

KAZIMIERZ PASTERNAK

**Wstępne doświadczenia nad możliwością zastosowania polskiej mączki fosforytowej (annofosu) w nawożeniu stawów — Einleitende Untersuchungen über die Verwendbarkeit von polnischem Phosphoritmehl (Annofos) in der Teichdüngung**

Wpłynęło 25 września 1962

Fosfor jest jednym z najważniejszych pierwiastków, decydujących o rozwoju organizmów roślinnych w środowisku wodnym (Gessner 1959). Stąd od dawna w praktyce rybackiej nawożenie fosforowe uważane było za dające niemal zawsze korzystne wyniki. Z nawozów fosforowych w nawożeniu stawów najczęściej stosowany jest rozpuszczalny w wodzie superfosfat. Wprowadzony do stawu fosfor w postaci superfosfatu jest tylko w małej części bezpośrednio wykorzystany przez rośliny, reszta jest adsorbowana przez dno (Demoll 1925, Stangenberg 1942), uwsteczniając się, czyli przechodząc w słabo rozpuszczalny trójfosforan wapniowy, a w środowisku zakwaszonym i żelazistym w trudno rozpuszczalne fosforany żelaza i glinu. Zjawiska tego zwłaszcza w niektórych stawach nie można w całości wykluczyć, nawet przez stosowanie małych a bardzo częstych dawek rozpuszczalnego nawozu. Przejście fosforu w te związki jest jednak nietrwałe (Mizerski 1935, Gessner 1939, Starmach 1956). Pod wpływem całego szeregu czynników, a przede wszystkim procesów mikrobiologicznych, fosfor nawet z trudno rozpuszczalnych związków żelaza i glinu z powrotem włącza się w obieg biologiczny.

Na bardzo ważną rolę mikroorganizmów w uruchamianiu fosforu z trudniej rozpuszczalnych związków fosforowych, np. z mączek fosforytowych zwracają uwagę Gerretsen (1948), Askinazy (1958) i wielu innych autorów. Gak (1959) wykazuje, że w wodach i glebach stawów znajdują się liczne bakterie rozkładające mineralne i organiczne związki fosforowe. Stwierdzone przez niego ilości bakterii atakujących mineralne związki fosforowe stanowią w wodzie od 5—20%, a w glebie do 50% bakterii gnilnych. Müller (1960) w związku ze swymi badaniami na stawach o dużej zawartości fosforu mineralnego w dnie wnioskuje, że przy korzystnych warunkach rozpuszczalności w takich stawach więcej fosfo-

ru może się uwolnić z dna, jak to w normalnym nawożeniu możemy osiągnąć.

Jeśli zatem wszystkie formy związków fosforowych zawartych w dnie są z niego uruchamiane, wyłania się więc pytanie, czy wprowadzenie do stawów jednorazowo większej ilości fosforu w postaci nawozu słabo rozpuszczalnego (fosforanu trójwapniowego), zwłaszcza w środowiskach stawowych słabo kwaśnych, nie da równie dobrych rezultatów przy równoczesnym zmniejszeniu nakładu robocizny i ceny zakupu nawozu. Do takich słabo rozpuszczalnych nawozów fosforowych, produkowanych ostatnio z krajowych złóż, należy mączka fosforytowa, znajdująca się w handlu pod nazwą annofosu.

Annofos jest mieszaniną surowych mączek fosforytowych, powstałych ze zmielenia cenomańskich złóż fosforytowych (Bolewski 1946, Póżyński 1947), eksploatowanych w kopalniach Annopol i Chałupki. Przed zmieleniem złoża podlegają mechanicznemu podkoncentrowaniu, mającemu na celu wzbogacenie surowca w konkretne fosforanowe kosztem skalnego spoiwa, marglistego w Annopolu, a piaszczysto-wapiennego w Chałupkach. Substancje fosforanowe wchodzące w skład złoża są węglano-fluoro-apatytem. Nawozowa mączka fosforytowa z Chałupki, wg analizy Oleksynowej (1959), w części rozpuszczalnej w HCl 1:1 zawiera w procentach wagowych: 0,22 SiO<sub>2</sub>, 14,90 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 1,63 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 1,87 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 23,63 CaO, 0,48 MgO, 1,52 Na<sub>2</sub>O, śladowe ilości K<sub>2</sub>O, 0,82 SO<sub>3</sub>, 3,07 CO<sub>2</sub>, 1,77 F, 0,51 wody hygroscop., 1,56 strata żarowa. Część nierozpuszczalna w kwasie wynosi 49,02%, czyli suma wagowa składników wynosi 100,22% (po odjęciu 0,75% O za F). Mączka z Annopolu jest tylko nieco bogatsza w CaCO<sub>3</sub> (Lityński 1960) a P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ogólnego zawiera także około 15%. Kwas fosforowy występuje w mączce fosforytowej głównie w formie fosforanów wapnia. Wapń występuje w mączce także w postaci związanego chemicznie z fosforanami fluorku wapnia i wolnego węglanu wapnia (Oleksynowa 1959). Fosforany zawarte w mączce fosforytowej rozpuszczają się w wodzie w bardzo małych ilościach. Natomiast, jak wynika z badań Vorbrodta (1927), rozpuszczają się całkowicie w 2% kwasie cytrynowym po rozszerzeniu stosunku mączki do odczynnika i przedłużeniu czasu kłócenia. Pod tym względem fosforyty polskie nie ustępują afrykańskim (Lityński 1960). W celu zwiększenia rozpuszczalności a zarazem przyswajalności fosforu z mączek, wymagany jest znaczny stopień ich rozdrobnienia (Menciński 1938). Annofos spełnia ten warunek, bo w 80% przechodzi przez sito o 10 000 oczek na 1 cm<sup>2</sup>, o boku oczka 0,06 mm, a więc pod względem przemiału odpowiada niemieckiemu nawozowi pod nazwą Hyperphos.

Bardzo liczne krajowe i zagraniczne doświadczenia rolnicze wykazują, że mączki fosforytowe dają prawie takie same wyniki, jak superfosfat na glebach kwaśnych i potrzebujących w ogóle fosforu, a nie dają natomiast rezultatów na glebach obojętnych, a szczególnie na zasadowych. Badacze

radzieccy zalecają więc kierowanie się w ocenie możliwości zastąpienia superfosfatu mączką fosforytową wartością kwasowości hydrolitycznej i stopnia nasycenia gleb zasadami (P i e t e r b u r g s k i 1954). Analogicznie można więc przyjąć, że mączka fosforytowa powinna działać korzystnie w stawach o środowisku kwaśnym.

Na temat przydatności mączek fosforytowych w nawożeniu stawów są w literaturze bardzo skromne wiadomości. Jak podaje B a n k (1956), pierwsze doświadczenia z nawożeniem stawów francuską mączką fosforytową były przeprowadzane we Francji i w Bawarii. W obu tych doświadczeniach nie stwierdzono wyraźnego korzystnego działania. Natomiast przeprowadzone przez wymienionego autora na terenie Niemiec doświadczenia w trzech gospodarstwach stawowych w latach 1954—1955 wykazały dodatnie działanie mączki fosforytowej (Hyperphosu) w zastosowaniu jej wraz z wapnowaniem. Stosowanie tego nawozu w nawożeniu stawów zalecają w swych pracach M i z e r s k i (1935), I l j i n (1958).

Skromne i sprzeczne dane co do wartości nawozowej mączek fosforytowych w stawiarstwie, brak polskich doświadczeń na ten temat z krajowym nawozem produkowanym ostatnio z innych złóż fosforytów i o innym rozdrobnieniu, jak mączki fosforytowe produkowane w Polsce w okresie międzywojennym (4 900 oczek na 1 cm<sup>2</sup>, bok oczka 0,08 mm), skłaniają do uznania potrzeby sprawdzenia skuteczności nawożenia stawów annofosem i podjęcia takich chociażby wstępnych doświadczeń w normalnych karpowych stawach odrostowych. Tym bardziej, że polityka nawozowa kraju dąży do wykorzystania w nawożeniu surowych mączek fosforytowych, które nie nadają się do produkcji superfosfatu, a stosowane w produkcji termofosfatów w domieszce do sprowadzanych z zagranicy wysokoprocenowych fosforytów pociągają za sobą zbyt wysokie koszty (G ó r s k i 1960).

Doświadczenia z nawożeniem stawów annofosem zostały więc przeprowadzone przez autora i inż. Czesława Malczewskiego w latach 1959—1961 na stawach Rejonowego Zarządu Rybactwa Kraków, w gospodarstwach: Przyborów, Kobiernice, Rudze i Książ Wielki. W tym ostatnim obiekcie o zdecydowanie zasadowym środowisku, założone w 1961 r. doświadczenie uległo zniszczeniu na skutek poważnych strat w rybostanie, wywołanych przez posocznicę. Doświadczenia te miały wykazać przede wszystkim, jak wpływa na wzrost przyrostu naturalnego karpia nawożenie stawów najpierw samym annofosem, a potem w kombinacji annofosu z siarczanem amonu w różnych warunkach środowiskowych. W założeniu doświadczeń uwzględniono również prześledzenie następczego działania annofosu i określenie ewentualnych zmian zachodzących pod wpływem tego nawożenia w chemizmie dna i wody oraz biologii zbiornika. Działanie następcze mączki fosforytowej znane jest bowiem w rolnictwie (G ó r s k i 1960), a w stawach, jak stwierdza to w swych doświadczeniach D e m o l l (1925), występuje ono przy nawożeniu superfosfatem. Wydaje się więc, że

powinno się jeszcze silniej objawiać w nawożeniu trudniej rozpuszczalnym nawozem fosforowym, jakim jest annofos.

Określenie efektu nawożenia stawów na podstawie zwyżki przyrostów ryb jest pewnym uproszczeniem zagadnienia. Niemniej jednak sposób taki w przypadku prowadzenia badań na stawach produkcyjnych, przy uwzględnieniu także i innych czynników mających wpływ na łańcuch produkcyjny w stawie, wydaje się w zupełności miarodajny.

Materiały rybackiej strony doświadczenia zostały zebrane przez Dyr. Rejonowego Zarządu Rybactwa Kraków inż. Czesława Malczewskiego.

### Metodyka doświadczeń i badań środowiska stawowego

Ze względu na to, że nawet sąsiadujące ze sobą stawy mogą wykazywać znaczne różnice w potencjalnej żyzności i niektórych właściwościach środowiska (Schäperclaus 1955, 1961), doświadczenia zostały założone ze stawami porównawczymi, lecz wnioski co do wyników nawożenia wyciągano dla każdego nawożonego stawu z osobna w stosunku do jego średniej wydajności naturalnej z 3—4 lat poprzednich. Sposób taki bowiem, jak stwierdza prof. Starmach (1958), jest bardziej właściwy i ostrożny przynajmniej w przypadku prowadzenia badań na stawach produkcyjnych. Stawy porównawcze służyły do porównania efektów produkcyjnych wynikających z ogólnych warunków klimatyczno-hydrologicznych okresu wegetacyjnego. Aby uzyskać możliwość porównania wyników przyjęto przy tym zasadę zachowania dla każdego stawu tej samej ilości i jakości obsady oraz wszelkich zabiegów, co w latach ubiegłych wziętych do porównania.

Schemat nawożenia stawów przedstawiony jest w Tab. I. Annofosem nawożono stawy jednorazowo na wodę w pierwszej połowie maja. W nawożeniu kompleksowym siarczan amonu stosowano w kilku małych dawkach co 12—14 dni. Nawożenie nim rozpoczęto na początku czerwca. Wapnowano wapnem palonym w ilości odpowiedniej do potrzeb danego stawu, wiosną na wodę przed obsadą stawów w Przyborowie, a na dno w okresie jesienno-zimowym w gospodarstwie Rudze. Roślinność wyższa była koszona dwukrotnie w ciągu sezonu.

Ewentualne zmiany w składzie chemicznym gleby dna stawu i wody starano się uchwycić za pomocą analizy chemicznej, a zmiany w biologii zbiornika poprzez pomiary rozwoju planktonu. Wodę do oznaczeń chemicznych i próby planktonu pobierano z wyjątkiem Kobiernic w ostatnim roku doświadczeń, tj. 1961 r. w odstępie miesięcznym. Próby wody ze stawów były pobierane w odległości około 10 m od mnicha odpływowego z warstwy do 30 cm, zawsze o tej samej porze w danym gospodarstwie. Kilka razy do roku oznaczano wszystkie główne składniki wody,

Tab. 1

Schemat nawożenia stawów w 1959 - 1961 r  
 Schema der Teichdüngung in den Jahren 1959 - 1961

Gospodarstwo Teichwirtschaft	Staw Teich	Powierzchnia zalewu Wasserfläche	Annofos		Siarczan amonu Ammoniumsulfat		Wapno Kalk	
			Rok Jahr	kg/ha P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Rok Jahr	kg/ha N	Rok Jahr	kg/ha
Przyborów	Łachmaniec VIII	0,5	-	-	-	-	1960 1961	800 800
	Łachmaniec VII	2,8	1959	60	-	-	1959 1960	300 600
	Łachmaniec III	1,0	1959 1960	60 60	-	-	1960 1961	600 600
	Łachmaniec XI	2,5	1961	90	-	-	1961	400
Kobiernice	Farożek I	1,0	-	-	-	-	-	-
	Farożek II	1,0	1959	90	-	-	-	-
Rudze	Chodnikowiec Nowy	5,6	-	-	-	-	1961	1875
	" Stary	6,5	1961	60	1961	41	1961	1892
	Zakonnik	3,0	-	-	1961	41	1961	1000

a kilka razy dokonano tylko niektórych oznaczeń, tj. pH, ilości wolnego CO<sub>2</sub> i rozpuszczalnego O<sub>2</sub>. Do pierwszej analizy chemicznej pobrano wodę przed rozpoczęciem nawożenia. Próby wody z Kobiernic pobrano w 1960 r. jedynie z donośnika i tylko dwukrotnie, a analizy tej wody zostały wykonane przez dr St. Wróbla.

W wodzie badanych stawów oznaczano temperaturę z dokładnością do 0,1°C, pH kolorymetrycznie wg Yamady z dokładnością do 0,2 pH, a wolny CO<sub>2</sub>, rozpuszczony O<sub>2</sub>, zasadowość, N-NH<sub>4</sub>, N-NO<sub>2</sub>, N-NO<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub>, Fe, barwę i utlenialność w środowisku kwaśnym bez sączenia — według metod podanych przez Justa i Hermanowicza (1955). Twardość ogólną, wapń i magnez oznaczono metodą wersenianową wg Christa i Kaedinga (1954). Potas i sód oznaczono na fotometrze płomieniowym, a mętność na fotoelektrycznym mikrokolorymetrze-nefelometrze typ FEK-H-57. Zawartość siarczanów określano pośrednią metodą wersenianową wg Sovrem. met. (1955), a chlorki metodą Mohra wg Mauchy (1947).

Próbki gleby dna pobierano z kilku różnych miejsc stawu z wierzchniej warstwy przed rozpoczęciem nawożenia i po nawożeniu. Pobrany materiał glebowy przed analizowaniem był wysuszony na powietrzu i przesiany przez sito o oczkach 1 mm<sup>2</sup>. Skład mechaniczny oznaczono metodą areometryczną Casagrande w modyfikacji Prószyńskiego (Musierowicz 1949). Zawartość minerałów ilastych i substancji organicznej metodą termoanalizy wagowej Tokarskiego (1958). Ilość łatwo rozpuszczalnego potasu w glebowym wyciągu 0,1 n HCl określono na fotometrze płomieniowym. Stosunek gleby do kwasu wy-

nosił 1 : 5, a czas wytrząsania 10 minut. Zawartość łatwo rozpuszczalnego  $P_2O_5$  oznaczono wg metody W o n d r a u s c h a (1951). Kwasowość hydrolytyczną i sumę zasad wymiennych określono metodą K a p p e n a. Kwasowość czynną gleby mierzono potencjometrycznie przy użyciu elektrody szklanej.

Dla uzyskania próby planktonu pobierano wodę w ilości 5 l w 10 różnych punktach stawu i cedzono ją przez siatkę planktonową nr 25. Z próbek utrwalonych formaliną określano objętość surowego osadu i dokonywano pod mikroskopem ilościowej analizy planktonu metodą szacunkową. Oznaczenia fito- i zooplanktonu wykonała mgr K. K y s e l o w a.

Materiały badań mikroskopowych, w których ogółem wydzielono 245 składników planktonu w 14 grupach, zestawiono w tabelach dla każdego stawu z osobna. Jeden rodzaj tabeli obejmował spis wszystkich gatunków ewentualnie wyższych form systematycznych oraz ustalony średni współczynnik przestrzenności i frekwencję dla każdej formy.

Drugim ujęciem były przedstawione w Tab. VI wskaźniki planktonu dla badanych stawów. Wspomniane wskaźniki są wyrażone w poszczególnych grupach ilością gatunków lub wyższych form systematycznych oraz ich sumarycznymi współczynnikami przestrzenności. Z kolei na podstawie obydwu tabel opracowano dla każdego stawu zestawienie obrazujące udział dominantów i subdominantów w planktonie oraz ustalono klasę stałości danego gatunku wg schematu opracowanego przez prof. S t a r m a c h a. W zestawieniu tym dominujące formy ułożono niesystematycznie, lecz w kolejności wg wartości ich współczynnika przestrzenności. Dopiero na podstawie tych tabel dokonano ogólnej charakterystyki planktonu występującego w badanych stawach. Szczegółowsze opracowanie planktonu tych stawów przekracza bowiem znacznie ramy tej pracy i będzie tematem osobnej publikacji.

### **Charakterystyka nawożonych stawów i wyniki doświadczeń**

Wszystkie gospodarstwa, w których prowadzono doświadczenia, leżą w dorzeczu Górnej Wisły. Gospodarstwo Przyborów położone jest na nizinnych terenach prawego brzegu Wisły w pow. Brzesko. Gospodarstwo Kobiernice leży nad rzeką Sołą w podgórskim terenie pow. żywieckiego, a gospodarstwo Rudze usytuowane jest w dolinie rzeki Wieprzówki (dopływ Skawy) w pow. Oświęcim.

#### **Gospodarstwo Przyborów**

Wybrane do doświadczeń w tym obiekcie stawy Łachmaniec: nr VIII, nr VII, nr III, nr XI leżą obok siebie i każdy z nich ma bezpośredni dopływ z głównego rowu donośnika. W stawach Łachmaniec VII i VIII stan

zarośnięcia roślinnością twardą jest niewielki (10%). Roślinność ta składająca się głównie z palki (*Typha latifolia* L.), sitowia jeziornego (*Scirpus lacustris* L.) i manny (*Glyceria aquatica* L.) występuje w części stawów przy brzegach i w pojedynczych małych kępach na całej powierzchni stawu. Dna tych stawów porasta rzadko roślinność miękka, reprezentowana głównie przez żabieniec pospolity (*Alisma plantago* L.). Stawy Łachmaniec III i XI mają płytsze partie w większym stopniu zarośnięte (25%) roślinnością twardą, z przewodnimi roślinami manną (*Glyceria aquatica* L.) i palką (*Typha latifolia* L.). Z roślinności miękkiej występuje, podobnie jak i w poprzednich stawach, w niewielkim nasileniu (5%) głównie żabieniec (*Alisma plantago* L.).

Gleba dna tych stawów i całej ich zlewni są wodno-lodowcowe piaski naglinowe. Pierwotny materiał glebowy jest piaskiem słabo gliniastym, a warstwy mułu o nieco zróżnicowanej miąższości pomiędzy stawami i w obrębie jednego stawu są piaskami gliniastymi lekkimi (Tab. II). Jak

Tab. II

Skład mechaniczny gleb dna stawów w %  
Mechanische Zusammensetzung der Teichböden in %

Nazwa gospodarstwa i stawu Teichwirtschaft und Teich	Głębokość warstwy w cm tiefe der Schichten in	Średnica cząstek gleby w Durchmesser der Körner in mm				Gatunek gleby Bodenarten
		1-0,1	0,1-0,05	0,05-0,02	< 0,02	
Przyborów Łachmaniec XI	0-5	67	8	10	15	piasek gliniasty lehmniger Sandboden
Przyborów Łachmaniec XI	5-25	80	9	6	5	piasek słabo gliniasty anlehmniger Sandboden
Kobiernice Farożek II	0-6	11	17	39	33	utwór pyłowy Staubboden
Kobiernice Farożek II	6-25	9	16	40	35	utwór pyłowy Staubboden
Rudze Chodnikowiec Stary	0-16	8	6	42	44	utwór pyłowy ilasty lettiger Staubboden
Rudze Chodnikowiec Stary	16-40	9	5	20	66	głina ciężka schwerer Lehm

widać z Tab. III, warstwy mułu zawierają minimalne ilości substancji ilastych, z wyjątkiem stawu nr VIII, mają mało materii organicznej. Stąd mała pojemność sorpcyjna gleb tych stawów. Zawartość potasu łatwo rozpuszczalnego w glebie stawów nr III i VII jest mała, natomiast

w dnie stawów nr VIII i XI jak na gleby piaszczyste znaczna. Przed nawożeniem dno stawu nr III było słabo kwaśne, a dna reszty stawów kwaśne. Kwasowość hydrolityczna tych gleb na przykładzie dwóch analizowanych stawów (Tab. III) jest znaczna, a stopień nasycenia ich zasadami ma-

Niektóre składniki i własności chemiczne gleb dna stawów  
gospodarstw Przyborów, Kobiernice i Rudze

Tab. III

Einige Bestandteile und chemische Eigenschaften des Teichbodens  
in den Teichwirtschaften Przyborów, Kobiernice und Rudze

Nazwa stawów Teich	Substancje ilaste w Tonige Substanz in		Substancja organiczna w Organische Substanz in	Kwasowość hydrolityczna Hydrolitische Azidität	Suma kationów zasadowych Summe der basischen Kationen	Pojemność sorpcyjna Sorptionsmöglichkeit	Stopień nasycenia zasadami w % Grad der Alkalinität in	Gleby K <sub>2</sub> O mg/100 g Boden	pH (w in H <sub>2</sub> O)		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/100g gleby - Boden	
	Montmorillonit	Kaolinit							Przed nawożeniem Vor der Düngung	Po nawożeniu Nach der Düngung	Przed nawożeniem Vor der Düngung	Po nawożeniu Nach der Düngung
Lachmaniec III	0,0	2,2	1,9	-	-	-	-	5,2	6,30	6,70	1,5	6,5
Lachmaniec VII	-	-	-	-	-	-	-	2,6	5,60	5,75	3,0	10,0
Lachmaniec VIII	0,0	2,6	3,9	4,9	3,2	8,1	40	12,0	5,65	-	2,0	-
Lachmaniec XI	0,0	2,4	2,6	2,8	1,6	4,4	36	11,0	5,50	6,30	2,0	12,5
Farożek I	-	-	-	-	-	-	-	10,8	6,80	-	2,0	-
Farożek II	2,8	10,4	8,5	5,0	10,6	15,6	68	11,8	5,72	6,35	3,0	20,0
Chodnikowiec Nowy	5,5	16,7	9,7	7,0	12,5	19,5	64	21,5	5,00	-	4,0	-
Chodnikowiec Stary	5,9	15,3	6,5	8,8	15,0	23,8	63	19,0	5,10	5,45	3,5	6,8
Zakonnik	5,2	13,9	7,7	-	-	-	-	22,0	5,60	-	4,5	-

Uwaga: Podane w tabeli pH, ilości łatwo rozpuszczalnego K<sub>2</sub>O i P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> są wartościami średnimi

Anmerkung: die angeführten Zahlen sind Mittelwerte für pH, für leicht lösliche K<sub>2</sub>O und P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

ły. Zasobność den wszystkich stawów w łatwo rozpuszczalny fosfor była mała przed nawożeniem. Ogólną cechą gleb tego obiektu, zasługującą na podkreślenie, jest ich znaczna zasobność w żelazo i potas a także sód. Składniki te pochodzą z wietrzenia minerałów grupy piroksenu, amfibolu, biotyty i skaleni, w które te piaski są bardzo zasobne (Pasternak 1959). Różnice pomiędzy stawami w jakości gleby są wyjątkowo nieznaczne. Nieco lepszą glebę ze względu na większą zawartość materii organicznej ma staw nr VIII (porównawczy).

Stawy tego gospodarstwa są zasilane wodą opadową, gromadzoną w okresie zimowo-wiosennym w stawach, w ciągu całego okresu produkcyjnego z sieci rowów melioracyjnych, przebiegających przez pola



uprawne i las mieszany. Przy spływach wiosennych i większych opadach przeważa woda spływająca z pól uprawnych nad wodą z lasu, natomiast przy dłuższej pogodzie jest odwrotnie.

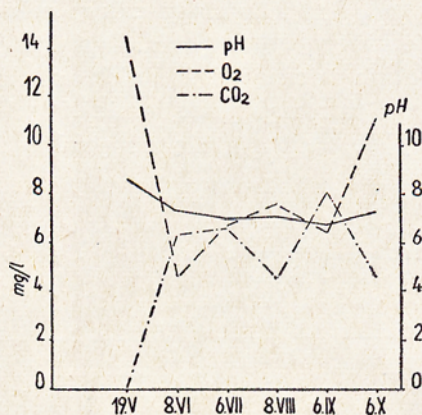
Skład chemiczny wody donośnika i nawożonego annofosem stawu Łachmaniec XI w 1961 r. przedstawiony jest w Tab. IV, Ryc. 1. Jak z nich widać, woda donośnika i stawu w ciągu całego roku była wystarczająco natleniona mimo dość znacznego ogrzania. Zawartość wolnego CO<sub>2</sub> wzrastała od małych ilości na wiosnę do średnich w lecie i jesienią. Równocześnie temu wzrostowi towarzyszył w letniej i jesiennej wodzie spadek odczynu wody. Wody te zaliczają się do wód o średniej zasadowości

Skład chemiczny wody donośnika i stawu Łachmaniec XI  
gospodarstwa Przyborów w 1961 r  
Chemische Zusammensetzung des Zuleitungs - und Teichwassers  
in der Teichwirtschaft Przyborów im Jahre 1961

Tab. IV

Miejsce i data pobrania wody Ort und Datum der Wasserproben	Czynnik Faktor	Donośnik - Zuleiter				Łachmaniec XI				
		27.IV.	19.V.	6.VII.	6.IX.	27.IV.	19.V.	6.VII.	6.IX.	6.X.
Temperatura wody Wassertemperatur	°C	17,0	15,8	19,8	19,5	19,2	16,9	20,6	21,6	15,5
Tlen rozpuszczony Sauerstoff	O <sub>2</sub> mg/l	-	17,6	9,3	9,1	-	14,5	6,7	6,4	11,1
Nasylenie tlenem Sauerstoffsättigung	O <sub>2</sub> %	-	175,8	100,8	98,1	-	143,3	73,7	71,7	110,2
CO <sub>2</sub> wolny frei	mg/l	-	3,50	8,50	7,00	-	0,0	6,50	8,00	4,50
pH		7,4	7,4	6,6	6,7	8,1	8,6	6,9	6,7	7,2
Zasadowość Alkalität	CaCO <sub>3</sub> mg/l	127	82	75	68	70	84	88	64	58
Twardość ogólna Gesamthärte	<sup>o</sup> <sub>n</sub> <sup>d</sup>	6,40	5,60	5,02	5,58	5,17	5,75	5,34	5,48	5,38
Wapń Kalzium	Ca mg/l	34,30	28,73	26,73	31,45	25,73	30,45	29,30	30,02	29,73
Magnez Magnesium	Mg mg/l	7,15	6,94	5,64	5,03	6,94	6,50	5,38	5,38	5,38
Żelazo Eisen	Fe mg/l	1,60	1,00	5,00	3,50	0,60	0,62	2,00	2,00	7,00
Potas Kalium	K mg/l	13,86	9,96	10,87	4,95	7,14	7,64	8,63	6,28	5,69
Sód Natrium	Na mg/l	15,60	13,40	10,50	8,92	12,5	13,80	11,30	9,52	9,60
Amoniak Ammonium	N-NH <sub>4</sub> mg/l	-	0,14	0,25	0,24	-	0,16	0,25	0,24	-
Azotyny Nitrite	N-NO <sub>2</sub> mg/l	-	0,008	0,000	0,000	-	0,000	0,000	0,000	-
Azotany Nitrate	N-NO <sub>3</sub> mg/l	-	0,050	0,050	0,050	-	0,050	śl. Sp.	0,100	-
Fosforany Phosphate	PO <sub>4</sub> mg/l	0,040	0,020	śl. Sp.	śl. Sp.	0,20	0,004	0,020	0,020	0,040
Chlorki Chloride	Cl mg/l	-	-	-	18,0	-	-	-	-	17,65
Siarczany Sulfate	SO <sub>4</sub> mg/l	-	-	-	37,1	-	-	-	-	37,73
Barwa Farbe	Pt mg/l	-	55	180	165	-	55	100	150	175
Mętność Trübung	SiO <sub>2</sub> mg/l	-	36,5	63,5	51,0	-	25,5	45,5	87,5	149
Utlencalność KMnO <sub>4</sub> -Verbrauch	O <sub>2</sub> mg/l	0,05	10,08	18,32	20,59	12,46	15,52	17,31	32,24	27,86

i niskiej twardości ogólnej. Zawierają średnie ilości wapnia i magnezu, posiadają więc średnią rezerwę alkaliczną i zbuforowanie. Ilość magnezu, największa w wodach wiosennych, maleje systematycznie ku jesieni. Charakterystyczną cechą badanych wód tego obiektu jest bardzo duża zawar-



Ryc. 1. pH, ilość rozpuszczonego tlenu i wolnego CO<sub>2</sub> w wodzie stawu Łachmaniec XI

Abb. 1. pH, Menge des gelösten Sauerstoffes und des freien Kohlendioxyd im Wasser des Teiches Łachmaniec XI

tość żelaza, potasu i sodu. Potasu i sodu szczególnie sporo jest od wiosny do lipca, ku jesieni zawartość tych składników maleje. W wodzie stawu jest nieco mniej potasu niż w donośniku. Natomiast ilość żelaza tak w wodzie donośnika, jak i stawu wzrasta w ciągu lata aż do jesieni. Znaczna zawartość żelaza i potasu w wodach jest związana z rodzajem gleby zlewni i dna stawów. Żelazo, potas i sód, jak zaznaczono powyżej, występują bowiem w glebach tych stawów w znacznej ilości, a poza tym, co ważniejsze, są one z gleb piaszczystych wymywane łatwiej przez wodę niż z innych gleb. Ilości azotu mineralnego, tak w donośniku jak i stawie, w badanym okresie nie ulegały znacznieszym wahaniom i ogólnie było ich niewiele. Azotanów było bardzo mało, azotyny w wodzie stawu nie występowały w ogóle, a w wodzie donośnika stwierdzono je jeden raz na wiosnę w średniej ilości. Amoniak było mało wiosną, a średnio w lecie i jesienią. Fosforany występowały w wodach w ciągu roku w minimalnych ilościach, ogólnie więcej zawierała ich woda nawożonego annofosem stawu. Chlorków było w wodach niewiele, a siarczanów wykryto w wodach jesiennych znaczne ilości. Utlenialność wody tak donośnika jak i stawu była wiosną średnia, a w okresie letnio-jesiennym znaczna. W wodzie stawu była ona w ciągu całego okresu zdecydowanie większa niż w wodzie donośnika. Wskutek zwiększania się w lecie i jesieni w badanych wodach

substancji organicznej i żelaza, barwa ich od średnich wartości na wiosnę wzrosła w lecie i w jesieni do bardzo dużych. Mętność tych wód była w całym okresie znaczna, w wodzie stawu wzrastała ona systematycznie ku jesieni, osiągając na początku października 149 mg Pt/l.

Z przedstawionych danych o właściwościach gleby i wody stawów wynika, że stawy te według teoretycznych założeń są odpowiednim środowiskiem do nawożenia annofosem. Dna stawów i woda są bowiem ubogie w przyswajalny fosfor i mają odpowiednie zakwaszenie. Niekorzystną cechą dla nawożenia fosforowego może być tylko zbyt znaczna zawartość żelaza w wodzie, dochodząca w stawach w jesieni do 7 mg Fe/l.

Nawożenie annofosem stawów tego obiektu prowadzono w latach 1959—1961. Objęto nim trzy stawy: Łachmaniec nr VII, nr III i nr XI. Staw Łachmaniec VIII przyjęto za staw kontrolny. Dawka nawozu w stawach Łachmaniec nr VII i nr III wynosiła 60 kg  $P_2O_5$ /ha, a w stawie Łachmaniec nr XI 90 kg  $P_2O_5$ /ha (Tab. I). Staw nr VII był nawożony w 1959 r., a w roku 1960 obserwowano w nim następcze działanie nawozu. Staw nr III był nawożony w 1959 i 1960 r., a wyniki produkcyjne w 1961 r. miały posłużyć do określenia działania następczego annofosu. Łachmaniec XI nawożony był dopiero w 1961 r. wyższą dawką nawozu, bo 90 kg  $P_2O_5$ /ha. Ilości wapna użytego w nawożeniu tych stawów podano w Tab. I.

Wszystkie te stawy były obsadzone w czasie trwania doświadczenia taką samą ilością sztuk karpia ( $K_1$ ) o zbliżonej przeciętnej wadze sztuki, jak w latach poprzedzających doświadczenie. Zestawienie obsad, odłowów oraz przyrostów ryb w tych stawach przedstawione jest w Tab. V. Jak z niej widać, we wszystkich stawach nawożonych annofosem wzrosła produkcja naturalna z 1 ha w porównaniu z ich przeciętną produkcją z lat przed nawożeniem. W stawie nr VII wzrost ten obserwuje się nie tylko w roku nawożenia, lecz także nieco nawet wyższy w następnym roku po nawożeniu. W stawie nr III wzrost produkcji w 1959—60 r. był wyższy od stawu nr VII, lecz po drugim nawożeniu w 1960 r. taką samą dawką annofosu przyrost naturalny stawu pozostał w przybliżeniu na poziomie poprzedniego roku. Następne nawożenie nie przyczyniło się więc do dalszej podwyżki przyrostów ryb. Mogło to być wynikiem tego, że w dnie stawu znajdowała się już wystarczająca ilość łatwo rozpuszczalnego fosforu, lub tym, że jest to staw przepływowy, w którym zimowo-wiosenna woda zamuliła znaczną część dna i przez to utrudniła przechodzenie z głębszej warstwy dna do wody fosforu z ubiegłorocznej mączki fosforytowej. Poprawić ten stan rzeczy można było przez bronowanie dna tego stawu, niestety ze względu na warunki klimatyczne nie zostało ono wykonane. Jakie było następcze działanie annofosu w 1961 r. w tym stawie nie można powiedzieć, bowiem na skutek suszy powierzchnia jego zalewu w roku 1961 zmniejszyła się do 1/3 całej powierzchni zalewu stawu, w wyniku czego przyrost naturalny spadł dużo poniżej przeciętnej. Wyniki te więc

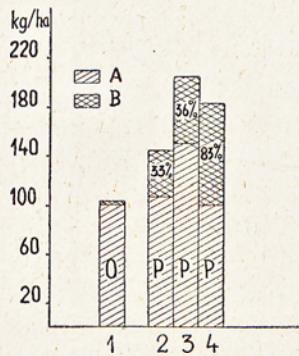
Obsada, odłow i przyrosty ryb ze stawów nawozonych amnofosem w latach 1959-1961  
 Besatz, Abfischungsmenge und Zuwachs der Karpfen in den mit Amnofos 1959-1961 gedüngten Teichen

Gospodarstwo Teichwirtschaft	Przyborów				Kobiernice				Rudze											
	FACHMANTEC VIII nie nawożony amnofosem keine Amnoföschung		FACHMANTEC VII nawożony amnofosem Amnoföschung		FACHMANTEC III nawożony amnofosem w 1959 i 1960 Amnoföschung in 1959 und 1960		FACHMANTEC XI nawożony amnofosem Amnoföschung		FAROZEK I nie nawożony ungedüngt		FAROZEK II nawożony amnofosem w 1959 r. Amnoföschung in 1959		CHODNIKOWIEC SPARY nawożony amnofosem, siarczanem amonu w 1961 r. Gedüngt mit Amnofos, Ammoniumsulfat In 1961		ZAKONNIK nawożony siarczanem amonu Gedüngt mit Ammoniumsulfat		PODKAMSKI nie nawożony amnofosem keine Amnoföschung			
	1959	1960	1961		1959	1960	1961		1960	1961	1960	1961		1960	1961		1960	1961		
Staw i nawozenie Teich u Düngung																				
Obsady i odłow ryb Besatz u. Abfischung	100	0,5	2,8	107	150	1,0	2,5	100	65	1,0	1,0	100	120	5,6	6,5	3,0	2,5	280	1500	
Pow. zalewu stawu w ha Wasserfläche in																				
Przebieg wyjątkowo z ha Durchschnittstrag pro																				
Obsada K <sub>1</sub> sztuk Stück	250	250	250	1200	600	600	600	1750	250	200	500	300	4500	6000	6000	2000	1500			
Besatz K <sub>1</sub> kg	25	18	16	122	107	61	52	112	8	12	16	18	350	300	300	133	100			
Odłow K <sub>2</sub> sztuk Stück	191	245	184	839	1190	483	589	1638	234	112	448	293	3480	4586	4586	1545	1430			
Abfischung K <sub>2</sub> kg	190	208	129	770	1220	340	420	1186	95	70	160	148	2650	3810	3810	975	893			
Ubytki w Strickverlust in %	23,6	2,0	30,4	0,8	19,5	1,8	4,5	32,2	6,4	44,0	10,4	2,3	22,6	26,9	26,9	22,7	4,7			
Przyrost z żywienia w kg Futterzuwachs	119	133	100	258	707	68	179	617	-	-	-	-	1607	2028	2028	633	368			
Przyrost naturalny Naturalzuwachs kg/ha	92	114	26	140	145	211	196	183	87	58	144	130	124	228	228	70	170			

nie są miarodajne i nie wzięto ich pod uwagę. Z tego samego powodu nie mogą być przyjęte do porównania wyniki 1961 r. nie nawożonego stawu Łachmaniec VIII.

Zastosowana w stawie Łachmaniec XI zwiększona dawka annofosu 90 kg  $P_2O_5$ /ha dała nadspodziewanie dobre rezultaty. Przyrost naturalny tego stawu zwiększył się bowiem bardzo znacznie w porównaniu z jego przeciętnym. Zwyżka ta jest dwukrotnie większa, jak w wyżej omawianych stawach w pierwszym roku nawożenia mniejszą dawką annofosu (60 kg  $P_2O_5$ /ha).

Wzrost wydajności naturalnej stawów z 1 ha objętych doświadczeniem (średni dla stawów nr VIII, VII, III i jednoroczny w stawie nr XI) w stosunku do ich produkcji naturalnej przed nawożeniem (w procentach) i w porównaniu z kontrolnym nie nawożonym stawem nr VIII przedstawiony jest na Ryc. 2. Jak z niej widać, średnia wydajność z 1 ha w kontrol-



Ryc. 2. Przyrost naturalny ryb stawów w Przyborowie. 1. Łachmaniec VIII — nie nawożony, 2. Łachmaniec VII — nawożony annofosem, 3. Łachmaniec III — nawożony annofosem, 4. Łachmaniec XI — nawożony annofosem; A — przeciętna wydajność naturalna przed nawożeniem w kg/ha, B — wzrost wydajności w % (średni z dwóch lat 1959—1960, dla stawu Łachmaniec XI tylko w 1961 r.)

Abb. 2. Natürlicher Fischzuwachs der Teiche von Przyborów. 1. Łachmaniec VIII — nicht gedüngt, 2. Łachmaniec VII — mit Annofos gedüngt, 3. Łachmaniec III — mit Annofos gedüngt, 4. Łachmaniec XI — mit Annofos gedüngt; A — durchschnittlicher Naturalzuwachs vor der Düngung in kg/ha, B — Steigerung des Zuwachs in % (Mittel aus den zwei Jahren 1959 u. 1960, für Teich Łachmaniec XI nur für das Jahr 1961)

nym stawie nr VIII wzrosła w latach 1959—61 tylko o 3% przeciętnej produkcji naturalnej. Natomiast średnia przyrostu naturalnego z 1 ha stawu nr VII z roku, w którym ten staw był nawożony i następnego roku po nawożeniu zwiększyła się o 33% przeciętnej jej produkcji. W stawie nr III średni wzrost wydajności naturalnej w dwóch latach, w których ten staw był nawożony (1959—60) wynosił 36% przeciętnej pro-

dukcji. Wzrost produkcji naturalnej w stawie nr XI, nawożonym w 1961 r. zwiększoną dawką nawozu, wynosił aż 83% przeciętnej produkcji przed nawożeniem.

Wpływ nawożenia zaznaczył się również w właściwościach dna i wody stawów. Gleby dna stawów nawożonych annofosem, jak wykazują wyniki badań, zamieszczone w Tab. III, zawierały po nawożeniu kilkakrotnie większe ilości łatwo rozpuszczalnego fosforu. Wapnowanie i nawożenie annofosem, który jest zasobny w wapń, przyczyniło się do znacznego obniżenia zakwaszenia gleby dna. Badana woda nawożonego stawu Łachmaniec XI miała w sumie w ciągu roku minimalnie większe ilości fosforanów.

Plankton pobierano w tym obiekcie w 1961 r. ze stawów Łachmaniec XI i dla porównania ze stawu Łachmaniec I, który był nawożony saletrą wapniową, superfosfatem i solą potasową. Spektrum florystyczne i zoologiczne tych stawów przedstawione jest w Tab. VI.

O planktonie roślinnym na podstawie dominacji i współczynnika przestrzenności, można powiedzieć, że głównym jego składnikiem w obu stawach są *Chlorophyceae*. Szczególnie licznie wystąpiły zielenice w stawie nr XI. Najliczniej z dominantów w obu stawach wystąpiły: *Pediastrum duplex*, *P. boryanum*, *Selenastrum gracile*, *Botryococcus brauni*, *Scenedesmus quadricauda*, *Dictyosphaerium pulchellum*, *Crucigenia apiculata*. W większości zdjęć zielenice utrzymywały się od lipca do października. W znacznych ilościach wystąpiły także *Euglenophyceae*. Bardzo liczne były zwłaszcza w stawie nr XI. W obu stawach dominują *Phacus pleuronectes*, *Trachelomonas volvocina*, *Euglena acus*. Znaczny współczynnik przestrzenności mają *Chrysophyceae*. Nie wykazują one jednak większej frekwencji. Najliczniej ze złotowiciowców wystąpiły: *Dinobryon divergens*, *D. bavaricum*, *Synura uvella*. *Dinophyceae*, *Heterocontae* i *Bacillariophyceae* są reprezentowane w tych stawach nielicznie. Nielicznie w stosunku do innych grup występują także *Cyanophyceae* i *Conjugatae*. Szczególnie mało sinic, natomiast więcej sprzężnic pojawiło się w stawie Łachmaniec XI. Z sinic najczęściej występowały *Microcystis aeruginosa* i *Merismopedia glauca*.

Głównym składnikiem zooplanktonu w tych stawach są *Rotatoria*. Reprezentowane są one przez liczne gatunki i mają w sumie wysoki wskaźnik przestrzenności. Największą frekwencję wykazują: *Keratella cochlearis*, *K. quadrata*, *Brachionus falcatus* i *B. angularis* oraz *Polyarthra vulgaris*. Obecność wrotków stwierdzano przez cały okres badań. *Cladocera* wystąpiły w obu stawach w kilku gatunkach. Ze względu na swoje przeważnie większe wymiary ich sumaryczny wskaźnik przestrzenności jest dość znaczny (Tab. VI). Najliczniej z nich wystąpiły: *Daphnia longispina*, *Diaphanosoma brachyurum* i *Bosmina longirostris*. Nieco słabszy rozwój skorupiaków zanotowano w stawie nr XI. W mniejszym nasileniu wystąpiły w tym stawie również *Copepoda*. Widłonogi, aczkolwiek mają w obu

Wskazniki planktonu z roku 1961  
 Charakteristik des Planktons im Jahre 1961  
 Tab. VI

Grupa	Staw - Teich Iachmaniec XI		Staw - Teich Iachmaniec I		Staw - Teich Chodnikowic Stary		Staw - Teich Podkamski	
	Ilosc gatunkow ew. rodzajow	Raumfaktor	Ilosc gatunkow ew. rodzajow	Raumfaktor	Ilosc gatunkow ew. rodzajow	Raumfaktor	Ilosc gatunkow ew. rodzajow	Raumfaktor
Cyanophyceae	5	10,0	9	67,5	8	27,0	12	54,0
Euglenophyceae	33	215,0	21	95,5	21	79,5	12	25,0
Dinophyceae	3	84,5	3	58,5	2	78,5	1	27,5
Heterokontae	1	3,0	2	4,5	1	1,5	2	3,5
Chrysophyceae	4	118,5	6	114,0	5	146,5	4	35,0
Bacillariophyceae	7	28,5	3	11,0	6	34,0	11	38,5
Chlorophyceae	48	332,0	36	238,0	34	171,5	33	128,0
Conjugatae	13	183,0	11	68,5	5	31,0	7	11,5
Razem fito-plankton Zusammen Phyto		781,0		657,0		569,5		323,0
Protozoa	4	21,0	5	14,0	6	52,0	5	37,5
Rotatoria	30	799,0	22	762,0	22	801,0	26	419,5
Cladocera	7	280,0	8	368,0	8	408,0	13	504,0
Copepoda	3	241,0	3	310,0	3	267,0	3	257,0
Ostracoda	1	5,5	1	5,5	1	5,5	1	5,5
Inne Andere	1	8,0	2	16,0	1	5,5	2	48,0
Razem Zusammen Zooplankton		1354,5		1475,5		1533,5		1265,5

Uwaga: przestrzenność ujeta została sumarycznie  
 Anmerkung: der Raumfaktor ist summarisch erfasst

stawach wysoki sumaryczny wskaźnik przestrzenności, potraktowano ogólnie, ograniczając się jedynie do wyróżnienia rodziny *Diaptomidae Cyclopidae* i form rozwojowych nauplii. Dominują w tych stawach *Cyclopidae*. *Protozoa*, *Ostracoda* i inne występują pojedynczo lub w małych ilościach.

Obydwa stawy mogą więc być określone jako zielenicowo-wrotkowe. Różnica pomiędzy nimi polega na tym, że staw nr XI wykazywał nieco silniejszy rozwój zielenic (7 dominantów V kl) i euglenin, natomiast staw nr I w sumie miał nieco więcej skorupiaków i widłonogów. Jeśli chodzi więc o ogólną biomasę planktonu, staw nr XI nawożony większą dawką annofosu niewiele ustępował stawowi nr I, który otrzymał pełne nawożenie (N, P, K):

### Gospodarstwo Kobiernice

Doświadczenie z nawożeniem annofosem w tym obiekcie obejmowało tylko dwa stawy: Farażek I i Farażek II. Stawy te są położone obok siebie, mają jednakową powierzchnię i kulturę rybacką. Nie były uprzednio przez kilka lat nawożone fosforem ani wapnowane; ryby w nich przed i w czasie nawożenia annofosem nie były żywione.

Obydwa stawy mają wytworzone małe wierzchowiny zarośnięte trzciną (*Phragmites communis* Trin.). Powierzchnię dna stawów porasta częściowo ponikło igłowate (*Heleocharis acicularis* L.) i nieoznaczone mchy. Z roślin wyższych dominują: manna (*Glyceria aquatica* L.) i żabieniec pospolity (*Alisma plantago* L.). Stopień zarośnięcia w obu stawach jest podobny i wynosi dla roślinności twardej około 20%, a miękkiej 5%.

Pierwotną glebę dna tych stawów są utwory pyłowe (Tab. II) pochodzenia aluwialnego. Warstwa mułu w obu stawach ma średnią miąższość (5—10 cm) i jest także utworem pyłowym. Zawiera ona mało substancji ilastych i ma dość dużo, jak na ten gatunek gleby, średnio rozłożonej materii organicznej (Tab. III). W sumie więc gleba ta ma średnią pojemność sorpcyjną i dużo lepszą jak gleby gliniaste przesiąkliwość. Jak widać z wyników badań zamieszczonych w Tab. III, warstwy mułu obu stawów były słabo kwaśne, mało zasobne w łatwo rozpuszczalny fosfor a średnio w potas.

Stawy te są zasilane wodą rzeki Soły za pomocą donośnika. Skład chemiczny tej wody oznaczony dwukrotnie w okresie wiosennym i letnim przedstawiony jest w Tab. VII. Jak wynika z analiz, jest to woda o średniej zasadowości, niskiej twardości ogólnej i zawartości wapnia, a średnio zasobna w żelazo. Zawiera mało magnezu i bardzo mało potasu i sodu. Jest uboga w materię organiczną (niska utlenialność) i ma słabe zabarwienie. Amoniak i azotyny występują w wodzie w małych ilościach, azotanów natomiast znajduje się w wodzie znacznie więcej: zasób średni



(0,5—0,6 mg/l). Zawartość fosforanów jest minimalna. Uboga jest także woda w chlorki. W średnich ilościach występują siarczany. Doraźnie wykonane w innych terminach oznaczenia zawartości tlenu rozpuszczonego i pH wskazują, że woda tego donośnika jest w ciągu roku dobrze natleniona, a odczyn jej waha się pH 7,1—7,3. Omówiona woda ma więc charakter wody górskiej, która z wyjątkiem znacznego zasobu azotanów jest w pozostałe składniki uboga. Kwasowość wody w 1960 r. w stawie Farozek I waha się pH 6,9—7,3, a w stawie Farozek II pH 7,4—7,8.

Z przytoczonych danych wynika, że charakter środowiska tych stawów można uważać za korzystny do nawożenia ich mączką fosforytową.

Tab. VII

Skład chemiczny wody donośnika w Kobiernicach w 1960  
Chemische Zusammensetzung des Zuleitungswassers  
in Kobiernice im Jahre 1960

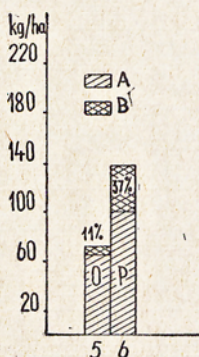
Data pobrania wody Datum der Wasserproben		18.V.	24.VIII.
Czynnik Faktor			
Zasadowość Alkalität	CaCO <sub>3</sub> mg/l	72	79
Twardość ogólna Gesamthärte	<sup>o</sup> <sub>n</sub> <sup>o</sup> <sub>d</sub>	4,45	5,67
Wapń Kalzium	Ca mg/l	26,1	34,3
Magnez Magnesium	Mg mg/l	3,5	3,7
Żelazo Eisen	Fe mg/l	0,50	0,12
Potas Kalium	K mg/l	1,24	0,75
Sód Natrium	Na mg/l	6,2	4,0
Amoniak Ammonium	N-NH <sub>4</sub> mg/l	0,04	0,04
Azotyiny Nitrite	N-NO <sub>2</sub> mg/l	0,006	0,002
Azotany Nitrate	N-NO <sub>3</sub> mg/l	0,600	0,500
Fosforany Phosphate	PO <sub>4</sub> mg/l	0,020	0,040
Chlorki Chloride	Cl mg/l	9,2	9,2
Siarczany Sulfate	SO <sub>4</sub> mg/l	23,0	36,0
Barwa Farbe	Pt mg/l	25	25
Utlenialność KMnO <sub>4</sub> -Verbrauch	O <sub>2</sub> mg/l	7,8	3,2

Staw Farozek II nawożono annofosem jednorazowo w pierwszej połowie maja w 1959 r. w dawce 600 kg mączki na 1 ha, czyli 90 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha. Staw Farozek I przyjęto za staw kontrolny, nie był więc nawożony. W roku 1959 nie uzyskano z tego doświadczenia wyników określających efekt nawożenia, bowiem doświadczenie to uległo w okresie letnim zniszczeniu przez wodę powodziową rzeki Soły, która wymieszała obsady w stawach

kobiernickich. Doświadczenie to kontynuowano jednak dalej w następnych latach, tj. 1960—61, w celu przekonania się, czy po sporej dawce fosforytów wystąpi następcze działanie tego nawozu, jakie będzie i ile lat będzie trwało. Staw Farażek II nie był więc w latach 1960—61 ponownie nawożony. Na nim i kontrolnym stawie Farażek I określano jedynie kształtowanie się przyrostów naturalnych ryb w porównaniu z ich przeciętną wydajnością naturalną z okresu przed nawożeniem annofosem. Zachowano przy tym na obu stawach podobną obsadę i zabiegi pielęgnacyjne, jak w latach poprzedzających nawożenie.

Obsady, odłowy i przyrosty ryb z tych lat zestawiono w Tab. V. Jak z niej wynika, staw Farażek II, nawożony annofosem w 1959 r., wykazał znaczny wzrost przyrostu naturalnego z 1 ha w drugim, a także w trzecim roku po nawożeniu. Wzrost ten był nieco większy w drugim roku po nawożeniu. Większy przyrost ryb wykazał w tym roku również i staw kontrolny. Nie wiadomo więc, czy ten większy przyrost ryb w stawie Farażek II w następnym roku po nawożeniu w porównaniu z trzecim rokiem (1961) jest tylko wynikiem silniejszego w tym roku następczego działania nawozu, czy też ogólnie może i lepszych warunków klimatycznych.

Średni wzrost wydajności naturalnej z 1 ha stawu Farażek II z dwu lat po nawożeniu annofosem, w stosunku do jego produkcji naturalnej przed nawożeniem i w porównaniu z wydajnością w tych latach kontrolnego stawu Farażek I przedstawia Ryc. 3. Z porównania tego widać, że działanie następcze annofosu w drugim i jeszcze w trzecim roku po nawożeniu w stawie Farażek II zaznacza się wyraźnie. Średni wzrost produkcji



Ryc. 3. Średni przyrost naturalny ryb z 1960 i 1961 r. stawów w Kobiernicach. 5. Farażek I — nie nawożony, 6. Farażek II — nawożony annofosem; A — przeciętna wydajność naturalna przed nawożeniem w kg/ha, B — średni wzrost wydajności w %

Abb. 3. Arithmetisches Mittel des natürlichen Fischzuwachs 1960 und 1961 der Teiche von Kobiernice. 5. Farażek I — nicht gedüngt, 6. Farażek II — mit Annofos gedüngt; A — durchschnittlicher Naturalzuwachs vor der Düngung in kg/ha, B — durchschnittliche Steigerung des Zuwachs in %

w stawie kontrolnym w tych latach wynosił bowiem tylko 11% jego przeciętnej produkcji, natomiast średni wzrost przyrostów ryb w nawożonym stawie Farożek II wynosił 37%.

Nawożenie annofosem wywarło swój wpływ także i na niektóre właściwości dna stawu. Badany w następnym roku po nawożeniu materiał glebowy warstwy mułu stawu Farożek II wykazał ogromny wzrost łatwo rozpuszczalnego fosforu i wyraźnie mniejszą kwasowość (Tab. III). Dostarczona jako składnik mączki fosforytowej dawka  $\text{CaCO}_3$  wystarczyła, jak z tego wynika, dla pyłowej gleby tego stawu o niewielkiej zawartości ilu (Tab. III), aby zmienić jej odczyn.

### Gospodarstwo Rudze

W tym obiekcie przeprowadzono w roku 1961 doświadczenia z kombinowanym nawożeniem mączki fosforytowej z siarczanem amonu. Do tego celu wytypowano cztery stawy: Chodnikowiec Stary, Chodnikowiec Nowy, Zakonnik i Podkamski. Dwa pierwsze stawy położone są obok siebie. Dwa drugie leżą nieco dalej na szerszym w tym miejscu starym tarasie akumulacyjnym rzeki w pobliżu wiejskich zabudowań. Ze względu na różne położenie stawów w schemacie doświadczenia, przyjęto dwa porównawcze nie nawożone stawy: Chodnikowiec Nowy i Podkamski.

Stawy Chodnikowiec Stary i Nowy są w małym stopniu zarośnięte roślinnością wyższą. W pierwszym występująca w pasie przybrzeżnym trzcina (*Phragmites communis* Trin.) zajmuje około 2% powierzchni, a zasiedlający środkowe partie stawu grzybień biały (*Nymphaea alba* L.) około 5%. Stopień zarośnięcia roślinnością twardą stawu Chodnikowiec Nowy wynosi 15%. Występuje w nim przy brzegach pałka (*Typha latifolia* L.), trochę trzciny, a dalej na stawie manna (*Glyceria aquatica* L.). W stawie Zakonnik w podobnym rozmieszczeniu występują również te dwie rośliny, tylko stopień zarośnięcia jego lustra wody jest większy, bo wynosi około 20%. Stopień zarośnięcia stawu Podkamski wynosi także około 20%, a rośliną dominującą jest manna (*Glyceria aquatica* L.).

Pierwotnym materiałem glebowym wszystkich tych stawów są staroaluwialne gliny ciężkie pylaste (Tab. II). Warstwy mułu w tych stawach są dobrze wykształcone i mają dość znaczną miąższość, szczególnie w stawach Chodnikowiec Nowy i Zakonnik. Warstwy te różnią się we wszystkich stawach gatunkowo od podścielającej je gleby pierwotnej. Zawierają bowiem więcej części pyłowych, a mniej sypialnych (Tab. II). Są więc utworami pyłowymi ilastymi bardziej przesiąkliwymi od gleby pierwotnej, a po osuszeniu przewiewnymi. Zawierają one średnie ilości substancji ilastych, a bardzo dużo dobrze zhumifikowanej materii organicznej. Wszystkie te stawy, jak wskazują na to dane przedstawione w Tab. III, miały dna silnie zakwaszone, o małym stopniu nasycenia kationami zasadowy-

mi. Zostały więc przed nawożeniem w zależności od zakwaszenia silnie zwapnowane. Dawki wapna na 1 ha podane są w Tab. I. Zawartość łatwo rozpuszczalnego fosforu była we wszystkich stawach mała, natomiast potasu było dość dużo.

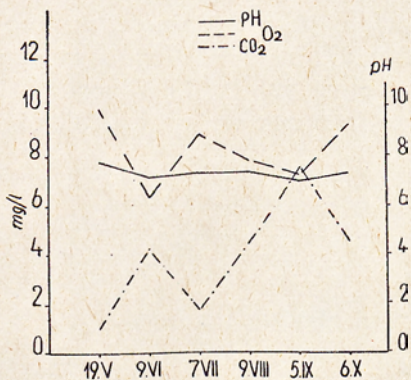
Stawy są zaopatrywane wodą rzeki Wieprzówki za pomocą 7 km młynówki. Podłożem zlewni tej rzeki są karpackie utwory fliszowe, zbudowane z ubogich w wapń piaskowców i łupków, przykryte w większości glebami pyłowymi wytworzonymi na tych skałach i na lessach podgórskich. Bezpośrednio z donośnika nawadniany jest tylko staw Chodnikowiec Nowy, z niego otrzymuje wodę staw Chodnikowiec Stary. Podobnie drugie w łańcuszku są pozostałe dwa stawy.

Skład chemiczny wody donośnika i stawów przedstawia Tab. VIII. Jak z podanych analiz wynika, temperatura wody donośnika w okresie produkcyjnym wahała się 10—16,4 °C. Nasylenie jego wody tlenem na wiosnę było duże, a w okresie letnio-jesiennym nieco się pogorszyło. Było to prawdopodobnie po części wynikiem bardzo znacznego zarosnięcia donośnika roślinnością twardą i obecnością rozkładających się jej obumarłych cząstek, o czym świadczyło wystąpienie w tym okresie pewnych ilości azotynów w wodzie. Nasylenie wody wolnym CO<sub>2</sub> było średnie, wiosną mniejsze, a wzrastające w ciągu lata do jesieni. Kwasowość wody nie wykazywała w ciągu roku większych zmian i mieściła się w granicach obojętnego odczynu. Miała ona średnią zasadowość, niską twardość ogólną i była mało zasobna w wapń i magnez. Zawartość magnezu tak w wodzie donośnika, jak i w stawach malała ku jesieni, natomiast z wapniem było odwrotnie. Potas w wodzie donośnika znajdował się w średnich ilościach, a sód w nieco większych, co prawdopodobnie było związane z zabudowanym terenem, przez który płynie donośnik. Woda tego donośnika była szczególnie uboga we wszystkie formy azotu mineralnego i fosforany. Miała ona małe zabarwienie, mętność i utleniałość. Siarczany i chlorki występują w niej w średnich ilościach. Ogólnie jest to więc woda góraska, mało zasobna w składniki chemiczne.

Skład chemiczny wody badanych stawów, jak to podaje Tab. VII, różnił się nieco od składu chemicznego wody donośnika. Woda stawów zawierała bowiem w całym roku ogólnie większą ilość żelaza, amoniaku i miała większą utleniałość. Miała ona minimalnie wyższą twardość ogólną (stawy były wapnowane) oraz większe zabarwienie i mętność. Uboższa była natomiast w potas, co mogło być spowodowane nie tylko sorpcją biologiczną, lecz także i fizykochemiczną dna. Zawartość tlenu, wolnego CO<sub>2</sub> i pH wody nawożonych stawów Chodnikowiec Stary i Zakonnik przedstawia Ryc. 4 i 5. Z ryciny 4 widać, że woda stawu Chodnikowiec Stary miała w całym roku odpowiednie i stosunkowo mało wahające się natlenienie. Natomiast w stawie Zakonnik (Ryc. 5) natlenienie było ogólnie gorsze, a w upalne dni września nastąpił nawet znaczny deficyt tlenowy z równoczesnym dużym wzrostem wolnego CO<sub>2</sub>, kwasowości, a także

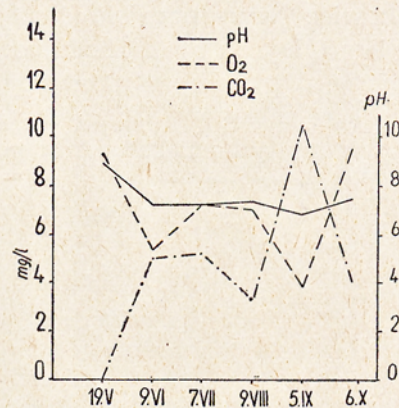
Skład chemiczny wody donośnika i stawów gospodarstwa Rudze w 1961 r  
 Chemische Zusammensetzung des Zuleitungs- und Teichwassers in der Teichwirtschaft Rudze im Jahre 1961

Miejsce i data pobrania wody Ort und Datum der Wasserproben	Donośnik Zuleiter					Staw - Teich Chodnikowiec Nowy		Staw - Teich Chodnikowiec Stary					Staw - Teich Zakonnik					
	27.IV.	19.V.	7.VII.	5.IX.	6.X.	19.V.	6.X.	27.IV.	19.V.	7.VII.	5.IX.	6.X.	27.IV.	19.V.	7.VII.	5.IX.	6.X.	
Czynnik Faktor																		
Temperatura wody Wassertemperatur	10,0	11,2	15,8	16,4	11,5	15,8	12,8	13,6	15,4	18,7	21,8	12,6	14,4	15,8	19,8	21,7	14,0	
Tlen rozpuszczony Sauerstoff	-	16,3	8,0	9,5	8,7	9,1	8,6	-	9,9	8,9	7,2	9,3	-	9,3	7,2	3,8	9,5	
Nasylenie tlenem Sauerstoffsättigung	-	147,5	79,9	96,1	79,2	90,9	80,6	-	98,0	94,4	81,1	86,8	-	92,9	78,0	41,6	91,4	
CO <sub>2</sub> wolny frei	-	3,00	4,75	4,50	5,00	2,00	4,00	-	1,00	1,75	7,50	4,5	-	0,00	5,25	10,50	4,00	
pH	7,1	7,3	7,2	7,3	7,2	7,3	7,2	8,0	7,8	7,4	7,0	7,3	7,3	8,9	7,2	6,8	7,4	
Zasadowość Alkalität	81	74	83	83	85	80	82	80	69	90	92	85	83	71	90	87	77	
Twardość ogólna Gesamthärte	5,10	4,30	4,94	4,72	4,94	5,15	5,34	5,10	4,55	5,34	5,40	5,12	5,20	5,20	5,42	4,80	4,42	
Wapń Kalzium	23,58	22,51	26,16	27,16	26,87	25,01	30,59	22,87	22,58	29,45	30,30	28,30	23,59	22,87	30,73	26,87	25,16	
Magnez Magnesium	8,02	5,03	5,38	4,16	4,86	7,15	4,51	8,24	6,16	5,29	5,20	5,20	8,24	8,67	4,68	4,68	3,82	
Żelazo Eisen	0,060	0,30	0,35	0,20	0,50	0,60	0,65	0,25	0,80	1,00	0,50	3,70	1,25	0,60	1,25	1,75	0,55	
Potas Kalium	2,49	3,50	4,81	3,92	3,15	2,41	1,83	2,28	2,36	2,91	2,06	2,12	2,66	3,04	3,24	3,35	2,95	
Sód Natrium	14,50	20,00	19,60	20,04	19,10	14,3	12,70	12,50	14,40	15,40	12,68	12,7	14,70	15,20	16,80	16,40	18,40	
Amoniak Ammonium	-	0,04	0,10	0,08	-	0,14	-	-	0,11	0,16	0,10	-	-	0,11	1,20	0,20	-	
Azotyny Nitrite	-	0,006	0,003	0,004	-	0,004	-	-	0,000	0,000	śl. Sp.	-	-	0,004	0,002	0,048	-	
Azotyny Nitrate	-	0,03	0,05	0,05	-	0,025	-	-	0,025	0,050	0,100	-	-	0,025	0,025	0,000	-	
Fosforany Phosphate	śl. Sp.	0,008	śl. Sp.	śl. Sp.	0,020	0,002	śl. Sp.	śl. Sp.	0,004	0,100	0,100	0,140	śl. Sp.	śl. Sp.	0,020	0,120	0,020	
Chlorki Chloride	-	-	-	-	17,15	-	13,18	-	-	-	-	13,18	-	-	-	-	15,68	
Siarczany Sulfate	-	-	-	-	19,46	-	23,62	-	-	-	-	20,49	-	-	-	-	18,49	
Barwa Farbe	-	15	20	23	22	35	25	-	35	55	55	55	-	40	55	60	25	
Metność Trübung	-	23,5	29,0	12,5	16,5	11,0	31,0	-	12,5	49,0	49,0	46,0	-	23,5	38,5	29,0	5,5	
Utlenialność KMnO <sub>4</sub> -Verbrauch	3,52	4,16	5,50	23,95	5,97	7,84	11,47	5,69	8,83	10,85	13,35	13,78	5,18	16,16	9,89	13,71	6,93	



Ryc. 4. pH, ilość rozpuszczonego tlenu i wolnego CO<sub>2</sub> w wodzie stawu Chodnikowiec Stary

Abb. 4. pH, Menge des gelösten Sauerstoffes und des freien Kohlendioxyd im Wasser des Teiches Chodnikowiec Stary



Ryc. 5. pH, ilość rozpuszczonego tlenu i wolnego CO<sub>2</sub> w wodzie stawu Zakonnik

Abb. 5. pH, Menge des gelösten Sauerstoffes und des freien Kohlendioxyd im Wasser des Teiches Zakonnik

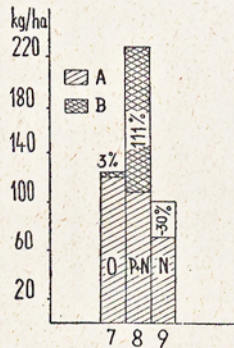
azotynów (Tab. VIII). Zjawisko to mogło wywrzeć ujemny skutek na przyrost ryb w tym stawie.

Annofosem i siarczanem amonu został nawieziony staw Chodnikowiec Stary. Mączką fosforytową nawieziono go w pierwszej dekadzie maja, jednorazowo w dawce 400 kg annofosu na 1 ha (tj. 60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Siarczan amonu stosowano później w kilku małych dawkach w odstępach 12—14 dniowych. Staw Zakonnik był nawożony tylko samym siarczanem amonu w taki sam sposób, jak w stawie poprzednim. Ze względów technicznych wprowadzone dawki siarczanu amonu do obu stawów były stosunkowo małe, bo wynosiły tylko 200 kg siarczanu amonu na 1 ha (41 kg N). Stawy Chodnikowiec Nowy i Podkamski, jak już wspomniano, przyjęto za stawy kontrolne.

Wszystkie te stawy otrzymały podobną jak w poprzednich latach obsadę narybkową (K<sub>1</sub>). Zestawienie tych obsad, odłowów i przyrostów ryb podaje Tab. V. Z przedstawionych danych wynika, że staw Chodnikowiec Stary, w którym zastosowano nawożenie fosforowo-azotowe, w porównaniu z jego dotychczasową przeciętną produkcją naturalną dał bardzo wysoki przyrost naturalny, natomiast staw nawożony tylko samym siarczanem amonu nie wykazał żadnej zwyżki wydajności naturalnej stawu, lecz nawet uzyskano w nim w tym roku niższą produkcję naturalną od jego przeciętnej sprzed nawożenia. Zniżkę produkcji wykazał także kontrolny staw Podkamski, a drugi kontrolny staw Chodnikowiec Nowy miał wydajność minimalnie wyższą ponad przeciętną.

Wydajności stawów nawożonych w porównaniu z ich przeciętną wydajnością przed nawożeniem i z wydajnością kontrolnego stawu Chod-

nikowiec Nowy przedstawiono na Ryc. 6. Jak z tego wykresu widać, w kontrolnym stawie Chodnikowiec Nowy zwyżka wydajności w procentach jego przeciętnej produkcji wynosiła 3%, natomiast w nawożonym mączką fosforytową i siarczanem amonu stawie zwyżka ta wynosiła 111%. Nawożony tylko siarczanem amonu staw Zakonnik wykazał o 30% niższą produkcję naturalną.



Ryc. 6. Przyrost naturalny ryb w stawach w Rudzach. 7. Chodnikowiec Nowy — nie nawożony, 8. Chodnikowiec Stary — nawożony annofosem i siarczanem amonu, 9. Zakonnik — nawożony siarczanem amonu; A — przeciętna wydajność naturalna przed nawożeniem w kg/ha, B — wzrost wydajności w %

Abb. 6. Natürlicher Fischzuwachs der Teiche von Rudze 7. Chodnikowiec Nowy — nicht gedüngt, 8. Chodnikowiec Stary — mit Annofos und Ammonsulfat gedüngt, 9. Zakonnik — mit Ammonsulfat gedüngt; A — durchschnittlicher Naturalzuwachs vor der Düngung in kg/ha, B — Steigerung der Zuwachs in %

W wodzie nawożonego annofosem i siarczanem amonu stawie Chodnikowiec Stary wystąpiły wyższe niż w wodzie donośnika i pozostałych stawów ilości fosforanów. Podniosła się również znacznie, jak widać z Tab. III, średnia zawartość łatwo rozpuszczalnego  $P_2O_5$  w warstwie mułu dna tego stawu. Średnie zakwaszenie jego dna, badane po nawożeniu (Tab. III) pomimo dużej dawki nawozowego wapna i fosforytów (Tab. I) wzrosło nieznacznie. Jest to podyktowane zapewne większym ilastym kompleksem sorpcyjnym i znaczną ilością kwaśnych związków próchnicznych w dnie tych stawów.

Plankton oznaczono w nawożonym stawie Chodnikowiec Stary i nie nawożonym stawie Podkamski. Spektrum florystyczne i zoologiczne tych stawów przedstawione jest w Tab. V. Wysokość współczynnika przestrzenności i określona dominacja pozwalają stwierdzić, że w odniesieniu do fitoplanktonu, w obydwu stawach *Cyanophyceae* występują w niewielkim nasileniu. Większy ich udział notuje się w stawie nie nawożonym. Wśród nich najczęściej znajduje się *Aphanizomenon flos aquae* i *Anabaena solitaria*. *Euglenophyceae* są reprezentowane w stawie

nawożonym przez większą ilość gatunków i mają większy współczynnik przestrzenności jak w nie nawożonym stawie Podkamski. Dominantami wśród nich są *Trachelomonas volvocina* i *T. hispida*. *Dinophyceae* były reprezentowane głównie przez jeden gatunek *Ceratium hirundinella*. Słabo wystąpiły one w nie nawożonym stawie Podkamski, a zdecydowanie więcej było ich w stawie nawożonym. *Heterocontae* i *Coniugatae* w obu stawach znajdują się w bardzo małych ilościach. Te ostatnie jednak mają znacznie większy współczynnik przestrzenności niż w stawie nawożonym (Tab. VI). W jednakowym nasileniu w obu stawach występowały okrzemki. Największą frekwencję spośród nich ma *Fragillaria* sp. Bardzo małym współczynnikiem przestrzenności w stawie nie nawożonym, a bardzo dużym w nawożonym wykazują się *Chryzophyceae*. Najczęściej pojawiającym się ich składnikiem był *Dinobryon divergens*. *Chlorophyceae* i w tych stawach stanowią główny składnik fitoplanktonu. Nasilenie ich rozwoju jest jednak w obu stawach różne. Staw nawożony jest w nie o wiele bogatszy. Do dominujących gatunków zaliczają się: *Pediastrum boryanum*, *Dictyosphaerium pulchellum*, *Eudorina elegans*, *Pediastrum duplex*, *Crucigenia tetrapedia*.

Główną grupą zooplanktonu w nawożonym stawie Chodnikowiec Stary są wrotki. Wykazują one zdecydowanie największą frekwencję i współczynnik przestrzenności. Do licznych w tej grupie dominantów należą: *Conochilus unicornis*, *Keratella cochlearis*, *K. quadrata* oraz *Asplanchna brightvelli*. Drugie miejsce zajmują *Cladocera* z dominującymi przedstawicielami *Ceriodaphnia quadrangula*, *Daphnia longispina* i *Bosmina longirostris*. W nie nawożonym stawie natomiast najliczniej w zooplanktonie wystąpiły *Cladocera*, a wrotki zajęły drugie miejsce. Dominantami w obu grupach w tym stawie były przeważnie te same zwierzęta, co w stawie Chodnikowiec Stary. *Copepoda* występowały w podobnym nasileniu w obu stawach, a dominowała rodzina *Cyclopidae*. *Protozoa*, *Ostracoda* i inne występowały w tych stawach nielicznie. Wyraźnie więcej pierwotniaków miał staw nawożony.

Nawożony staw Chodnikowiec Stary można więc określić jako zieleńcowo-wrotkowy, a nie nawożony staw Podkamski jako zielenicowo-skorupiakowy. Uzyskane wyniki wskazują, że w stawie nawożonym amonofosem i siarczanem amonu nastąpił silniejszy rozwój organizmów planktonowych niż w nie nawożonym stawie Podkamski. Odnosi się to zarówno do planktonu roślinnego, jak i zwierzęcego.

### Omówienie wyników

Przedstawione wyniki doświadczeń wskazują (Tab. V i Ryc. 2, 3, 6), że nawożenie samą mączką fosforytową, jak i w kombinacji jej z siarczanem amonu daje wyraźne różnice w przyrostach naturalnych ryb z powierzchni



stawu. Różnice te zaznaczają się tak w stosunku do przeciętnej produkcji naturalnej stawu przed nawożeniem, jak i w porównaniu ze stawami nie nawożonymi. Po nawożeniu samą mączką fosforytową, jak to widać z przyrostów ryb w drugim roku po nawożeniu, wyraźnie występuje następne działanie tego nawozu. Efekt tego działania w drugim roku po nawożeniu, a nawet i w trzecim w wypadku zastosowania w nawożeniu wyższej dawki nawozu (Farożek II) jest podobny do wyników roku, w którym stawy nawożono. Działanie następne annofosu (Tab. V) jest więc większe od ustalonego przez Demolla (1925) dla superfosfatu następnego działania w drugim roku po nawożeniu, które wynosiło 80% jego działania w roku pierwszym.

W Przyborowie z wyjątkiem stawu Łachmaniec XI, który był nawożony w 1961 r. wyższą dawką annofosu, różnice w przyrostach z nawożenia pomiędzy stawami nawożonymi samym annofosem, mimo pewnych różnic w ich obsadzie są niewielkie. Wobec tego, z wyjątkiem tego jednego stawu, przyrosty ryb pozostałych stawów doświadczenia w tym obiekcie podano (Ryc. 1) w średnich wartościach z dwóch lat. Tak samo są przedstawione (Ryc. 3) wyniki stawów kobiernickich.

Średni wzrost wydajności z nawożenia annofosem w dawce 60 kg  $P_2O_5$ /ha i wapnowania z pierwszego i drugiego roku po nawożeniu w stawie Łachmaniec VII wynosił 33% jego przeciętnych przyrostów przed nawożeniem, a w stawie Łachmaniec III nawożonym w obu latach (1959, 1960) 36%. W stawie Farożek II średni wzrost wydajności naturalnej z drugiego i trzeciego roku po nawożeniu (działanie następne), bo doświadczenie w pierwszym roku uległo zniszczeniu, wynosił 37%. Wzrost wydajności w stawie Łachmaniec XI nawożonym wyższą dawką (90 kg  $P_2O_5$ /ha) mączki fosforytowej oraz wapnem był podwójnie wyższy od poprzednich stawów, bo wynosił 83%. W stawach gospodarstwa Przyborów nie można jednak ustalić, jaki procent wzrostu wydajności przypada na wapnowanie.

Uzyskane przez B a n k a (1956) na bardzo zaniedbanych stawach przyrosty ryb z nawożenia mączką fosforytową (Hyperphos) i wapnowania były niższe, wynosiły bowiem tylko średnio 20%.

Średnie przyrosty ryb z powierzchni na skutek nawożenia superfosfatem (w dawce 35 kg  $P_2O_5$ /ha) i wapnowania wynosiły w doświadczeniach przeprowadzonych przez prof. S t a r m a c h a (1958) w Gołyszach dla jednej grupy stawów 36,4%, dla drugiej 62,8%, a w Landeku 34,7%. Średni przyrost z nawożenia superfosfatem w dawce 72,8 kg  $P_2O_5$ /ha w doświadczeniach M ü l l e r a (1957) w Königswartha wyniósł 32%.

Ogólnie biorąc średni wzrost wydajności z nawożenia annofosem w dawce 60 kg  $P_2O_5$ /ha jest prawie równy średnim przyrostom uzyskanym z nawożenia superfosfatem w dawce 35 kg  $P_2O_5$ /ha. Zaznaczyć należy, że w porównaniu tym wartość nawozową annofosu niewiele obniża to, że w nawożeniu annofosem była zastosowana większa dawka  $P_2O_5$ , gdyż nad-

miar tego fosforu oddziałują w drugim roku po nawożeniu. Uzyskany jednorazowo w 1961 r. wyjątkowo wysoki przyrost (83%) z nawożenia sporą dawką annofosu w stawie Łachmaniec XI nie pozwala na wyciąganie dalej idących wniosków, bowiem wpłynąć na to mogły w wymienionym roku jakieś wyjątkowo korzystne czynniki. Zagadnienie celowości stosowania większych dawek annofosu wymaga przeprowadzenia dalszych doświadczeń.

Porównanie efektów nawozowych wymienionych powyżej stawów nawożonych superfosfatem ze stawami nawożonymi annofosem może mieć tylko orientacyjne znaczenie, gdyż stawy te różnią się między sobą pod wieloma względami. Jest ogólnie znane, że takie stawy mogą rozmaicie reagować tak na wapnowanie, jak i na nawożenie fosforowe.

Z doświadczenia w Rudzach z kombinowanym nawożeniem mączki fosforytowej z siarczanem amonu wynika, że daje ona jako nawóz fosforowy w tego rodzaju nawożeniu bardzo dobre wyniki. Jak widać z Tab. V i Ryc. 6, wzrost produkcji naturalnej stawu Chodnikowiec Stary po takim nawożeniu wyniósł 111%. Jest to więc podobny przyrost, jaki podaje Andrews (1954) za Swinglem i Smithem dla superfosfatu i siarczanu amonu. Równocześnie nawożony samym siarczanem amonu staw Zakonnik nie wykazał żadnej zwyżki przyrostu z nawożenia, a nawet spadł mu przyrost naturalny o 30%. Jak twierdzi Vinberg (1952), Smith i Swingle w swych doświadczeniach w stanie Alabama w USA także nie zaobserwowali wzrostu przyrostu ryb po nawożeniu samymi związkami azotu. Spadek produkcji naturalnej (o 40%) wystąpił również w jednym z kontrolnych stawów Podkamski.

Dobre rezultaty nawożenia annofosem i siarczanem amonu mogą być związane z tym, że przy równoczesnym stosowaniu nawożenia fosforowego i azotowego zmniejsza się prawdopodobnie zapotrzebowanie roślin na fosfor i uwalniany fosfor z mączki fosforytowej w zupełności wystarcza, albo mogą one łączyć się z wpływem siarczanu amonu na lepszą rozpuszczalność fosforu z annofosu. Wpływ ten mógłby się ujawnić w wyniku zakwaszającego działania siarczanu amonu na wodę stawu zaraz po nawożeniu lub może on być związany z obecnością w wodzie jonu  $SO_4$ , uwalnianego z siarczanu amonu po zużyciu przez rośliny grupy amonowej, któremu Demoll (1925) przypisuje wpływ na uruchamianie fosforu.

Nawożenie stawów w ogóle wpłynęło także znacznie na przyrost jednostkowy hodowanych ryb. Dla przykładu podam wyniki z 1961 r. kilku stawów. Otóż przyrost jednostkowy sztuki w nawożonym annofosem stawie Łachmaniec XI wynosił 659 g, w stawie o nawożeniu azotowofosforowym Chodnikowiec Stary 819 g, a w nie nawożonym stawie Podkamski 558 g. Zaznacza się, że do porównania przyrostów jednostkowych wzięto tylko te stawy, których ilość sztuk obsady na 1 kg pokarmu (przyrost naturalny + z żywienia) była do siebie zbliżona.

W wodzie stawów nawożonych annofosem występowały (Tab. V i VIII) nieco większe ilości fosforanów niż w donośniku i utrzymywały się one w ciągu całego roku. Stwierdzono to również w wodach stawów nawożonych annofosem w zniszczonym doświadczeniu w Książu Wielkim. Na wiosnę w wodach stawów fosforanów było niewiele. Później przez całe lato aż do jesieni ilość ich wzrastała. W stawach nawożonych superfosfatem, jak podają M. Stangenberg (1942), Wróbel (1959), K. Stangenberg (1961), fosfor występuje w wodzie w znacznych ilościach tylko w pewnym okresie po nawożeniu, później szybko zanika. Jeśli zatem fosforany w stawach nawożonych annofosem utrzymywały się stale w małych ilościach w wodzie, a w okresie letnim nawet w niej wzrastały, wynika z tego, że dopływ fosforu z rozpuszczania mączki fosforytowej o tak drobnym przemiale, chociaż może nieznaczny, jest jednak stały. W tym właśnie może tkwić przyczyna względnie dobrych wyników z nawożenia annofosem. Jak to stwierdza bowiem Stangenberg (1942), wysokość produkcji w stawach zależy nie od maksimum fosforu w wodzie, ale od jego stałej obecności.

Nawożenie annofosem wpłynęło również na zwiększenie się w glebie dna nawożonych stawów ilości łatwo rozpuszczalnego  $P_2O_5$  (Tab.III). Świadczy to o dość znacznym uwalnianiu się fosforu z mączki fosforytowej.

W stawach Przyborowa nie zaobserwowano wyraźnego ujemnego wpływu obecności znacznej ilości żelaza w dnie i wodzie stawów na efekty nawożenia.

Przyrosty ryb z nawożenia znajdowały swe potwierdzenie także w wynikach badań planktonu, które wykazały, że największa biomasa planktonu występowała w stawie Chodnikowiec Stary, nawożonym annofosem i siarczanem amonu, mniejsza w stawie Łachmaniec XI, nawożonym tylko samym annofosem, a zdecydowanie najmniejsza w nie nawożonym stawie Podkamski. Te ilościowe różnice dotyczą zarówno fitoplanktonu, jak i zooplanktonu. W planktonie roślinnym tych stawów w przewadze występowały zieleńce. Szczególnie sporo zieleńców znajdowało się w stawie Łachmaniec XI, nawożonym annofosem w wyższej dawce (90 kg  $P_2O_5$ /ha). Ilościowy skład fitoplanktonu w tym stawie ukształtował się więc inaczej niż w stawach nawożonych superfosfatem, w których według danych szeregu autorów (Wunder 1935, Bucka 1960, Krzeczowska 1961) zwykle przeważają sinice. W stawach nawożonych z zooplanktonu najliczniej pojawiły się wrotki. Zgodne to jest z wynikami podawanymi przez Weinmanna (1938) i Klimczyk (1957). W okresie wiosennym więcej było form zwierzęcych. Silniejszy rozwój fitoplanktonu obserwuje się dopiero w okresie letnim. Wydaje się, że na korzystny rozwój planktonu roślinnego w stawach nawożonych annofosem może mieć pewien wpływ zawartość w tym nawożeniu mikroelementów (Trzebiatowski 1955).

Przedstawione wyniki wstępnych doświadczeń nie pozwalają na bardziej szczegółowe określenie efektów nawozowych mączki fosforytowej w różnych środowiskach stawowych, bowiem ze względów niezależnych od autora nie wszystkie doświadczenia zostały doprowadzone do końca i nie wszystkie dane mogły być w wyczerpujący sposób zebrane. Doświadczenia te nie mogą także dać wystarczającej odpowiedzi co do najkorzystniejszego dawkowania tego nawozu. Zagadnienia te wymagają więc dalszych badań.

Niemniej jednak wydaje się, że annofos powinien dawać najlepsze wyniki na stawach o więcej przesiąkliwych, kwaśnych, ubogich w fosfor glebach piaszczystych i pyłowych, zasilanych wodą o niskiej twardości i zasadowości, z małym zasobem fosforanów a znacznym wolnego  $\text{CO}_2$ . Jednoroczne doświadczenie z zastosowaniem annofosu w nawożeniu azotowo-fosforowym wskazuje, że annofos może dać najlepsze wyniki w połączeniu z fizjologicznie kwaśnym siarczanem amonu. Mączka fosforytowa mogłaby więc znaleźć zastosowanie w nawożeniu azotowofosforowym, szczególnie w stawach na wodzie opadowej, o dwuletnim obrocie hodowlanym i w innych stawach, gdzie obawiamy się po nawożeniu superfosfatem większych zakwitów. Również mogłaby być wprowadzana do stawu w celu nasycenia dna fosforem, w którym później w pierwszym roku i dwóch następnych, stosowano by nawozy azotowe, a superfosfat tylko w małych dawkach na wiosnę, kiedy zapotrzebowanie na fosfor jest największe. Najbardziej odpowiednią dawką annofosu wydaje się, że jest 60 kg  $\text{P}_2\text{O}_5/\text{ha}$ , czyli 400 kg nawozu na 1 ha. Szersze zastosowanie tego nawozu w nawożeniu stawów znajduje uzasadnienie finansowe, ponieważ annofos jest o połowę tańszy od superfosfatu.

W zakończeniu składam podziękowanie Panu Prof. dr K. Starmachowi za powierzenie mi tego tematu, pomoc w trudnościach i cenne rady w trakcie wykonywania pracy. Składam również podziękowanie inż. C. Malczewskiemu za współudział w przeprowadzeniu doświadczeń i zebraniu rybackich wyników tej pracy. Dziękuję także Pani mgr K. Kyselowej za wykonanie oznaczeń planktonu, a dr S. Wróblowi za udostępnienie mi analiz chemicznych wody donośnika w Kobiernicach.

#### ZUSAMMENFASSUNG

Der Verfasser bespricht die Ergebnisse von Düngungsversuchen mit Phosphoritmehl, welches aus polnischen Phosphoritlager unter der Bezeichnung „Annofos“ hergestellt wird. Der Gehalt an allgemeinem  $\text{P}_2\text{O}_5$  beträgt in diesem Kunstdünger ca 15% und der Gehalt an  $\text{CaCO}_3$  schwankt in Grenzen von 23—25% (die chemische Analyse des Phosphoritmehls ist im Text angegeben). Der Grad der Vermahlung dieses Kunstdüngers entspricht dem deutschen Produkt Hyperphos d. h. 80% passiert ein Sieb mit 10 000 Maschen pro 1  $\text{cm}^2$ .

Die Untersuchungen mit Annofos wurden in den Jahren 1959—1961 in Teichen des Fischereirayons Kraków und zwar in den Teichwirtschaften Przyborów, Kobiern-

nice und Rudze durchgeführt. Diese Teiche befanden sich in einem mittleren bis gutem Kulturstadium und unterschieden sich untereinander durch Umweltverhältnisse, vor allem durch die Beschaffenheit des Zuflusswassers und durch die Bodenart des Teichgrundes.

Zur genaueren Bestimmung der Umweltverhältnisse der Versuchsteiche wurde vor und während der Düngungsversuche die chemische Zusammensetzung des Zufluss- und Teichwassers sowie einige der wichtigsten Elemente der Bodenbeschaffenheit bestimmt. Während des letzten Versuchsjahres wurde in Abständen von einem Monat zugleich mit den chemischen Wasseranalysen auch der Gehalt und die Zusammensetzung des Plankton untersucht. Die Ergebnisse der Wasseranalysen, der Boden- und Planktonuntersuchungen werden in den Tab. II, III, IV, VI, VII, VIII sowie in den Abb. 1 und 5 wiedergegeben. Auf Grund dieser Ergebnisse wurde im Text die physikalisch-chemische Charakteristik von Wasser und Boden der Untersuchten Teiche festgestellt.

Bei den Versuchen wurde ausschliesslich Phosphoritmehl in Gaben von 60 oder 90 kg/ha  $P_2O_5$  mit oder ohne Kalkung sowie auch teilweise Düngung mit Ammoniumsulfat angewandt. Das Phosphoritmehl wurde einmalig in der ersten Maihälfte auf das Teichwasser verabfolgt. Mit Ammoniumsulfat wurde in kombinierter Düngung in kleinen Gaben alle 12—14 Tage gedüngt. Alle Teiche waren durchwegs mit einsömmerigen Karpfen ( $K_1$ ) besetzt, jeweils von gleichem Stamm der betreffenden Teichwirtschaft; die Fische wurden mit Chloromycetin injiziert. Das Schema der Teichdüngung, die Angaben über Besatz und Abfischung der Teiche wird in Tab. I und V angegeben.

Die erzielten Untersuchungsergebnisse (Tab. V und Abb. 2, 3, 6) beweisen, dass Düngung mit Phosphoritmehl allein sowie in Kombination mit Ammonsulfat deutliche Unterschiede im Naturalzuwachs pro Flächeneinheit der Teiche aufweist. Diese Unterschiede treten sowohl im Vergleich mit dem durchschnittlichen Zuwachs der Teiche vor der Düngung sowie im Vergleich mit den nicht gedüngten Kontrollteichen. Es tritt auch eine deutliche nachhaltige Wirkung der Phosphoridüngung ein. Der Düngungseffekt mit 90 kg/ha  $P_2O_5$  war im zweiten, sogar noch im dritten Jahr nach der Düngung ähnlich dem, welcher im ersten Jahr durch die Düngung erzielt worden war. Die Erhöhung des Naturalzuwachs nach Phosphor- und Kalkdüngung betrug im ersten und im darauffolgendem Jahr 33—37% des Durchschnittszuwachs der vorhergehenden 3—4 Jahre. Eine Ausnahme bildet der Teich Łachmaniec XI, der im Jahr 1961 bei Anwendung der höheren Annofosgabe eine 83% Erhöhung seines Naturalzuwachs erzielte. Der von Bank (1956) auf sehr vernachlässigten Teichen erzielte Naturalzuwachs bei Anwendung von Phosphoritmehl (Hyperphos) und Kalk war geringer und erreichte durchschnittlich im Mittel nur eine 20% Erhöhung. Im allgemeinen ist die Zuwachssteigerung nach Düngung mit Phosphoritmehl fast gleich dem Zuwachs, welchen Müller (1957) und Star-mach (1958) mit Superphosphat erzielt haben.

Bei der kombinierten Düngung mit Phosphoritmehl und Ammonsulfat war die Auswirkung des Phosphor sehr hoch; die Produktionssteigerung in einem so gedüngten Teiche betrug 101% des vorhergehenden durchschnittlichen Zuwachs (Tab. V, Abb. 6). Ein gleichzeitig nur mit Ammonsulfat gedüngter Teich wies gar keine Zuwachserhöhung auf, sein Naturalzuwachs war sogar niedriger. Eine Produktionssteigerung konnte im gleichen Jahr bei den nicht gedüngten Kontrollteichen auch nicht festgestellt werden. Die Düngung der Teiche hatte allgemein auch grossen Einfluss auf den Stückzuwachs der Karpfen.

Die guten Ergebnisse der kombinierten Düngung mit Phosphoritmehl und Ammonsulfat können damit in Verbindung gebracht werden, dass die gleichzeitige Anwendung von P und N den Bedarf der niederen Pflanzenwelt an Phosphor

verringert und dass der vom Phosphoritmehl stammende Phosphor denselben vollkommen genügt. Diese Ergebnisse könnte man aber auch mit dem Einfluss des sauer wirkenden Ammonsulfat auf die bessere Lösbarkeit des Phosphor im Phosphorit in Verbindung bringen.

Das mit Phosphoritmehl gedüngte Teichwasser wies etwas höhere P-Mengen auf als das Zuflusswasser (Tab. V, Tab. III) und dieser Zustand bestand während der ganzen Vegetationsperiode. Im Frühjahr war der P-Gehalt im Teichwasser geringer, danach stieg derselbe über den Sommer bis zum Herbst an. Der ständige Gehalt an P im Wasser beweist dass die Anreicherung mit P durch die Auflösung des Phosphoritmehl von so fein vermahlener Beschaffenheit, wenn auch nicht gross, jedoch eine ständige ist. Dieser Umstand könnte auch zu den guten Resultaten beitragen, denn nach Stangenberg (1942) ist die Höhe der Teichproduktion nicht von den Maximas des Phosphorgehaltes im Wasser sondern vor allem von seiner ständigen Anwesenheit abhängig.

Auch im Teichboden hat die Düngung mit Phosphoritmehl eine Anreicherung mit leicht löslichen  $P_2O_5$  bewirkt (Tab. III). Der hohe Eisengehalt im Teichwasser und Boden der Teichwirtschaft Przyborów hatte in der besprochenen Versuchsreihe keinen nachteiligen Einfluss auf die Auswirkung der Phosphorit-Düngung.

Der durch die Düngung erzielte Fischzuwachs wird auch durch die Planktonuntersuchungen bestätigt. Diese ergaben, dass die grösste Planktonmasse in den mit Phosphoritmehl und Ammonsulfat gedüngten Teichen auftrat, geringer dagegen war sie in dem blos mit Annofos gedüngten Teich, am geringsten im nicht gedüngten Teich. Dies betrifft sowohl das Phyto- als auch das Zooplankton. Man kann auch annehmen, dass der günstige Einfluss der kombinierten Düngung auf die Planktonentwicklung auch durch den ziemlich hohen Gehalt an Mikroelementen im Phosphoritmehl bewirkt wurde.

Die hier besprochenen, vorläufigen Untersuchungen geben noch keinen vollständigen Aufschluss auf viele Fragen, die mit der Phosphoritmehl-Düngung von Teichen verbunden sind; dies erfordert noch weitere Untersuchungen. Es hat jedoch den Anschein, als ob die besten Erfolge mit Phosphoritmehl auf mehr durchlässigen, sauren und an Phosphor armen — sandigen oder Feinerde Teichböden erzielt werden können; insbesondere wenn dieselben von Wässern überstaut werden, die einen geringen Härtegrad, Alkalinität und P-Gehalt, dagegen aber grosse Mengen an freiem Kohlendioxyd aufweisen. Die besten Erfolge der einjährigen Versuche ergab die kombinierte Düngung mit Phosphoritmehl und dem sauer reagierenden Ammonsulfat. Diese Art der Düngung wäre zu empfehlen für Sommerteiche bei zweijähriger Aufzucht und in Teichen, bei denen nach Superphosphat-Düngung fürgewöhnlich mit starker Algenentwicklung (Wasserblüte) gerechnet werden muss. Diese Düngung könnte auch zur Anreicherung des Bodens mit Phosphor in Teichen verwendet werden, welche im nächsten und dem darauffolgenden Jahr Stickstoff und Superphosphat erhalten sollen, den letzteren jedoch im Frühjahr in kleinen Gaben, wenn der Phosphorbedarf am grössten ist. Die geeignetste Menge an Phosphoritmehl beträgt wahrscheinlich 60 kg/ha  $P_2O_5$  oder 400 kg/ha des Kunstdüngers „Annofos“. Die Verwendung dieses Düngemittels hat auch wirtschaftlichen Wert, da derselbe um die Hälfte billiger ist als Superphosphat.

#### LITERATURA

- Andrews W. B., 1954. The response of crops and soils to Fertilizers and Manures. State College, Missisipi.
- Askinazy D., 1958. O važnoj roli mikroorganizmov v povyšsenji effektivnosti fosforiznoj muki. Počwov., 4, 31.

- Báňk O., 1956. Hyperphos — ein Rohphosphat in der Teichwirtschaft. Fischbauer, 1, 354—355.
- Bolewski A., 1946. Wyniki badań petrograficznych złoża fosforytów z Chałupek koło Tarłowa. Przegl. Geolog., 2, 1—101.
- Bucka H., 1960. Fitoplankton stawów doświadczalnych w Gołyszu. Acta Hydrobiol., 2, 3—4, 235—254.
- Christ W., Kaeding J., 1954. Zur titrimetrischen Härtebestimmung mit dem Dinatrium-saltz der Äthylendiamintetraessigsäure. Wasserwirtsch.-Wassertechn., 4, 171.
- Demoll R., 1925. Teichdüngung in: Demoll-Maier, Handbuch der Binnenfischerei Mittel-Europas, 4, 53—160.
- Gak D. Z., 1959. Soderżanie mobilizujuščich fosfaty bakterij v nekotorych vodomach Latv. S. S. R. Trudy VI sovešč. po problemam biologii vnutrennych vod, Moskva-Leningrad, Izd. Akad. Nauk SSSR, 29—33.
- Gerretsen F. C., 1948. The influence of microorganisms on the phosphate intake by the plant. Plant a. Soil, 1, 51—58.
- Gessner F., 1939. Phosphorarmut der Gewässer und ihre Beziehungen zum Kalkgehalt. Inter. Rev. gesamt. Hydrobiol. u. Hydrogr., 38.
- Gessner F., 1959. Hydrobotanik II, Berlin, Deutscher Verl. Wiss.
- Górski M., Chemia rolnicza. Warszawa, PWR i L.
- Iljin W., 1958. Sposoby zwiększania wydajności stawów rybnych. Warszawa PWR i L.
- Just J., Hermanowicz W., 1955. Fizyczne i chemiczne metody badania wody do picia i potrzeb gospodarczych. Warszawa, PZWL.
- Klimczyk M., 1957. Zooplankton tarlisk i przesadek. Biul. Zakł. Biol. Stawów PAN, 4, 75—97.
- Krzeczkowska Ł., 1961. Materiały do znajomości planktonu stawów rybnych. Acta Hydrobiol., 3, 2—3, 69—90.
- Lityński T., Gorlach E., 1960. Badania nad zawartością nawozową mączek fosforytowych cz. I i II. Zesz. Nauk. WSR, 7, 77—118.
- Maucha R., 1947. Hydrochemische Halbmikro-Methoden. Arch. Hydrobiol., 41, 352—391.
- Menciński J., 1938. Wpływ rozdrobnienia mączki fosforytowej na przyswajanie fosforu przez rośliny. Kraków, Wyd. Sekcji Nasienn. MTR.
- Mizerski M., 1935. Gospodarstwo karpiove. Warszawa, Tow. Ośw. Rol.
- Müller W., 1958. Teichdüngungsversuche mit Kalk, Phosphat und ihrer Kombination in Königswartha (Lausitz) 1957. Zeitschr. f. Fisch. u. deren Hilfswiss., 7, 7/8, 583—598.
- Müller W., 1960. Untersuchungen über die Nachwirkung einer im Vorjahr gegebenen Phosphatdüngung in Teichen. Zeitschr. f. Fisch., 9, 5/6, 321—331.
- Musierowicz A., 1949. Skład mechaniczny gleb i metody analizy mechanicznej. Warszawa, PWIR.
- Oleksynowa K., 1959. Charakterystyka mineralogiczno-chemiczna fosforytów z Chałupek. Arch. Mineral., 23, 2, 215—270.
- Pasternak K., 1959. Gleby gospodarstw stawowych dorzecza Górnej Wisły. Acta Hydrobiol., 1, 3—4, 221—283.
- Pieterburgski A., 1954. Ćwiczenia z chemii rolnej. Warszawa, PWR i L.
- Pożaryski W., 1947. Złoże fosforytów na północno-wschodnim obrzeżeniu Gór Świętokrzyskich, Biul. PiG, 27.
- Schäperclaus W., 1955. Bedeutung und Behandlung des Teichbodens in der Karpfenteichwirtschaft. Deutsche Fischztg., 7.
- Schäperclaus W., 1961. Lehrbuch der Teichwirtschaft. Berlin-Hamburg, P. Parey.

- Sovremennye metody chemičeskogo analiza prirodnoj vody 1955. Moskva, Izd. Akad. Nauk SSSR.
- Stangenberg W., 1942. Die Produktionsbedingungen in den Teichen. III. Chemische Zusammensetzung des Oberflächenwassers der mit Superphosphat gedüngten und nichtgedüngten Karpfenteichen während der Zuchtseason. Arch. für Hydrobiol., 38, 525—572.
- Stangenberg - Oporowska K., 1961. Studia nad chemizmem wód stawów karpowych w Miliczu. Pol. Arch. Hydrobiol., 9 (22), 37—157.
- Starmach K., 1956. Hodowla ryb stawowych, rozdz. II. Staw jako środowisko hodowlane, Warszawa, PWR i L.
- Starmach K., 1958. Wydajność stawów nawożonych superfosfatem w Gospodarstwach Doświadczalnych PAN, w Ochabach w latach 1952—1956. Biul. Zakł. Biol. Stawów PAN. 6, 83—97.
- Tokarski J., 1958. Nowoczesne metody badań minerałów glebowych. Roczn. Glebozn., dodatek do t. 7.
- Trzebiatowski W., Rozdział P., 1955. Badania nad zawartością mikroelementów w krajowych fosforytach. Przemysł Chem., 8, 11, 613—616.
- Vinberg G. G., 1952. Biologičeskije osnovy mineralnogo udobrenija rybovodnych prudov. Uspiechi Sovr. Biol., 34, 52—81.
- Vorbrodt W., 1927. O rozpuszczalności fosforytów polskich w kwasie cytrynowym. Przemysł Chem., 11, 72.
- Weinmann R., 1938. Planktonuntersuchungen im niederschlesischen Karpfenzuchtgebiet. Zeitschr. f. Fisch., 36, 109—184.
- Wondrausch J., 1951. Badania nad znalezieniem szybkiej metody do oznaczania fosforu i potasu w glebach wraz z zastosowaniem jej do celów praktyki rolniczej. Ann. UMCS, E, 6, 15.
- Wróbel S., 1959. Wpływ nawożenia azotowo-fosforowego na skład chemiczny wody stawów rybnych. Acta Hydrobiol., 1, 1, 55—86.
- Wunder W., Utermöhl H., Ohle W., 1935. Untersuchungen über die Wirkung von Superphosphat bei der Düngung grosser Karpfenteiche. Zeitschr. f. Fisch., 33, 555—613.

Adres autora — Anschrift des Verfassers

dr Kazimierz Pasternak

Zakład Biologii Wód, Polska Akademia Nauk, Kraków, ul. Sławkowska 17