:

1) ilość oznaczonych składników chemicznych, rozpuszczonych w wodzie jest niezależna od ich ilości występujących w glebie dna;

2) ilość składników chemicznych, przechodzących z materiału glebowego dna stawu do wody, zależy głównie od znajdujących się w nim ilości substancji ilastych, przy czym ilości te pozostają do siebie w odwrotnym stosunku (do pewnej minimalnej granicy dla substancji ilastej);

3) skład mechaniczny, stwarzający w glebie dobre warunki fizyczne, i zawartość łatwo mineralizujących się związków organicznych oraz szybko hydrolizujących się minerałów sprzyjać może wzbogacaniu się wody stawu w składniki mineralne. Natomiast kiedy zawartość minerałów ilastych w glebie dna stawu przekracza średnią ich ilość (5% minerałów



grupy montmorylonitu i 10% kaolinitu), to zależnie od ilości wpływa ona w większym lub mniejszym stopniu hamująco na ten proces.

4) Wydaje się, że doświadczenia akwariowe w tego rodzaju badaniach mogą stanowić równie dobrą choć ograniczoną metodę, podobnie jak doświadczenia wazonowe w badaniach rolniczych. Metoda ta, nie może dawać pełnego obrazu środowiska stawowego, bowiem procesy biologiczne w akwariach są inne niż w naturalnych stawach. Niemniej jednak, jak wykazano w tej pracy, wyniki otrzymane tym sposobem pozwalają na poznanie niektórych kierunków w procesie wzajemnego oddziaływania na siebie gleby i wody w stawie. Sposób ten, przy zastosowaniu w miejsce analizy wagowej szybkiej metody oznaczania składu chemicznego wody, mógłby posłużyć do oceny możliwości zasilania wody stawu w składniki mineralne przez daną glebę dna, jak również mógłby się stać pewniejszym kryterium w ocenie potrzeb nawożenia stawów niż dotychczas stosowane bardzo często wyczcucie ichtiologa lub analiza chemiczna gleby dna. Wyłonione tym sposobem zagadnienia powinny być następnie badane w naturalnych warunkach stawowych.

Wynika więc z powyższego, że w przyszłości byłoby wskazane przebadanie zagadnienia zależności ilości składników chemicznych w wodzie stawu od zawartości substancji ilastych w glebie dna, w naturalnych stawach.

W tym kierunku badania są już prowadzone.

### Literatura

1. Alekin O.A., 1956. Podstawy hydrochemii. Warszawa.
2. Bassalik K., 1933. Bilans azotowy w akwariach. Acta Societatis Botanicorum Pol., t. IX, nr 1—2 str. 365.
3. Bielenia C., 1954. Zapory wodne w świetle nowoczesnego gruntoznawstwa. Gospodarka Wodna, R. 14, z. 2, str. 52—54.
4. Boratyński K., Roszykowska S., Turyna Zb., Roszyk E., 1956. Porównanie metod sporządzania wyciągów glebowych kwasem solnym. Roczniki Gleboznawcze, t. V, st. 171—202.
5. Breest F., 1925. Über die Beziehungen zwischen Teichwasser, Teichschlamm und Teichuntergrund. Archiv. f. Hydrobiol. B. XV, S. 422—542. Stuttgart.
6. Cronheim und Czerny R., 1919. Bodenuntersuchungen. Zeitschrift f. Fischerei, B. 20, S. 22—37. Berlin.
7. Czerny R., 1952. Humusbestimmung im Schlamm. Zeitschrift f. Fisch. N.F., B.I, H.3/4, S. 247—252.
8. Ensminger L.E., Gieseking J.E., 1941. Adsorption of proteins by montmorillonite clays and its effect on base-exchange capacity. Soil Sci., 51, 125—132.
9. Ensminger L.E., Gieseking J.E., 1942. Resistance of clay-adsorbed proteins to protolytic hydrolysis. Soil Sci., 53, 205—209.
10. Evans R.C., 1948. An Introduction to crystal chemistry. Cambridge.

11. Grim R.E., 1953 a. Clay Mineralogy, New York — London — Toronto.
12. Grim R.E., 1953 b. Ion exchange in relation to some properties of soil-water systems. Symposium on exchange phenomena in soils. Baltimore.
13. Hendricks S.B., 1941. Base-exchange of the clay mineral montmorillonite for organic cations and its dependence upon adsorption due to van der Waals Forces. *J. Phys. Chem.*, 45, 65 — 81.
14. Kühl H. und Mann H., 1952. Rhythmische Veränderungen im Chemismus von Aquarienwässern. *Zeitschrift f. Fisch.*, N.F., B. I, H. 1/2, S. 7 — 27.
15. Kühl H. und Mann H., 1955. Über unperiodische Veränderungen im Chemismus von Süßwasseraquarien. *Zeitschrift f. Fisch.*, N.F., B. IV, H. 3/4.
16. Lantsch C., 1925. Der Boden der Wielenbacher Teiche (Kolloidgehalt, Bakterientätigkeit). *Archiv f. Hydrol.*, B. XV, S. 406 — 411. Stuttgart.
17. Musierowicz A., 1947. Adsorpcyjne własności gleb. Warszawa.
18. Musierowicz A., 1949. Skład mechaniczny gleb i metody analizy mechanicznej. Warszawa.
19. Musierowicz A., 1953. Próchnica gleb. *Roczniki Nauk Rolniczych*. t. 67, A — 3.
20. Olszewski P., 1937. Kilka danych o chemizmie wód w okolicy Hali Gąsienicowej. *Sprawozd. Komisji Fizjograf. PAN*, t. 72.
21. Prikłoński W. i Łaptiew F., 1955. Własności fizyczne i skład chemiczny wód podziemnych. *Wyd. Geolog.*, Warszawa.
22. Ross C.S., Hendricks S.B., 1945. Minerals of the montmorillonite group. *Geol. Surr. U. S. Dep. of the interior*. Washington.
23. Schäperclaus W., 1955. Bedeutung und Behandlung des Teichbodens in der Karpfenteichwirtschaft. *Deutsche Fischerei Zeitung*, H. 7 und 8, S. 211 — 217 und 243 — 246. Berlin.
24. Stangenberg M., 1935. Chemische Untersuchungen am Wigrysee. *Arch. Hydrobiol. i Ryb.*, t. IX, nr. 3 — 4. Suwałki.
25. Stangenberg M., 1938 a. Skład chemiczny osadów głębinowych jezior Suwalszczyzny. *Rozpr. i Sprawozd. I.B.L.P.*, ser. A, nr 31.
26. Stangenberg M., 1938 b. Warunki produkcji w stawach. I. Skład chemiczny wody stawów. *Rozpr. i Spraw. I.B.L.P.*, ser. A, nr 34.
27. Stangenberg M., 1938 c. Zur Hydrochemie der Tatrseen. *Verhandl. der Inter. Verennigung für Theoret. u angew. Limnologie*, B. 8/2, s. 33.
28. Stangenberg M., 1949. Nitrogen and carbon in the bottom deposits of lakes and in the soils under corpponds. *Verhandl. der Inter. Vereingung für Theoret. u. angew. Limnologie*, B. X, S. 422—437.
29. Starmach K., 1951. Życie ryb słodkowodnych. *PIWRiL*, Warszawa.
30. Struszyński M., 1954. Analiza techniczna. Warszawa.
31. Tokarski J., 1928. Petrografia. Lwów.
32. Tokarski J., 1939. Über eine planimetriscche Methode der kristallinen Gesteine. *Bull. L'Acad. Pol.*
33. Tokarski J., 1953. Principles of the Thermal Analysis of Soils. *Bull. L'Acad. Pol. U. Sc. Math. et Nat. S. A.*, Kraków.
34. Tokarski J., 1954 a. Zagadnienie naturalnej klasyfikacji gleb. *Roczniki Gleboznawcze*, t. III, str. 57.
35. Tokarski J., 1954 b. Zagadnienie koloidów glebowych. *Postępy Nauki Rolniczej*, z. 5. str. 41 — 78.
36. Tokarski J., 1955. Skład mineralny niektórych gleb lekkich w Polsce, jako wskaźnik ich żyzności. *Postępy Nauk Rolniczych*, z. 2, str. 18 — 32.



37. Treadwell F.P., 1946. Kurzes Lehrbuch der analytischen Chemie, Wien.
38. Treadwell W.D., 1947. Tabellen Vorschriften zur quantitativen Analyse. Wien.
39. Waksman S.A., 1936. Humus: origin, chemical composition and importance in nature. London.
40. Wiedeniejewa N.E. i Wikułowa M.F., 1954. Metoda badania minerałów ilastych za pomocą barwików i jej zastosowanie w litologii. Wydawnictwo Geologiczne. Warszawa.
41. Winogradzki S., 1953. Mikrobiologia gleby. PWRiL. Warszawa.

## ZUSAMMENFASSUNG

K. Pasternak, *Einfluss der Bodenzusammensetzung des Teichgrundes auf die chemische Beschaffenheit des Wassers*

Die Arbeit umfasst Ergebnisse von Untersuchungen über den Einfluss des Teichbodens, je nach seiner Zusammensetzung, auf die chemische Beschaffenheit des Teichwassers.

Schwierigkeiten, die bei der Lösung dieses Problems im natürlichen Teiche auftreten, veranlassten dasselbe in Aquarienversuchen durchzuführen. Zur Schaffung solcher künstlicher Behälter wurde in denselben ein Belag von Durchschnittsproben aus dem Boden einiger Teiche sowie destilliertes Wasser verwendet; dieses Letztere aus dem Grunde, weil die Arbeiten von Cronheim und Czerny bewiesen hatten, dass in Versuchen mit Teichböden mit destilliertem Wasser kein wesentlicher Unterschied bestand im Vergleich mit Flusswasser nach Abrechnung der mineralischen Bestandteile desselben. Die Versuche wurden in doppelter Wiederholung im Verlaufe von 3 Monaten durchgeführt. Während dessen wurde der pH-Wert und die Temperatur des Wassers, sowie die Beschaffenheit und der Entwicklungsgrad der lebenden Wasser- und Bodenorganismen geprüft.

Das zu den Versuchen verwendete Bodenmaterial wurde genau untersucht. Dasselbe unterschied sich in genetischer Hinsicht je nach dem Grade der Evolution des Teichgrundes, dem es entnommen worden war, je nach seiner mechanischen, mineralischen und chemischen Zusammensetzung, nach dem Gehalt an organischer Substanz sowie dem Sorptions-Vermögen bezüglich der Kationen u.a.m.

Nach Ablauf der 3 Monate wurde die chemische Zusammensetzung des Wassers in jedem Aquarium untersucht, was zu folgenden Schlüssen führt:

1. Die Menge der untersuchten im Wasser gelösten chemischen Bestandteile ist nicht proportional zu der Menge, die sich im Bodenbelag befindet.

2. Die Menge der chemischen Bestandteile, die in das Wasser aus dem Bodenmaterial des Teichgrundes übergehen, ist bedingt durch die Menge der in diesem befindlichen Tonsubstanz, wobei das Verhältnis umgekehrt proportional ist (jedenfalls bis zu einer minimalen Grenze für die Tonsubstanz).

3. Die mechanische Zusammensetzung des Bodens, die demselben gute physikalische Bedingungen schafft, und der Gehalt an leicht mineralisierenden organischen Verbindungen sowie schnell hydrolysierender Minerale kann die Anreicherung des Wassers mit mineralischen Stoffen begünstigen. Sowie jedoch der Bestandteil an tonigen Mineralen im Teichboden das Mittel (5% der Minerale von der Gruppe Montmorillonit und 10% Kaolinit) übersteigt, wirkt sich dies entsprechend in grösserem oder kleinerem Masse hemmend auf die oben beschriebenen Prozesse aus.

4. Es scheint, dass Aquarienversuche bei solchen Untersuchungen eine ebenso gute wenn auch beschränkte Methode ergeben können, wie die Topfversuche bei Bodenuntersuchungen in der Landwirtschaft.

Jedenfalls wurde erwiesen, dass man auf diese Art imstande ist einige Richtlinien im Prozesse gegenseitiger Einwirkung von Boden und Wasser im Teiche kennen zu lernen.