

STANISŁAW WRÓBEL

**Wpływ nawożenia azotowo-fosforowego na skład chemiczny wody, produkcję pierwotną fitoplanktonu i przyrosty ryb w stawach — Einfluss der Stickstoff-Phosphordüngung auf die chemische Zusammensetzung des Wassers, auf die Primärproduktion des Phytoplanktons und auf den Fischzuwachs in Teichen**

Mémoire présenté le 2 avril 1962 dans la séance de la Commission Biologique de l'Académie Polonaise des Sciences, Cracovie

Liczne prace, które ukazały się w ciągu paru ostatnich lat, rozstrzygnęły — wydaje się — jednoznacznie problem nawożenia stawów na korzyść stosowania nawozów azotowych obok nawożenia fosforowego. Również praktyka rybacka wykazuje, że zdecydowana większość stawów korzystniej reaguje zwiększeniem przyrostów na nawożenie azotowo-fosforowe niż na nawożenie samymi tylko nawozami fosforowymi.

Rola azotu, dodawanego do stawu razem z fosforem, jest szczególnie podkreślana w literaturze radzieckiej (Vinberg 1952, Vinberg i inni 1958, Żadin 1956, Żadin i inni 1959). W literaturze niemieckiej (Wunder 1956, Schäperclaus 1961) utrzymuje się nadal tendencja jednostronnego fosforowego nawożenia stawów.

Niniejsze badania nad stosowaniem nawozów azotowych i fosforowych, wykonane w latach 1958—1961, są kontynuacją prac zapoczątkowanych w roku 1957 (Wróbel 1959). Miały one na celu stwierdzenie przydatności siarczanu amonowego, stosowanego na stawach w ciągu kilku lat, oraz zastosowanie innych nawozów azotowych, a mianowicie 25% wody amoniakalnej i mocznika.

Drugim zadaniem było wybranie z analizy chemicznej wody tych czynników, których oznaczenie jest konieczne przy tego typu badaniach oraz wypróbowanie innych metod (pomiarów produkcji pierwotnej i zawartości chlorofilu), szeroko stosowanych w hydrobiologii, które pozwoliłyby śledzić wpływ nawożenia nie tylko na samo środowisko, ale także na świat roślinny, zwłaszcza roślin niższych.

Z uwagi na to, że w poszczególnych latach wprowadzano niektóre dodatkowe oznaczenia i zmieniano schematy nawożenia (np. w roku 1961)

przejrzyszej będzie omówić uzyskane wyniki badań osobno dla każdego roku. Metodyka oznaczeń chemicznych, wykonywanych w poszczególnych latach, omawiana będzie również w rozdziałach każdego roku badań.

### Wyniki badań w roku 1958

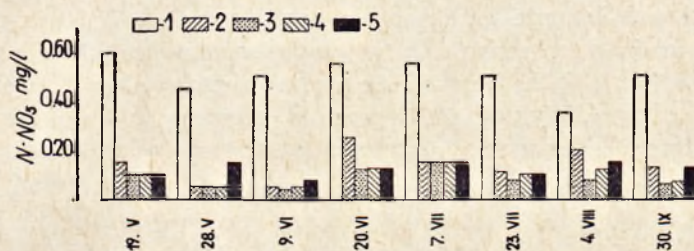
W roku 1958 badania wykonano na 5 stawach w Gospodarstwie Doświadczalnym Zakładu Biologii Wód PAN w Gołyszach. Cztery z tych stawów: Wyszni VI, Wyszni VII, Wyszni II i Wyszni IV badano również w roku poprzednim. Staw Wyszni VI był porównawczy, a na stawie Wyszni VII stosowano sam tylko superfosfat w ilości 35 kg  $P_2O_5$ /ha w dwóch dawkach: w drugiej połowie maja i w pierwszej połowie lipca. Stawy Wyszni II i Wyszni IV były nawożone superfosfatem w tych samych wysokościach i terminach co staw poprzedni oraz siarczanem amonu w ilości 50 kg N/ha w pięciu dawkach co 10 dni. Prócz stawów wyżej wymienionych włączono do badań staw Wyszni VIII, zapatrywany w wodę bezpośrednio z donośnika. Wszystkie pozostałe stawy otrzymują wodę z innych stawów nie nawożonych. Włączenie do badań stawu Wyszni VIII miało na celu potwierdzenie przypuszczeń, że wysoka zawartość azotanów w niektórych terminach w wodzie stawu Wyszni VII, nawożonego samym superfosfatem, a otrzymującego wodę w roku 1957 wprost z donośnika, była spowodowana bezpośrednim doprowadzeniem wody do tego stawu.

W roku 1958 wykonywano analizę chemiczną wody w odstępach 10—14 dni do 4 sierpnia oraz przed opuszczeniem stawów w dniu 30 września. Analizę wody wykonywano według metod podanych przez Justa i Hermanowicza (1956) i Haase (1954). Twardość ogólną oznaczono metodą wersenianową według „Sovremen. met.” (1955). Wszystkie oznaczenia chemiczne były wykonywane w laboratorium w Gołyszach zaraz po pobraniu wody ze stawów.

Pierwszego nawożenia stawów dokonano 25 maja (1 q/ha superfosfat i 50 kg/ha siarczan amonu). W okresie między pierwszą dawką nawozów i drugą dawką siarczanu amonu (27. V.), analizę chemiczną wody wykonano trzykrotnie w odstępach co jeden dzień, a następnie dwukrotnie co dwa dni. W okresie tym stwierdzono spadek odczynu wody z  $pH$  7,2 do 6,9 zaraz po nawożeniu stawów siarczanem amonu oraz szybki zanik zawartości amonowej formy azotu. W 4—5 dni po nawożeniu zawartość tej formy azotu spadała zwykle do poziomu sprzed nawożenia.

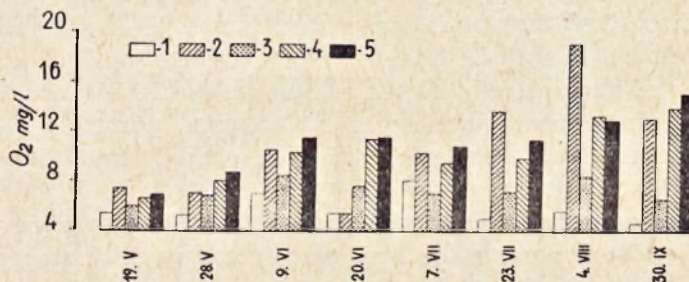
Odczyn wody w ciągu sezonu utrzymywał się w granicach poziomu obojętnego, tylko w stawach nawożonych siarczanem amonu w czerwcu sięgał  $pH$  7,6—8,8. W tym okresie obok alkaliczności dwuwęglanowej

wystąpiła alkaliczność węglanowa (do 0,18 mval) oraz przesylenie wody tlenem w granicach 111—135%. W ciągu całego okresu badań twardość ogólna wody poszczególnych stawów wahała się w wąskich granicach 3,64—4,05 °n (w stawach nawożonych nawozami azotowymi i fosforowymi) i 3,16—3,46 w stawach nie nawożonych (Wyszni VI i Wyszni VIII).



Ryc. 1. Zawartość azotanów w wodzie stawów: Wyszni VIII (1), Wyszni VII (2), Wyszni VI (3), Wyszni II (4) i Wyszni IV (5) w roku 1958.

Abb. 1. Nitratgehalt im Wasser der Teiche Wyszni VIII (1), Wyszni VII (2), Wyszni VI (3), Wyszni II (4) und Wyszni IV (5) im Jahre 1958.



Ryc. 2. Utlenialność wody stawów Wyszni VIII (1), Wyszni VII (2), Wyszni VI (3), Wyszni II (4) i Wyszni IV (5) w roku 1958.

Abb. 2. Oxydierbarkeit des Wassers der Teiche Wyszni VIII (1), Wyszni VII (2), Wyszni VI (3), Wyszni II (4) und Wyszni IV (5) im Jahre 1958.

Zawartość amonowej formy azotu w wodzie stawów nawożonych siarczanem amonu, poza pierwszymi dniami po nawożeniu, nie odbiegała od zawartości  $N-NH_4$  pozostałych stawów. Azotany występowały w najwyższych ilościach (średnia 0,5 mg  $N-NO_3/l$ ) w stawie Wyszni VIII (ryc. 1); w innych stawach zawartość azotanów była niższa, przy czym nawożenie azotowe nie wpłynęło dodatnio na zawartość tej formy azotu.

Zawartość fosforanów w wodzie stawów nawożonych po 47 dniach od zastosowania superfosfatu przedstawiała się następująco: w stawie Wyszni VII 0,04 mg  $\text{PO}_4/\text{l}$ , a w stawach nawożonych superfosfatem i siarczanem amonu 0,50 mg/l (Wyszni II) i 0,14 mg/l (Wyszni IV). W tym ostatnim stawie w dniu 20. VI. zawartość  $\text{PO}_4$  była niższa i wynosiła 0,04 mg/l. W stawach porównawczych zawartość fosforanów nie przekraczała 0,02 mg/l, a najczęściej nie były wykrywane.

Utlenialność wody była najniższa w stawie otrzymującym wodę wprost z donośnika, nie przekraczała ona 6 mg  $\text{O}_2/\text{l}$ . Utlenialność wody donośnika badana czterokrotnie w ciągu sezonu wahała się w granicach 2,7—5,3 mg  $\text{O}_2/\text{l}$ . Największe wahania utlenialności (ryc. 2) wystąpiły w stawie Wyszni VII, podczas gdy w stawach nawożonych superfosfatem i siarczanem amonu utlenialność była bardziej wyrównana.

### Wyniki badań w roku 1959

W roku 1959 badania były prowadzone tylko na trzech stawach: Wyszni VI był w dalszym ciągu stawem porównawczym, a stawy Wyszni II i Wyszni IV były nawożone superfosfatem i siarczanem amonu. Pierwszą dawkę nawozów fosforowych (1 q/ha superfosfatu) i azotowych (50 kg/ha siarczanu amonu) zastosowano 26 maja. Następne dawki nawozów azotowych stosowano co 10—12 dni do 8—9 lipca. Ponieważ zawartość fosforanów w wodzie stawu Wyszni IV spadła po ośmiu dniach do 0,1 mg/l, dlatego 6. VI. zastosowano drugą połowę superfosfatu równocześnie z dawką siarczanu amonu. Wraz z ostatnim nawożeniem siarczanem amonowym zastosowaną pozostałą dawkę nawozów fosforowych na stawie Wyszni II (1 q/ha) i dodatkowo 0,5 q/ha na stawie Wyszni IV.

Badania chemiczne wody wykonywano 1—2 dni przed nawożeniem stawów. W ciągu sezonu analizę chemiczną wody przeprowadzono w dziewięciu terminach (terminy podano na rycinach). Prócz oznaczeń wykonywanych w roku 1958 wprowadzono jeszcze oznaczenie zużycia tlenu po 24 godzinach (w termostacie w 20 °C) i zawartości siarczanów (badanych pośrednią metodą przy użyciu wersenianu sodu wg „Sovremen. met.” 1955). Twardość ogólną wody, zawartość wapnia i magnezu oznaczono metodą wersenianową według Christa i Kedinga (1954).

Woda badanych stawów nie wykazywała dużych różnic w swym składzie na przestrzeni całego sezonu (tab. I). Odczyn wody w badanych okresach był najkorzystniejszy w stawie porównawczym (pH 7,0—7,4), podczas gdy w stawach nawożonych najczęściej stwierdzano pH 6,9. Jedynie na początku czerwca w stawie Wyszni VI zanotowano pH 8,6.

Twardość ogólna wody była najniższa w stawie porównawczym Wyszni VI (ryc. 3), natomiast wyższa w stawie Wyszni II niż Wyszni IV, jakkolwiek oba stawy były jednakowo nawożone. Przebieg krzywych twardości na początku sezonu w stawach nawożonych odbiegał od krzywej stawu porównawczego, a od 25 czerwca był raczej zgodny we

Tab.I

Zakres wahań składu chemicznego wody stawów w roku 1959  
Schwankungsbereich in der chemischen Zusammensetzung des Teichwassers  
im Jahre 1959

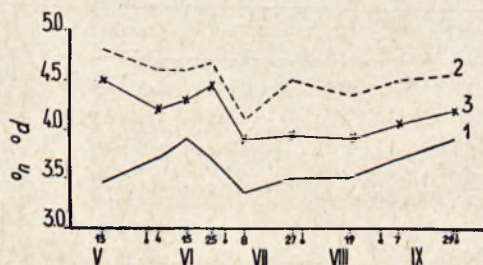
Czynnik Faktor	Staw Teich	Wyszni VI	Wyszni II	Wyszni IV
Temperatura wody Wassertemperatur	°C	10,6 - 25,8	10,4 - 24,6	10,8 - 25,8
pH		6,9 - 7,4	6,9 - 7,2	6,9 - 7,6
CO <sub>2</sub> wolny frei	mg/l	2,0 - 4,6	2,5 - 8,2	0 - 6,6
Twardość ogólna Gesamtharte	°d	3,35 - 3,90	4,10 - 4,80	3,90 - 4,50
Alkalizność Alkalität	mval	0,97 - 1,16	1,00 - 1,30	1,04 - 1,20
Wapń Kalzium	Ca mg/l	17,5 - 22,5	25,0 - 29,3	22,7 - 27,9
Magnez Magnesium	Mg mg/l	2,6 - 3,9	2,7 - 3,5	2,6 - 3,9
Żelazo Eisen	Fe mg/l	0,04 - 0,30	0,28 - 0,40	0,04 - 0,32
Siarczany Sulfate	SO <sub>4</sub> mg/l	17 - 25	21 - 38	19 - 38
Amoniak Ammonium	N-NH <sub>4</sub> mg/l	0,02 - 0,07	0,04 - 0,08	0,04 - 0,10
Azotyny Nitrite	N-NO <sub>2</sub> mg/l	0 - 0,008	0 - 0,030	0 - 0,025
Azotany Nitrate	N-NO <sub>3</sub> mg/l	0,05 - 0,12	0,08 - 0,25	0,05 - 0,38
Fosforany Phosphate	PO <sub>4</sub> mg/l	0 - 0,04	0,12 - 0,70	0,02 - 0,70
Potas Kalium	K <sub>2</sub> O mg/l	1,7 - 3,4	1,9 - 4,0	1,9 - 3,4
Tlen rozpuszczony Sauerstoff	O <sub>2</sub> mg/l	7,04 - 10,08	5,12 - 9,76	4,80 - 12,00
Nasylenie tlenem Sauerstoffsättigung	O <sub>2</sub> %	73 - 105	53 - 96	51 - 117
B Z T <sub>1</sub> B S B <sub>1</sub>	O <sub>2</sub> mg/l	0,32 - 1,76	0,32 - 1,12	0,64 - 2,72
Utlenialność KMnO <sub>4</sub> -Verbrauch	O <sub>2</sub> mg/l	4,7 - 7,4	6,7 - 8,5	6,2 - 8,8
Barwa Farbe		10 - 30	30 - 35	25 - 70

wszystkich stawach. Różnica zaistniała przeto w okresie częstego nawożenia stawów siarczanem amonu, przy czym w żadnym terminie twardość ogólna wody stawów nawożonych nie była niższa od twardości wody stawu porównawczego. Twardość wody powodowana była przede wszystkim solami wapnia, ponieważ zawartość magnezu była stosunkowo niska. Zawartość tego kationu, przy wyższej zawartości wapnia w stawach nawożonych, była podobna tak w stawach nawożonych, jak i w porównawczym. Stosunek Ca : Mg w stawie porównawczym wahał

się w węższych granicach (2,7—4,8) niż w stawach nawożonych (3,9—6,5, stosunek równoważnikowy).

Zawartość żelaza ogólnego w ciągu całego sezonu była niska i nie przekraczała 0,40 mg/l, przy czym najniższe wartości zanotowano w maju.

Siarczany wystąpiły w większych ilościach — jak należało przypuszczać — w stawach nawożonych siarczanem amonu. Po 3—4 dawkach tego nawozu zawartość siarczanów wzrastała przeciętnie o 14 mg/l (z 24



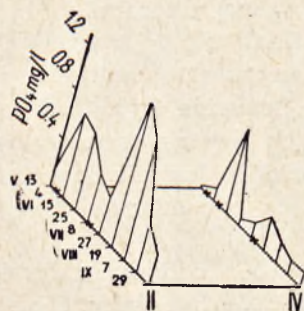
Ryc. 3. Twardość ogólna wody stawów Wyszni VI (1), Wyszni II (2) i Wyszni IV (3) w roku 1959.

Abb. 3. Gesamthärte des Wassers der Teiche Wyszni VI (1), Wyszni II (2) und Wyszni IV (3) im Jahre 1959.

do 38 mg/l). Pod koniec sierpnia zawartość siarczanów spadała do poziomu stawu nie nawożonego, by w końcu września ulec znowu pewnemu podniesieniu.

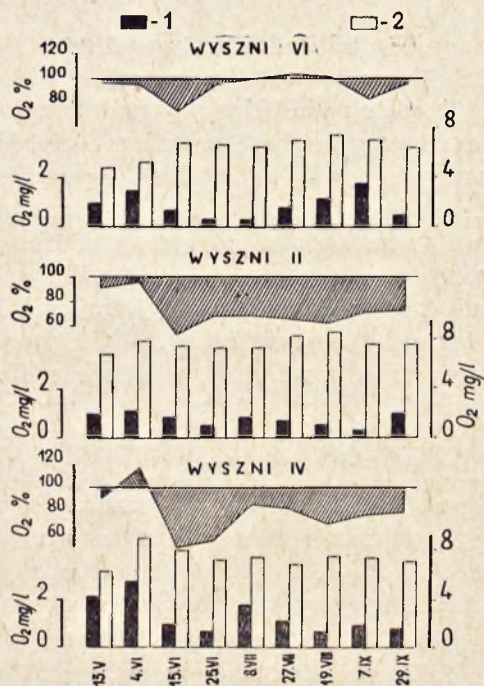
Mineralne formy azotu układały się różnie w stawach nawożonych i porównawczym. Dotyczy to zawartości azotynów i azotanów. Ponieważ analizę wody wykonywano 6—7 dni po nawożeniu, nie stwierdzano już większych zawartości amonowej formy azotu. W stawach nawożonych występowały prawie we wszystkich terminach badania azotyny; również zawartość azotanów była wyższa w stawach nawożonych niż w stawie porównawczym. Stała obecność azotynów i większa zawartość azotanów wskazywałyby na słabe wykorzystanie azotu przez rośliny, a zmiany zawartości mineralnych związków były raczej wynikiem procesów mikrobiologicznych (nityfikacja).

Zawartość fosforanów w wodzie stawu porównawczego była bardzo niska i często spadała do analitycznego zera. W stawach nawożonych, zwłaszcza w stawie Wyszni II, zawartość fosforanów była we wszystkich terminach wysoka i nie spadała poniżej 0,25 mg PO<sub>4</sub>/l (ryc. 4). Charakterystyczną cechą była różna szybkość spadku zawartości fosforanów w wodzie obu stawów nawożonych. Dla stawu Wyszni II ilość superfosfatu 35 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha była wystarczająca, a nawet za wysoka,



Ryc. 4. Zawartość fosforanów w wodzie stawów nawożonych Wyszni II (II) i Wyszni IV (IV) w roku 1959. + nawożenie.

Abb. 4. Der Gehalt an Phosphat im Wasser der gedüngten Teiche Wyszni II (II) und Wyszni IV (IV) im Jahre 1959. + Düngung.



Ryc. 5. Nasycenie wody tlenem, BZT<sub>1</sub> (1) i utlenialność wody (2) stawów w roku 1959.

Abb. 5. Sauerstoffsättigung, BSB<sub>1</sub> und Oxydierbarkeit (2) des Teichwassers im Jahre 1959.

podczas gdy w stawie Wyszni IV konieczne było zastosowanie większej ilości superfosfatu do 45 kg  $P_2O_5$ /ha w ciągu sezonu.

Na podstawie zawartości tlenu, utlenialności i zużycia tlenu w ciągu 24 godzin można wnioskować o rozwoju fitoplanktonu. Wszystkie te czynniki kształtowały się na niskim poziomie (ryc. 5). Nasylenie wody tlenem w stawach nawożonych było prawie zawsze poniżej 100%, a spadło nawet w połowie czerwca do 50%. Jedyne na początku czerwca wszystkie te czynniki wskazywały na stosunkowo duży rozwój fitoplanktonu.

Na podstawie analizy chemicznej wody badanych stawów można by przyjąć, że wpływ nawożenia w roku 1959 był słaby. Mogło to być wynikiem niekorzystnych warunków meteorologicznych w ciągu tego roku, szczególnie w czerwcu, kiedy po drugiej i czwartej dawce siarczanu amonu zaobserwowano wzrost zachmurzenia i spadek temperatury wody.

### Wyniki badań w roku 1960

W roku 1960 badano te same stawy, podobnie nawożone jak w roku poprzednim. Ponieważ w roku 1959 nawożenie nie dało spodziewanych wyników, a niekorzystny wpływ nawożenia przypisano szkodliwemu działaniu siarczanu amonu, zwłaszcza reszcie kwasowej  $SO_4$  w wodzie o niskiej zawartości wapnia, toteż w roku 1960 zastosowano w stawie Wyszni II dwukrotne wapnowanie na wodę. Wapno rolnicze zastosowano 13 maja, przed nawożeniem stawów, w ilości 150 kg/ha i drugą dawkę 4 lipca w tej samej wysokości.

Na podstawie wyników badań z dwóch poprzednich lat można było przekonać się o stosunku wapnia do magnezu w wodzie, o zawartości siarczanów, potasu i żelaza, dlatego też w roku 1960 zrezygnowano z ich oznaczenia. Również mała była przydatność określania  $BZT_1$  w warunkach laboratoryjnych i zamiast tego oznaczano niektóre czynniki (temperaturę wody,  $pH$  i zawartość tlenu) w wodzie dwóch stawów w okresach minimum (5.30—6.30 godz.) i maksimum (17—18 godz.) tlenowego, oznaczenia te wykonywano w dwóch po sobie następujących dniach.

Jako wskaźnik działania nawozów wprowadzono, z inicjatywy prof. dra K. Starmacha, oznaczenie produkcji pierwotnej fitoplanktonu w badanych stawach. Produkcję tę oznaczano przez określenie zawartości tlenu w jasnych i zaciemnionych flaszkach, napełnionych wodą ze stawu, według metody szeroko opisanej i stosowanej przez Vinberga (1934, 1937, 1956, Vinberg i Ivanova 1935, Vinberg, Lešina i Vasileva 1958). Flaszki z doszlifowanym korkiem o pojemności 150 ml umieszczano na krzyżach w dwóch poziomach: przy po-



wierzchni i na głębokości jednego metra, po dwie flaszki jasne i dwie ciemne na każdym poziomie. Flaszki zaciemniano przez umieszczenie w pudełkach z blachy, dostosowanych do wielkości flaszek. Ekspozycja flaszek trwała 24 godziny, napełnianie flaszek odbywało się zawsze w godzinach 10—11,30.

Ponadto od czerwca oznaczano zawartość chlorofilu (wyciąg acetonowy) i mętność wody. Oznaczania chlorofilu dokonywano przez sączenie

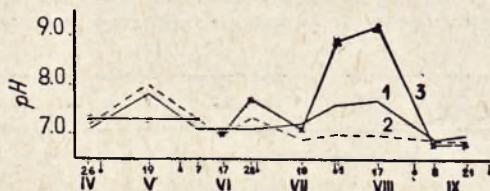
Tab. II

Zakres wahań niektórych czynników w wodzie stawów w roku 1960  
Schwankungsbereich mancher Faktoren im Teichwasser im Jahre 1960

Czynnik Faktor	Staw Teich	Wyzni VI	Wyzni II	Wyzni IV
Temperatura wody Wassertemperatur	°C	7,1 - 23,1	7,0 - 23,2	6,9 - 23,3
pH		6,9 - 7,8	6,9 - 8,0	6,8 - 9,2
CO <sub>2</sub> Wolny Frei	mg/l	0 - 5,0	0 - 6,7	0 - 7,9
Twardość ogólna Gesamthärte	$\frac{O_n}{d}$	3,15 - 3,95	4,35 - 5,25	3,20 - 4,50
Alkaliczność Alkalität	mval	0,94 - 1,10	1,14 - 1,34	0,78 - 1,10
Amoniak Ammonium	N-NH <sub>4</sub> mg/l	0,03 - 0,06	0,06 - 0,40	0,05 - 0,80
Azotyny Nitrite	N-NO <sub>2</sub> mg/l	0 - 0,005	0 - 0,035	0 - 0,032
Azotany Nitrate	N-NO <sub>3</sub> mg/l	0,08 - 0,15	0,08 - 0,30	0,10 - 0,15
Fosforany Phosphate	PO <sub>4</sub> mg/l	0 - 0,06	0,12 - 4,00	0,01 - 2,50
Potas Kalium	K <sub>2</sub> O mg/l	1,7 - 2,8	1,8 - 3,3	1,4 - 3,5
Tlen rozpuszcz. Sauerstoff	O <sub>2</sub> mg/l	7,52 - 10,37	5,66 - 10,88	4,89 - 12,93
Nasylenie tlenem Sauerstoffsättigung	O <sub>2</sub> %	77 -119	58 -104	52 -147
Utlenialność KMnO <sub>4</sub> -Verbrauch	O <sub>2</sub> mg/l	4,2 - 12,4	6,6 - 10,7	5,4 - 18,9
Barwa Farbe		15 - 60	20 - 50	20 -120

wody przez sączone szklany (G-3) po uprzednim umieszczeniu na dnie drobno sproszkowanego szkła. Po przesączeniu wody plankton ucie-rano w sączku wraz ze szkłem (na roztarcie komórek zwracał uwagę Ś e s t a k 1958), a następnie ekstrahowano 3, 4-krotnie acetonem. Wyciąg acetonowy oznaczano na kolorymtrze fotoelektrycznym (typ FEKN-1957) przy użyciu filtrów o długości fali 6580 Å. Jako wzorca użyto, z powodu braku chlorofilu a, chlorofilu a+b firmy Sandoz. Mętność wody ozna-czano nefelometrycznie na wyżej wymienionym przyrządzie (FEKN-1957). Pobierania prób wody na chlorofil i do skróconej analizy che-micznej dokonywano z całego słupa wody przy nastawieniu flaszek na produkcję pierwotną. Badania wykonano 10—11 razy w ciągu sezonu.

Skład chemiczny wody w roku 1960 (tab. II) przedstawiał się odmiennie niż w roku poprzednim. Charakterystyczną cechą było nasilenie zmian niektórych czynników w drugiej połowie sezonu, a przede wszystkim w sierpniu. W okresie tym odczyn wody w stawie nawożonym Wyszni IV dochodził do pH 9,2 (rys. 6), a nawet 10,3 (tab. III i IV). Wahania odczynu wody w tym stawie oraz w stawie porównawczym przebiegały na ogół zgodnie, z tą różnicą, że odczyn w stawie nawożonym był wyższy.



Ryc. 6. Odczyn wody stawów Wyszni VI (1), Wyszni II (2) i Wyszni IV (3) w roku 1959.

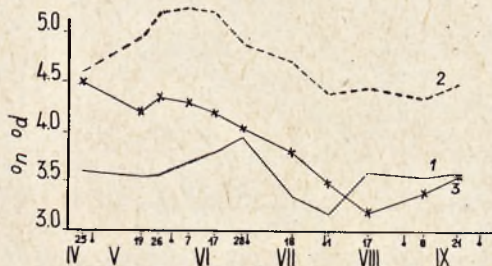
Abb. 6. Der pH-Wert des Wassers in Teichen Wyszni VI (1), Wyszni II (2) und Wyszni IV (3) im Jahre 1959.

Wapnowanie stawu Wyszni II wywarło duży wpływ na twardość ogólną wody. Niewielka różnica twardości wody obu stawów w roku 1959, w roku 1960 dochodziła do 1,25 °n. W stawie wapnowanym twardość wody w miesiącach sierpniu i wrześniu spadała do poziomu zaobserwowanego w roku 1959.

Nasilenie procesu fotosyntezy w sierpniu spowodowało znaczny spadek (do 3,2 °n) twardości ogólnej w stawie Wyszni IV (ryc. 7) oraz alkaliczności z 1,10 mval do 0,86 mval. W sierpniu obok alkaliczności dwuwęglanowej (0,45 mval) stwierdzono alkaliczność węglanową dochodzącą do 0,31 mval.

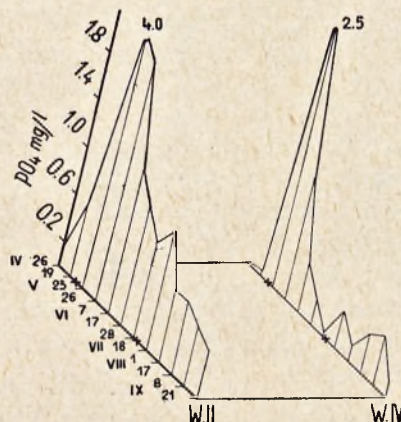
Składniki troficzne w wodzie układały się dosyć różnie w poszczególnych stawach. W stawie porównawczym zawartość mineralnych związków azotu była niska. Ilości tych związków były różne w stawach jednakowo nawożonych. Dodawany azot amonowy znikał równie szybko jak w latach poprzednich. Odnosi się to jednakże do stawu Wyszni IV, w którym rozwój fitoplanktonu był silniejszy. W drugim stawie nawożonym, z dodatkowym wapnowaniem na wodę, w okresie nawożenia (20. V — 8. VII) zawartość N-NH<sub>4</sub> była wyższa przy stałej obecności azotynów, które w pozostałych stawach wykrywano sporadycznie. Również azotany występowały w większej ilości w wodzie stawu Wyszni II, zwłaszcza w terminach z lipca i sierpnia (do 0,35 mg N-NO<sub>3</sub>/l).

Wapnowanie na wodę wybitnie wpłynęło na zawartość fosforanów. Zawartość tego składnika przed nawożeniem stawu superfosfatem wynosiła 0,60 mg  $PO_4/l$  (w 6 dniu po wapnowaniu), gdy w stawach Wyszni VI i Wyszni IV wahała się w granicach 0,01—0,03 mg/l. Również w ciągu całego sezonu zawartość fosforanów w stawie wapnowanym na wodę była wyższa niż w stawie nawożonym, ale nie wapnowanym (ryc. 8).



Ryc. 7. Twardość ogólna wody stawów Wyszni VI (1), Wyszni II (2) i Wyszni IV (3) w roku 1960.

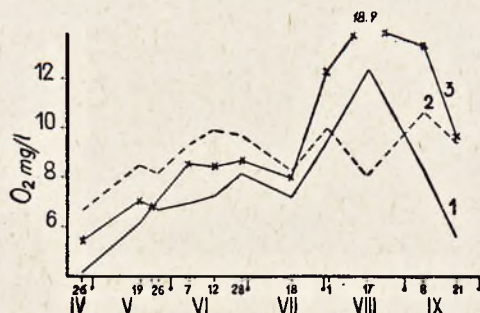
Abb. 7. Gesamthärte des Wassers in Teichen Wyszni VI (1), Wyszni II (2) und Wyszni IV (3) im Jahre 1960.



Ryc. 8. Zawartość fosforanów w wodzie stawów nawożonych Wyszni II (W. II) i Wyszni IV (W. IV) w roku 1960. + nawożenie.

Abb. 8. Der Gehalt an Phosphat im Wasser der gedüngten Teiche Wyszni II (W. II) und Wyszni IV (W. IV) im Jahre 1960. + Düngung.

Utlenialność wody do 18. VII. układała się podobnie we wszystkich stawach przy najwyższych wartościach (9,9 mg O<sub>2</sub>/l) w stawie Wyszni II i stosunkowo niższych w stawie porównawczym. W sierpniu natomiast najwyższa utlenialność była w stawie Wyszni IV (18,9 mg O<sub>2</sub>/l), średnia w stawie porównawczym i najniższa w drugim stawie nawożonym (ryc. 9).

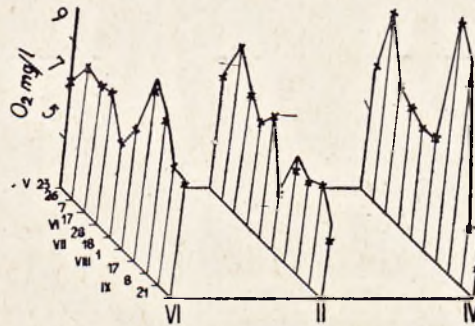


Ryc. 9. Utlenialność wody stawów Wyszni VI (1), Wyszni II (2) i Wyszni IV (3) w roku 1960.

Abb. 9. Oxydierbarkeit des Wassers in Teichen Wyszni VI (1), Wyszni II (2) und Wyszni IV (3) im Jahre 1960.

Osobną część badań w roku 1960 stanowiły pomiary, drogą pośrednią przez określenie stosunków tlenowych, produkcji i rozkładu materii organicznej w stawach. Procesy te starano się zbadać dwoma metodami: przez oznaczenie zawartości tlenu w wolnej masie wody w okresach minimum i maksimum w ciągu dnia i przez oznaczenie zawartości tlenu w wodzie we flaszkiach jasnych i zaciemnionych po 24 godzinach ekspozycji w stawach. Zawartość tlenu w wodzie, oznaczona w dwóch poziomach, na początku ekspozycji flaszki jasnych i zaciemnionych wykazywała dwa maksima w ciągu sezonu: jedno w maju i drugie w sierpniu (ryc. 10). Maksimum sierpniowe najslabiej zaznaczyło się w stawie Wyszni II. Znaczniejsze różnice między zawartością tlenu przy powierzchni i na głębokości 1 m wystąpiły tylko przy końcu sezonu, w tym też okresie zawartość tlenu w wodzie stawów nawożonych była niska, zwłaszcza w stawie Wyszni IV.

Produkcja tlenu (obliczona jako różnica między zawartością tlenu w okresie maksimum i minimum w tym samym dniu) w dwóch na-



Ryc. 10. Zawartość tlenu w wodzie stawów Wysznia VI (VI), Wysznia II (II) i Wysznia IV (IV) w roku 1960. — przy powierzchni, × na głębokości 1 m.  
 Abb. 10. Sauerstoffgehalt im Wasser der Teiche Wysznia VI (VI), Wysznia II (II) und Wysznia IV (IV) im Jahre 1960. — bei Oberfläche, × in der Tiefe 1 m.

stępujących po sobie dniach wahała się w bardzo szerokich granicach, przy czym produkcja tlenu jednego dnia przekraczała niekiedy 6—7-krotnie produkcję z dnia poprzedniego (w stawie porównawczym). Miało to miejsce szczególnie na początku i przy końcu sezonu wegetacyjnego przy nagłych zmianach pogody. Zdarzały się przypadki ujemnych wartości, które były wynikiem spadku zawartości tlenu w ciągu dnia przy pochmurnej pogodzie, na co poniekąd wskazuje temperatura wody (tab. III i IV). Również zużycie tlenu (obliczone jako różnica między maksimum jednego dnia a minimum dnia następnego) wykazywało duże wahania. W stawie nawożonym tak produkcja, jak i zużycie tlenu było wyższe niż w stawie porównawczym.

W stawie nawożonym dochodziło niekiedy do znacznego przesylenia wody tlenem (ryc. 11), okresy przesylenia wody zaobserwowano zaraz po pierwszych dawkach nawozów i w sierpniu. W stawie nawożonym wystąpił również większy deficyt tlenowy przy końcu sezonu wegetacyjnego.

Produkcja tlenu przy fotosyntezie fitoplanktonu kształtowała się różnie w poszczególnych stawach. Najniższa produkcja była w stawie porównawczym, a najwyższa w stawie nawożonym Wysznia IV, podczas gdy w drugim stawie nawożonym i dodatkowo wapnowanym produkcja ta niewiele tylko przewyższała wartości stawu porównawczego (tab. V—VII). Interesujący był stosunek produkcji tlenu do jego zużycia w stawie porównawczym i w stawie Wysznia IV, w którym pierwszego pomiaru dokonano 19 maja, przed nawożeniem stawu. W stawie porównawczym (ryc. 12) zużycie tlenu w procesach dysymilacji przewyższało jego produkcję przy fotosyntezie fitoplanktonu. To samo miało

Tab. IV

Temperatura wody, odczyn i zawartość tlenu w wodzie stawu Wyszni IV w roku 1960  
Wassertemperatur, pH-Wert und Sauerstoffgehalt im Wasser des Teiches Wyszni IV im Jahre 1960

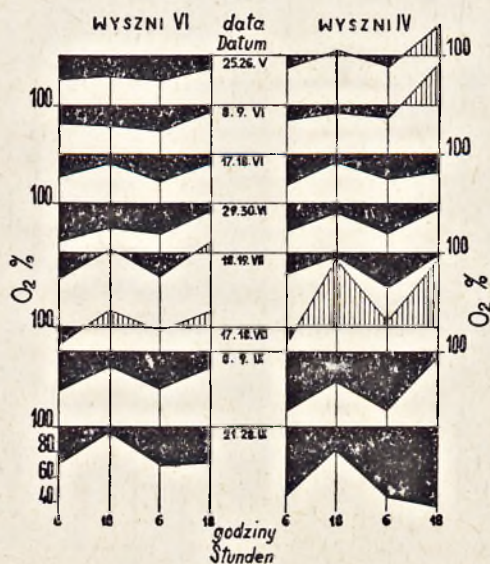
Data	Godzina	Temperatura wody Wassertemperatur °C	pH	O <sub>2</sub> mg/l	Produkcja tlenu O <sub>2</sub> -Produktion O <sub>2</sub> mg/l	Zużycie tlenu O <sub>2</sub> -Verbrauch O <sub>2</sub> mg/l
25.V	6	16,9	7,1	8,80	1,19	0,65
	18	17,6	7,6	9,99		
26.V	6	14,8	7,0	9,34	2,82	
	18	17,0	7,6	12,16		
8.VI	6	22,7	7,1	7,79	0,48	0,27
	18	23,0	7,3	8,27		
9.VI	6	21,5	7,1	8,00	3,30	
	18	24,2	7,7	11,30		
17.VI	6	17,7	6,9	7,26	1,58	1,16
	18	19,1	7,3	8,84		
18.VI	6	17,8	7,1	7,68	0,23	
	18	19,5	7,2	7,91		
29.VI	6	19,2	6,9	7,30	1,45	1,23
	18	18,8	7,1	8,75		
30.VI	6	16,3	7,0	7,52	1,92	
	18	16,3	7,3	9,44		
18.VII	6	21,7	7,0	7,42	0,89	1,97
	18	24,1	7,1	8,31		
19.VII	6	22,2	6,9	6,34	1,98	
	18	25,0	7,1	8,32		
17.VIII	6	15,6	9,2	8,48	6,34	4,64
	18	17,9	10,2	14,82		
18.VIII	6	19,1	9,4	10,18	4,07	
	18	19,6	10,3	14,25		
8.IX	6	13,7	6,7	5,44	2,42	2,16
	18	14,1	6,8	7,86		
9.IX	6	12,4	6,7	5,70	4,30	
	18	14,1	6,9	10,00		
21.IX	6	16,9	6,7	4,35	3,25	3,41
	18	18,9	6,9	7,70		
22.IX	6	17,4	6,5	4,29	-0,77	
	18	17,4	6,6	3,52		

Tab. III

Temperatura wody, odczyn i zawartość tlenu w wodzie stawu Wyszni VI w roku 1960  
Wassertemperatur, pH-Wert und Sauerstoffgehalt im Wasser des Teiches Wyszni VI im Jahre 1960

Data	Godzina	Temperatura wody Wassertemperatur °C	pH	O <sub>2</sub> mg/l	Produkcja tlenu O <sub>2</sub> -Produktion O <sub>2</sub> mg/l	Zużycie tlenu O <sub>2</sub> -Verbrauch O <sub>2</sub> mg/l
25.V	6	16,9	7,0	7,97	0,19	0,16
	18	17,4	7,1	8,16		
26.V	6	14,7	6,9	8,00	0,96	
	18	16,8	7,1	8,96		
8.VI	6	22,3	7,1	7,49	-0,23	0,19
	18	22,7	7,1	7,26		
9.VI	6	21,5	7,0	7,07	1,19	
	18	23,6	7,3	8,26		
17.VI	6	17,7	6,9	7,74	1,01	1,20
	18	19,0	7,1	9,75		
18.VI	6	17,5	7,0	7,25	1,15	
	18	19,3	7,1	8,70		
29.VI	6	19,0	6,8	6,46	1,08	0,02
	18	18,2	6,9	7,34		
30.VI	6	16,3	6,9	7,52	1,92	
	18	16,3	7,3	9,44		
18.VII	6	21,6	7,0	7,17	1,58	1,61
	18	24,3	7,2	8,75		
19.VII	6	22,2	6,9	7,14	1,96	
	18	25,1	7,3	9,10		
17.VIII	6	15,9	7,4	6,64	2,18	1,28
	18	16,4	8,3	10,82		
18.VIII	6	17,1	7,7	9,54	1,15	
	18	19,2	8,2	10,69		
8.IX	6	12,9	6,8	7,23	1,92	1,60
	18	14,0	7,0	9,15		
9.IX	6	12,3	6,8	7,55	1,50	
	18	13,9	6,9	9,05		
21.IX	6	17,0	6,8	6,83	1,99	2,18
	18	19,2	7,1	8,84		
22.IX	6	17,3	6,8	5,66	0,30	
	18	17,4	6,9	5,96		

miejsce w stawie nawożonym, ale tylko przed nawożeniem i w ostatnim terminie badań we wrześniu. Nawożenie wybitnie wpłynęło na fotosyntezę fitoplanktonu już w trzecim dniu po zastosowaniu nawozów. W drugim stawie nawożonym Wyszni II intensywność fotosyntezy była mniejsza, w stawie tym trzykrotnie zaobserwowano większe zużycie tlenu niż jego produkcję.



Ryc. 11. Nasylenie wody tlenem w dwóch stawach Wyszni VI i Wyszni IV w godzinach 6 i 18 (w roku 1960).

Abb. 11. Sauerstoffsättigung in zwei Teichen Wyszni VI und Wyszni IV in den Stunden 6 und 18 (im Jahre 1960).

Zużycie tlenu w poszczególnych stawach było najniższe w stawie porównawczym, średnie w stawie Wyszni II i najwyższe w stawie Wyszni IV. Zużycie tlenu w stawie porównawczym wynosiło średnio 75% w stosunku do jego produkcji, w stawie Wyszni II 85% i w stawie Wyszni IV 65%. Należy dodać, że na wysoką dysymilację w stawie Wyszni II wywarło niewątpliwie wpływ żywienie ryb, w pozostałych stawach ryby nie były dokarmiane.

Produkcja tlenu, a tym samym produkcja materii organicznej, zachodziła przede wszystkim w warstwie powierzchniowej wody stawu, natomiast na głębokości 1 m we wszystkich stawach przeważały procesy rozkładu. Warto dodać, że zużycie tlenu w procesach rozkładu materii organicznej i oddychania na głębokości 1 m było mniejsze niż

Tab.V

Intensywność fotosyntezy fitoplanktonu i dysymilacji w stawie Wyszni VI w roku 1960

Intensität der Photosynthese des Phytoplanktons und der Destruktion in dem Teiche Wyszni VI im Jahre 1960

Data Datum	Fotosynteza Photosynthese/F/ O <sub>2</sub> mg/l/doba Tag	Dysymilacja D/destruktion O <sub>2</sub> mg/l/Tag	F - D O <sub>2</sub> mg/l/doba Tag	Chlorofil Chlorophyll µg/l	Mętność Trübung SiO <sub>2</sub> mg/l	Dzienna liczba asymilacyjna Tägliche Assimila- tionszahl
23.V.	0,23	0,39	-0,16	-	-	-
26.V.	0,12	0,28	-0,16	-	-	-
7.VI.	0,50	0,88	-0,38	24	13	29
17.VI.	0,42	0,52	-0,10	12	6	48
28.VI.	0,55	0,39	0,16	28	16	27
18.VII.	1,12	0,74	0,38	20	18	77
1.VIII.	1,95	1,67	0,28	36	30	74
17.VIII.	3,21	1,53	1,68	116	52	38
8.IX.	0,91	0,26	0,65	12	30	104
21.IX.	1,10	0,98	0,12	20	37	76

Tab.VI

Intensywność fotosyntezy fitoplanktonu i dysymilacji w stawie Wyszni II w roku 1960

Intensität der Photosynthese des Phytoplanktons und der Destruktion in dem Teiche Wyszni II im Jahre 1960

Data Datum	Fotosynteza Photosynthese/F/ O <sub>2</sub> mg/l/doba Tag	Dysymilacja D/destruktion O <sub>2</sub> mg/l/Tag	F - D O <sub>2</sub> mg/l/doba Tag	Chlorofil Chlorophyll µg/l	Mętność Trübung SiO <sub>2</sub> mg/l	Dzienna liczba asymilacyjna Tägliche Assimila- tionszahl
23.V.	0,46	0,37	0,09	-	-	-
26.V.	0,80	0,41	0,39	-	-	-
7.VI.	0,36	1,40	-1,04	24	13	21
17.VI.	0,40	0,78	-0,38	28	10	20
28.VI.	2,04	1,14	0,90	76	22	37
18.VII.	0,86	1,02	-0,16	10	15	118
1.VIII.	1,60	1,00	0,60	28	16	89
17.VIII.	1,16	0,70	0,46	36	34	44
8.IX.	1,08	0,98	0,10	20	47	62
21.IX.	2,49	1,74	0,75	44	38	78



Tab.VII

Intensywność fotosyntezy fitoplanktonu i dysymilacji w stawie Wyszni IV w roku 1960

Intensität der Photosynthese des Phytoplanktons und der Destruktion in dem Teiche Wyszni IV im Jahre 1960

Data Datum	Fotosynteza Photosynthese /F/ O <sub>2</sub> mg/l/doba Tag	Dysymilacja /D/ Destruktion O <sub>2</sub> mg/l/doba Tag	F - D O <sub>2</sub> mg/l/doba Tag	Chlorofil Chlorophyll µg/l	Metnoś Trübung SiO <sub>2</sub> mg/l	Dzienna liczba asymilacyjna tägliche Assimila- tionszahl
19.V.	0,54	0,84	-0,30	-	-	-
20.V.	1,49	0,43	1,06	-	-	-
26.V.	2,74	0,89	1,76	-	-	-
7.VI.	1,94	1,45	0,49	48	32	56
17.VI.	0,81	0,50	0,31	20	16	56
29.VI.	1,91	0,99	0,94	76	34	35
18.VII.	2,06	1,48	0,58	36	30	79
1.VIII.	2,31	2,11	0,20	96	45	33
17.VIII.	5,42	3,40	2,02	590	112	13
8.IX.	2,15	0,75	1,40	44	60	67
21.IX.	1,32	2,28	-0,96	68	62	27

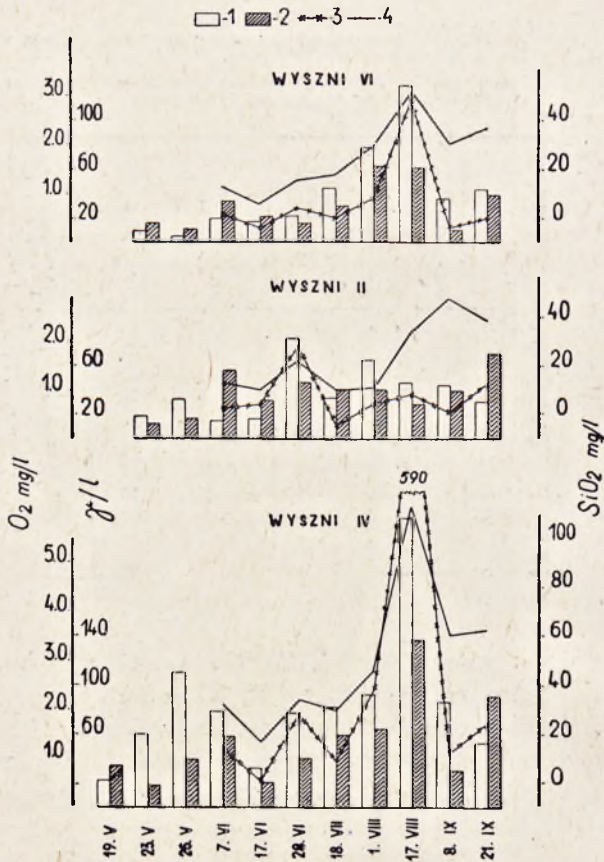
w warstwie powierzchniowej (tab. VIII). Na ryc. 12 wyraźnie uwidacznia się duża zbieżność między fotosyntezą fitoplanktonu a zawartością chlorofilu. Współczynniki korelacji ( $r$ ) fotosyntezy i chlorofilu w poszczególnych stawach przedstawiały się następująco: Wyszni VI 0,89, Wyszni II 0,65, Wyszni IV 0,97. Zaznaczyła się również korelacja dodat-

Tab.VIII

Średnia intensywność fotosyntezy i dysymilacji oraz  
dziennie liczby asymilacyjne w roku 1960  
a-przy powierzchni, b-na głębokości 1 m. Śr-średnio

Durchschnittintensität der Photosynthese und der Destruktion sowie tägliche Assimilationszahl im Jahre 1960  
a-bei Oberfläche, b-in der Tiefe 1 m, Śr-durchschnittlich

		Wyszni VI	Wyszni II	Wyszni IV
Fotosynteza Photosynthese /F/ O <sub>2</sub> mg/l/doba Tag	a	1,35	1,69	3,11
	b	0,66	0,56	1,12
	Śr.	1,01	1,12	2,11
Dysymilacja /D/ Destruktion O <sub>2</sub> mg/l/doba Tag	a	0,82	1,07	1,45
	b	0,70	0,84	1,33
	Śr.	0,76	0,95	1,39
F - D O <sub>2</sub> mg/l/doba Tag	a	0,53	0,62	1,66
	b	-0,04	-0,28	-0,21
	Śr.	0,25	0,17	0,72
D/F w % in %	a	61	63	47
	b	106	150	119
	Śr.	75	85	66
Średnia dzienna liczba asymilacyjna Durchschnittliche, tägliche Assimila- tionszahl		59	58	46



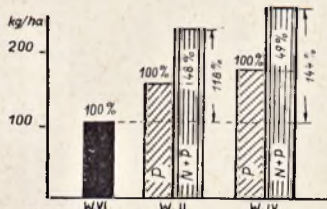
Ryc. 12. Intensywność fotosyntezy fitoplanktonu (1) i dysymilacja (2) oraz zawartość chlorofilu (3) i mętność wody (4) w stawach w roku 1960.

Abb. 12. Intensität der Photosynthese (1) und Destraktion (2) sowie Chlorophyllgehalt (3) und Trübung (4) des Wassers (4) in Teichen im Jahre 1960.

nia między zawartością chlorofilu a mętnością wody. Dotyczy to stawów Wyszni VI ( $r = 0,74$ ) i Wyszni IV ( $r = 0,85$ ). Natomiast w stawie Wyszni II brak było współzależności między zawartością chlorofilu a mętnością wody ( $r = 0,11$ ). W dwóch poprzednich stawach jedynie w ostatnim miesiącu (wrześniu) zwiększonej mętności nie odpowiadały większe ilości chlorofilu.

Dzienne liczby asymilacyjne wahały się w granicach 13—118, przy czym najniższą wartość stwierdzono przy najwyższej mętności wody dochodzącej do 112 mg  $SiO_2/l$ . Przy obliczaniu liczby asymilacyjnej (ilość jednostek  $CO_2$ , przeliczonego z  $O_2$ , na jednostkę chlorofilu) przyjęto dzień, a nie godzinę, jak zwykle się to czynić w fizjologii roślin.

Przyrosty naturalne w stawie porównawczym wahały się w ciągu trzech lat od 99 do 110 kg/ha przy stałej obsadzie 300 sztuk  $K_1$ /ha. Największe wahania wystąpiły w stawie Wyszni II i wynosiły od 144 do 354 kg/ha, przy obsadzie 600 sztuk  $K_1$ /ha. W drugim stawie nawożonym przy tej samej obsadzie przyrost naturalny wahał się w granicach 208—300 kg/ha. Na ryc. 13 widać wyraźnie dodatni wpływ nawożenia tak w stosunku do przyrostu z stawu porównawczego, jak i w odniesieniu do przyrostów naturalnych w tych samych stawach w latach poprzed-



Ryc. 13. Średnie przyrosty naturalne stawów Wyszni II (W. II) i Wyszni IV (W. IV) przed i po nawożeniu nawozami azotowymi oraz stawu kontrolnego Wyszni VI (W. VI) w latach 1958—1960.

Abb. 13. Durchschnittliche Naturzuwächse der Karpfen in Teichen Wyszni II (W. II) und Wyszni IV (W. IV) vor und nach Stickstoffdüngung sowie im Kontrollteich Wyszni VI (W. VI) in Jahren 1958—1960.

nich, przy samym tylko nawożeniu fosforowym (Starmach 1958). Obsada stawów nawożonych nie była optymalna, toteż i przyrosty wynoszące średnio 250 kg/ha nie są wysokie. Najniższy przyrost naturalny ze stawów nawożonych zanotowano w roku 1959, przyczyną tego były jednak wysokie ubytki w sztukach ryb, sięgające 34%. Niskie przyrosty w tym roku wywarły więc znaczny wpływ na przeciętny przyrost z trzech lat. Należy zaznaczyć, że przyrosty przekraczające 300 kg/ha w Gospodarstwie Gołysz były uzyskiwane tylko przy nawożeniu azotowo-fosforowym. Przy obsadach wyższych, w granicach 900—1400 szt.  $K_1$ /ha w latach 1958—1960 przy samym nawożeniu fosforowym, przyrost naturalny tych stawów wahał się w granicach 170—205 kg/ha.

### Wyniki badań w roku 1961

Celem badań w roku 1961 było porównanie wpływu różnych nawozów azotowych (siarczan amonowy, 25% woda amoniakalna, mocznik), przy równoczesnym nawożeniu superfosfatem, na produkcję pierwotną fitoplanktonu i przyrosty ryb.

Badania zostały wykonane w dwóch Gospodarstwach Doświadczalnych Zakładu Biologii Wód PAN w Gołyszach i w Landeku (pow. Bielsko). W Landeku badania przeprowadzono w trzech stawach: Księżok Mały III, Księżok Środkowy i Księżok Rudzicki; w czwartym stawie

(Stary Feruga) nawożonym superfosfatem i siarczanem amonu uwzględniono tylko wynik końcowy, tzn. przyrost ryb. Schemat nawożenia stawów w Gołyszach i w Landeku podany jest w tabeli IX.

W analizie chemicznej wody badanych stawów uwzględniono niektóre tylko czynniki, podobnie jak w roku 1960.

Nawożenie stawów w roku 1961  
Düngung der Teiche im Jahre 1961

Tab.IX

Besonderheit Teichwirtschaft	Staw Teich	Powierzchnia produkcyjna Größe ha	Nawozy Dünger	Ilość dawek Zahl der Dosen	N P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha	Początek nawożenia Anfang der Düngung
Gołysz	Wyszni VI	5,7	-	-	-	-
	Wyszni II	8,3	Mocznik Harnstoff Superfosfat Superphosphat	7 4	70 45	3.V. 3.V.
	Wyszni III	6,9	25 % woda amoniakalna 25 % Ammoniakwasser Superfosfat Superphosphat	8 4	77 45	8.V.
	Wyszni IV	6,0	Siarczan amonowy Ammoniumsulfat Superfosfat Superphosphat	8 5	84 50	3.V.
Landek	Księżok Mały III	3,0	-	-	-	-
	Księżok Środkowy	6,4	Mocznik Harnstoff Superfosfat Superphosphat	7 4	70 22	6.V.
	Księżok Rudzioki	5,5	25 % woda amoniakalna 25 % Ammoniakwasser Superfosfat Superphosphat	6 3	60 36	19.V.
	Stary Feruga	12,8	Siarczan amonowy Ammoniumsulfat Superfosfat Superphosphat	7 4	71 45	6.V.

Prócz badań chemicznych wody stawów wykonano w trzech terminach (24. IV, 14. VII, 19. IX) analizę chemiczną wody donośników.

Ponieważ zmiany poszczególnych czynników wody stawów w Gołyszach nie odbiegały w zasadzie od kształtowania się tychże w latach poprzednich, dlatego też podano tylko zakres wahań w stawach w Landeku.

We wszystkich siedmiu stawach prowadzono pomiary produkcji pierwotnej za pomocą jasnych i zaciemnionych flaszek, zawartości chlorofilu i mętności wody według tych samych metod jak w roku 1960. Do sączenia wody przy oznaczeniu chlorofilu użyto sączka szklanego G-2, a nie G-3 jak w roku poprzednim.

## Charakterystyka wody donośników

Zasadniczą różnicą w składzie chemicznym wody donośników obu gospodarstw (tabl. X) była prawie podwójna zawartość wapnia w wodzie donośnika w Landeku. To było jednym z powodów usytuowania do-

Tab. X

Skład chemiczny wody donośników w Gołysz i w Landeku w roku 1961  
Chemische Zusammensetzung der Zuflüsse in Gołysz und Landek im Jahre 1961

		Gołysz			Landek			
		25.IV.	14.VII.	19.IX.	25.IV.	14.VII.	19.IX.	
Temperatura wody	Wassertemperatur	°C	15,2	17,0	15,9	14,8	18,2	18,0
pH			7,2	7,2	7,4	8,2	7,6	7,3
CO <sub>2</sub> wolny	freie	mg/l	2,8	3,0	2,8	0,8	4,8	5,8
Twardość ogólna	Gesamthärte	°n °d	3,35	3,20	5,10	6,40	6,20	6,10
Wapń	Kalzium	Ca mg/l	19,6	18,9	31,8	39,0	38,6	37,9
Magnez	Magnesium	Mg mg/l	2,6	2,5	2,7	4,1	3,4	3,6
Alkaliczność	Alkalität	mval	0,78	0,78	1,33	1,84	1,96	1,94
Żelazo	Eisen	Fe mg/l	0,20	0,40	0,12	0,80	0,60	0,50
Amoniak	Ammonium	N-NH <sub>4</sub> mg/l	0,03	0,03	0,02	0,03	0,05	0,05
Azotyny	Nitrite	N-NO <sub>2</sub> mg/l	0,006	0,008	0,030	0,006	0,012	0,040
Azotany	Nitrate	N-NO <sub>3</sub> mg/l	0,20	0,50	1,00	0,30	0,20	0,40
Fosforany	Phosphate	PO <sub>4</sub> mg/l	0	0,03	0,02	0,02	0,12	0,05
Potas	Kalium	K mg/l	1,7	2,3	2,7	1,7	2,1	1,7
Tlen	Sauerstoff	O <sub>2</sub> mg/l	10,34	8,74	9,86	11,01	9,92	8,83
Nasyoenie	Sättigung	O <sub>2</sub> %	102	90	99	109	104	92
Utleniałość	KMnO <sub>4</sub> -Verbrauch	O <sub>2</sub> mg/l	4,3	4,7	2,4	4,5	4,9	4,6
Barwa	Farbe		25	15	10	15	30	30
Mętność	Trübung	SiO <sub>2</sub> mg/l	40	50	8	113	20	27

świadczeń w dwóch gospodarstwach, jakkolwiek były duże trudności w zachowaniu równoczesności wykonywania pomiarów. Podwójna zawartość wapnia utrzymywała się w dwóch pierwszych terminach badań, natomiast we wrześniu twardość ogólna wody i zawartość Ca w wodzie donośnika w Gołysz bardzo silnie wzrosły. W ciągu całego miesiąca września stan wody rzeki Wisły, z której bierze początek donośnik do Gospodarstwa Gołysz, był katastrofalnie niski i to było przyczyną wzrostu zawartości wapnia w wodzie tego donośnika. Bardziej wyrównany poziom odnośnie do zawartości wapnia, a nawet z nieznaczną ten-

dencją spadkową, zaznaczył się w donośniku landeckim. W wyniku wyższej zawartości wapnia odczyn wody w donośniku landeckim był bardziej zasadowy. Woda tego donośnika zawierała więcej żelaza ogólnego, bogatsza była również w fosfor, natomiast zawartość azotanów i potasu była niższa (w dwóch ostatnich terminach badań).

Woda obu donośników posiadała niską zawartość materii organicznej, na co wskazuje mała utlenialność wody i wysoka zawartość tlenu.

Należy zwrócić uwagę na dużą mętność wody donośnika w Landeku (113 mg SiO<sub>2</sub>/l) w okresie wiosennym. Wytrącanie się zawiesiny mineralnej powoduje znaczne zaszlamienie stawów, zwłaszcza tych, które posiadają niezależne doprowadzenie wody (jak trzy wzięte do doświadczeń stawy).

Ogólnie można przyjąć, że woda dochodząca do Gospodarstwa Landek lepiej nadaje się do celów rybackich, co znajduje potwierdzenie w przyrostach naturalnych ryb stawów tego gospodarstwa. Są one wyższe od przyrostów stawów gołyskich o około 30—40 kg/ha.

#### Wahania niektórych czynników w wodzie stawów w Gołyszach i w Landeku

Charakterystyczną cechą składu chemicznego wody w roku 1961 był podobny układ poszczególnych czynników niezależnie od stosowania

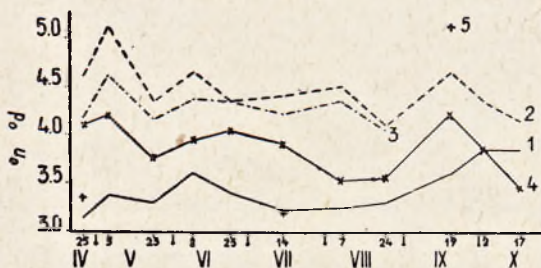
Tab.XI

Zakres wahań niektórych czynników w wodzie stawów w Landeku w roku 1961  
Schwankungsbereich mancher Faktoren im Teichwasser in Landek im Jahre 1961

Czynnik Faktor	Staw Teich	Księżok Mały III	Księżok środkowy	Księżok Rudzicki
Temperatura wody Wassertemperatur	°C	14,3 - 23,6	11,6 - 23,4	12,0 - 23,6
pH		7,3 - 8,5	7,2 - 8,6	7,0 - 8,6
CO <sub>2</sub> Wolny Freie	mg/l	0 - 7,1	0 - 5,5	0 - 8,2
Twardość ogólna Gesamthärte	°d	3,90 - 7,20	6,20 - 7,60	6,17 - 6,90
Alkaliczność Alkalität	mval	1,10 - 2,42	1,56 - 2,40	1,88 - 2,26
Żelazo Eisen	Fe mg/l	0,08 - 0,70	0,24 - 0,75	0,40 - 1,50
Amoniak Ammonium	N-NH <sub>4</sub> mg/l	0,03 - 0,08	0,04 - 0,20	0,04 - 1,00
Azotyny Nitrite	N-NO <sub>2</sub> mg/l	0	0 - 0,016	0 - 0,040
Azotany Nitrate	N-NO <sub>3</sub> mg/l	0,05 - 0,15	0,05 - 0,25	0,06 - 0,20
Fosforany Phosphate	PO <sub>4</sub> mg/l	0 - 0,20	0 - 0,30	0,01 - 0,30
Potas Kalium	K mg/l	1,7 - 2,2	1,9 - 2,3	1,9 - 2,3
Tlen Sauerstoff	O <sub>2</sub> mg/l	6,26 - 14,52	6,16 - 14,38	4,84 - 15,38
Utlenialność KMnO <sub>4</sub> -Verbrauch	O <sub>2</sub> mg/l	6,6 - 11,4	5,2 - 11,1	5,4 - 16,2
Barwa Farbe		20 - 40	15 - 45	20 - 100

różnych nawozów azotowych (Tab. XI). Odnosi się to zwłaszcza do twardości wody, odczynu, zawartości tlenu i utlenialności wody. Wszystkie te czynniki są w znacznym stopniu uzależnione od rozwoju fitoplanktonu i wodnej roślinności zanurzonej, a więc wpływ nawożenia będzie pośredni poprzez wzmocnienie rozwoju tych typów roślin wodnych.

Twardość ogólna wody nawożonych stawów w Gołyszach i wszystkich stawów w Landeku wzrosła nieznacznie na wiosnę w porównaniu z twardością wody donośników (ryc. 14 i 15). 23 maja twardość wody spa-



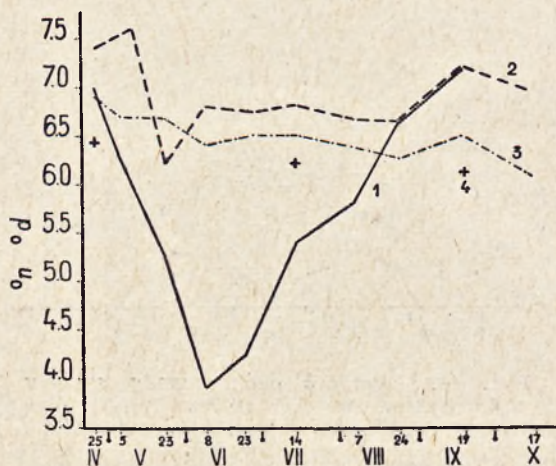
Ryc. 14. Twardość ogólna wody stawów w Gołyszach w roku 1961, Wyszni VI (1), Wyszni II (2), Wyszni III (3) i Wyszni IV (4) w donośniku (5).

Abb. 14. Gesamthärte des Wassers in Teichen Gołysz im Jahre 1961. Wyszni VI (1), Wyszni II (2), Wyszni III (3), Wyszni IV (4) im Zufluss (5).

dła, a spadkowi temu towarzyszyły przesunięcie odczynu w stronę zasadową i bardzo silny wzrost zawartości tlenu. W tym też okresie stwierdzono wysoką zawartość chlorofilu i wysoką produkcję pierwotną fitoplanktonu w stawach, z wyjątkiem stawu Wyszni II, nawożonego mocznikiem. Na szczególne podkreślenie zasługuje dalszy (do 8. VI) i bardzo silny spadek twardości wody w stawie porównawczym w Landeku (Książek Mały III). Do tego okresu utrzymywał się także alkaliczny odczyn i wysoka zawartość tlenu przy bardzo niskiej produkcji pierwotnej fitoplanktonu. W stawach w Gołyszach stwierdzono, podobnie jak w roku 1960, najniższą twardość wody w sierpniu. We wszystkich stawach nawożonych twardość ogólna na początku sezonu była wyższa niż przy spuszczeniu stawów, natomiast w stawach porównawczych stwierdzano wyższą twardość przy końcu sezonu wegetacyjnego. Mimo spadku twardości ogólnej wody stawów nawożonych, przy końcu sezonu była ona jednak wyższa niż twardość wody donośnika na wiosnę. Ze stwierdzenia tego wynika, że w stawach, otrzymujących wodę ubogą w wapń, występują straty tego składnika przez ługowanie dna stawów.

Odczyn wody w stawach nawożonych w Landeku i w Gołyszach tylko

w stawie nowożonym siarczanem amonu wykazywał w ciągu sezonu dwa maksima: jedno w maju i drugie w sierpniu. W stawach porównawczych odczyn silnie alkaliczny stwierdzono tylko w tym pierwszym terminie. Porównując odczyn wody stawów obu gospodarstw (ryc. 16) widać, że większe wahania wystąpiły w stawach gołyskich, których woda była uboższa w wapń (ryc. 14 i 15).



Ryc. 15. Twardość ogólna wody stawów w Landeku. Księżok Mały III (1), Księżok Środkowy (2), Księżok Rudzicki (3), w donośniku (4).  
Abb. 15. Gesamthärte des Wassers in Teichen Landek im Jahre 1961. Księżok Mały III (1), Księżok Środkowy (2), Księżok Rudzicki (3) im Zufluss (4).

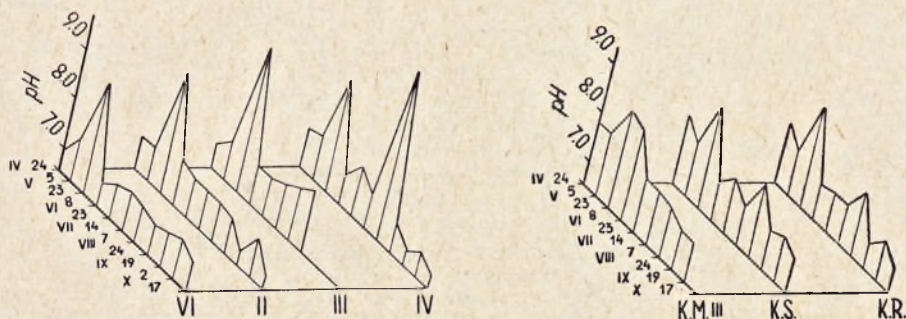
Wpływ wody amoniakalnej na odczyn wody stawów był słaby i krótkotrwały. Wykonane pomiary  $pH$  w dniu 18. V. wykazały, że odczyn wody z 8,5 przed nawożeniem wzrósł do 8,9 po nawożeniu, przy miejscowych zawartościach  $N-NH_4$  dochodzących do 2,4 mg/l. Wysokie  $pH$  (9,5) w dniu 23. V spowodowane było pośrednim wpływem nawożenia, tj. silnym rozwojem fitoplanktonu. Duży wpływ wody amoniakalnej na odczyn wody stwierdzono natomiast przy jej stosowaniu wprost w donośniku, z którego nawadniano przesadki drugie (obserwacje wykonano 18. VIII. 1961 r.). Odczyn wody przed urządzeniem doprowadzającym wodę amoniakalną wynosił 7,1, a 10 m poniżej 8,9 przy stwierdzonej zawartości  $N-NH_4$  4,0—4,5 mg/l.

Zawartość mineralnych form azotu w wodzie przy każdorazowym dostarczaniu w poszczególnych nawozach około 1 mg N/l, kształtowała się odmiennie przy moczniku niż przy wodzie amoniakalnej i siarczanem amonu. Spadek zawartości amoniaku przy stosowaniu wody amonia-



kalnej był dosyć szybki, zwykle po czterech dniach zawartość  $N-NH_4$  spadała do wartości sprzed nawożenia. Przy zastosowaniu mocznika zawartość amonowej formy azotu była większa tylko w październiku i dochodziła do 0,20 mg/l.

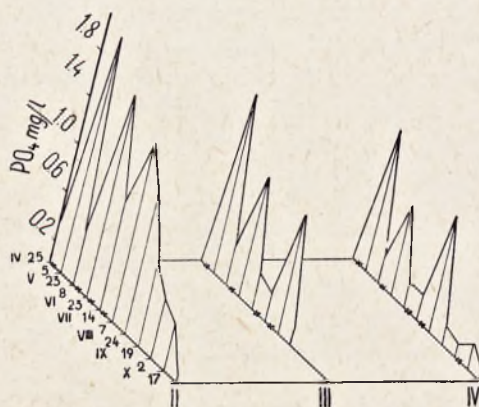
Większe zawartości azotynów spotykano zwykle w stawach nawożonych wodą amoniakalną, przy słabym rozwoju fitoplanktonu. W stawach porównawczych zawartość azotynów była bardzo mała lub spadała do analitycznego zera. Nie było widocznego wpływu poszczególnych nawozów azotowych na zawartość azotanów. Zawartość  $N-NO_3$  była nieco wyższa przy słabszym rozwoju fitoplanktonu.



Ryc. 16. Odczyn wody stawów w Gołysz, Wyszni VI (VI), Wyszni II (II), Wyszni III (III), Wyszni IV (IV) i w Landeku, Księżok Mały III (K. M. III), Księżok Środkowy (K. Ś.), Księżok Rudzicki (K. R.) w roku 1961.  
Abb. 16. Der pH-Wert des Wassers der Teiche in Gołysz und Landek im Jahre 1961.

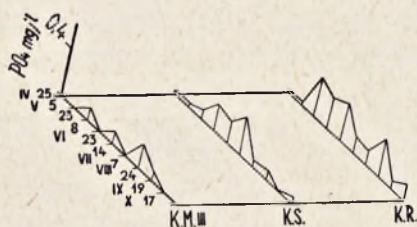
Zawartość fosforanów w wodzie stawów w Gołysz, przy czterokrotnym stosowaniu superfosfatu (przy całej dawce 45—50 kg  $P_2O_5$ /ha), nie spadała w ciągu sezonu poniżej 0,10 mg  $PO_4$ /l (ryc. 17), z wyjątkiem ostatniego terminu, w którym występowało więcej żelaza ogólnego. Większe ilości fosforu mineralnego spotykano, podobnie zresztą jak w latach poprzednich, w stawie Wyszni II. Natomiast w stawach w Landeku, gdzie zastosowano niższe dawki superfosfatu, zwłaszcza w stawie Księżok Środkowy (22 kg  $P_2O_5$ /ha), zawartość tego składnika spadała do zera (ryc. 18). Z wyników badań z lat poprzednich nasuwał się wniosek, że w stawach nawożonych od kilku lat nawozami fosforowymi, ilość nawozów fosforowych może być zmniejszona. Przy zmniejszeniu ilości tych nawozów nie uwzględniono jednakże tego, że w wodzie dopływającej do stawów landeckich występowała wyższa zawartość żelaza, która nie pozostawała bez wpływu na usuwanie fosforu z wody stawu. Przy zastosowaniu 36 kg  $P_2O_5$ /ha w ciągu sezonu w stawie Księżok Rudzicki zawartość  $PO_4$  utrzymywała się na poziomie wyższym niż 0,06 mg/l i to nawet w okresach silnego rozwoju fitoplanktonu. Warto dodać, że zawartość fosforanów w wodzie donośnika i w stawie porównawczym

w Landeku była wyższa niż w Gołyszcu. Na uwagę zasługuje fakt, że woda przed spuszczeniem stawu zawierała małą ilość fosforanów, a więc straty fosforu mineralnego przy spuszczeniu stawów były bardzo małe.



Ryc. 17. Zawartość fosforanów w wodzie stawów nawożonych w Gołyszcu w roku 1961. II-Wyszni II, III-Wyszni III, IV-Wyszni IV.

Abb. 17. Der Gehalt an Phosphat im Wasser der gedüngten Teiche in Gołysz im Jahre 1961. II-Wyszni II, III-Wyszni III, IV-Wyszni IV.



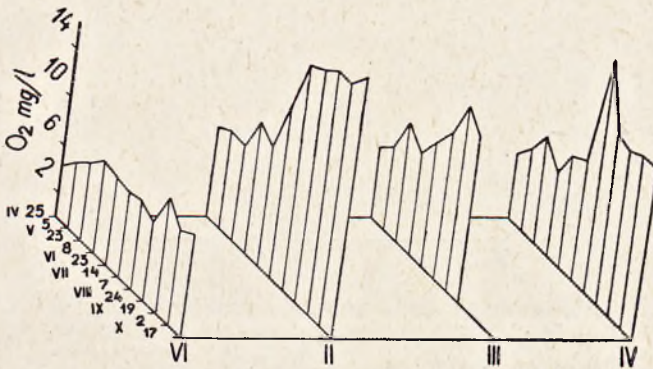
Ryc. 18. Zawartość fosforanów w wodzie stawów w Landeku w roku 1961. K. M. III-Książek Mały III, K. S.-Książek Środkowy, K. R.-Książek Rudzicki.

Abb. 18. Der Gehalt an Phosphat im Wasser der Teiche in Landek im Jahre 1961. K. M. III-Książek Mały III, K. S.-Książek Środkowy, K. R.-Książek Rudzicki.

Dodatkowe zastosowanie superfosfatu w stawie Wyszni IV w ilości 25 kg/h w dniu 8. IX., przy równoczesnym zastosowaniu ostatniej dawki siarczanu amonu, miało na celu zapobiec silnemu deficytowi tlenowemu we wrześniu, jaki obserwowano w roku 1960.

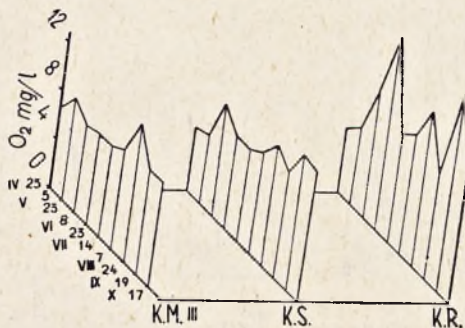
Utlonialność wody stawów w Gołyszcu (ryc. 19) wzrastała od wiosny do jesieni, przy czym najwyższą utlenialność stwierdzono w stawie Wyszni II nawożonym mocznikiem. Utlentialność wody tego stawu była

najwyższa, jaką stwierdzono w tym kompleksie stawów. Niższą utlenialność obserwowano w stawach landeckich (ryc. 20). We wszystkich okresach wyższej produkcji pierwotnej stwierdzano również większą utlenialność wody stawów.



Ryc. 19. Utlenialność wody stawów w Gołysz w roku 1961.

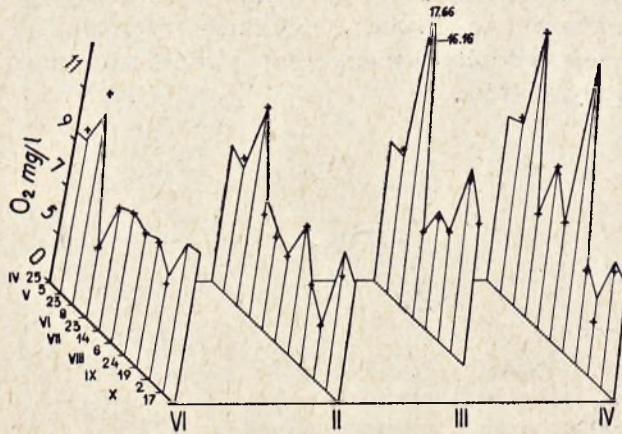
Abb. 19. Oxydierbarkeit des Wassers der Teiche in Gołysz im Jahre 1961.



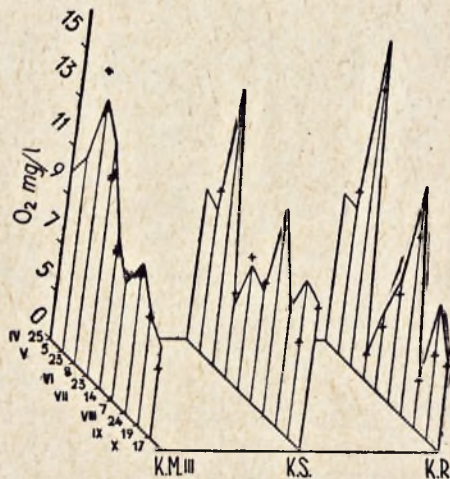
Ryc. 20. Utlenialność wody stawów w Landeku w roku 1961.

Abb. 20. Oxydierbarkeit des Wassers der Teiche in Landek im Jahre 1961.

Produkcję pierwotną i zawartość chlorofilu oznaczono w siedmiu stawach. Na ryc. 21 i 22 przedstawiono zawartość tlenu w dwóch poziomach, na początku ekspozycji flaszek przy pomiarach produkcji pierwotnej. Charakterystyczną cechą było wystąpienie dwóch maksimum zawartości tlenu w wodzie stawów nawożonych (w maju i w sierpniu) i jednego tylko maksimum w stawach porównawczych (w maju). Przy małej mętności wody spotykano wyższą zawartość tlenu na głębokości



Ryc. 21. Zawartość tlenu w wodzie stawów w Gołysz w roku 1961. — przy powierzchni, + na głębokości 1 m.  
 Abb. 21. Sauerstoffgehalt im Wasser der Teiche in Gołysz im Jahre 1961. — bei Oberfläche, + in der Tiefe 1 m.



Ryc. 22. Zawartość tlenu w wodzie stawów w Landeku w roku 1961. — przy powierzchni, + na głębokości, 1 m.  
 Abb. 22. Sauerstoffgehalt im Wasser der Teiche in Landek im Jahre 1961. — bei Oberfläche, + in der Tiefe 1 m.

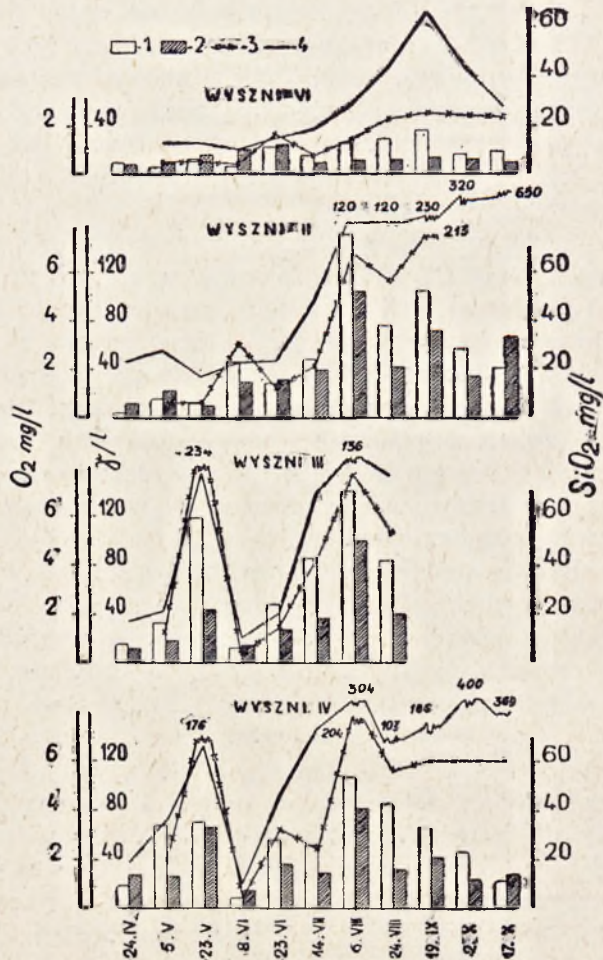
1 m. Maksymalne zawartości tlenu stwierdzano w okresach wysokiej produkcji pierwotnej. Największe wahania zawartości  $O_2$  wystąpiły w stawach nawożonych wodą amoniakalną, szczególnie w Landeku (Księżok Rudzicki).

Wysokość i układ produkcji pierwotnej, jak widać to bardzo wyraźnie z ryc. 23 i 24, uzależniona była od nawożenia i typu nawozu azotowego. Najniższą produkcję tlenu stwierdzano w stawach porównawczych, przy czym powtórzyło się zjawisko zaobserwowane w roku 1960, że produkcja pierwotna fitoplanktonu w pierwszej połowie sezonu (Wyszni VI) i prawie do września w stawie Księżok Mały III była niższa niż zużycie tlenu.

Wyjątek stanowi wyższa produkcja w stosunku do zużycia tlenu w stawie Księżok Mały III w dniu 24 maja, w którym to terminie wystąpił, chociaż w mniejszym nasileniu, zakwit *Volvox aureus*. Najbardziej wyrównana fotosynteza w ciągu całego sezonu, z jednym tylko spadkiem w dniu 8. VI, zachodziła w stawie nawożonym siarczanem amonu. Natomiast największe wahania w intensywności fotosyntezy wystąpiły w obu stawach nawożonych wodą amoniakalną. Działanie mocznika uwidoczniło się dopiero w drugiej połowie sezonu (staw Wyszni II). Produkcja tlenu w drugim stawie nawożonym mocznikiem była niższa, ze stosunkowo wysoką wartością w dniu 23 maja przy zakwicie *Volvox*, czego nie było w stawie poprzednim. Zużycie tlenu w stosunku do produkcji całkowitej było różne, przy czym na początku zakwitów procent zużycia  $O_2$  był niższy niż w dalszym okresie ich trwania. W obu terminach w sierpniu wykonano pomiary zużycia tlenu nie tylko w ciągu 24 godzin (w zaciemnionych flaszczkach), ale także w ciągu ośmiu godzin. Stwierdzono przy tym dosyć charakterystyczne zjawisko: jeżeli procent zużycia tlenu w ciągu 24 godzin był wysoki (powyżej 50%) w stosunku do produkcji całkowitej, to zużycie w ciągu pierwszych ośmiu godzin wynosiło około 50% wartości z 24 godzin. Gdy natomiast zużycie tlenu w stosunku do produkcji całkowitej było niższe, to wtedy zużycie  $O_2$  w ciągu pierwszych ośmiu godzin wynosiło około 33% wartości z 24 godzin. Można by zatem powiedzieć, że w pierwszym okresie wystąpienia zakwitu zużycie tlenu powodowane jest przez oddychanie fitoplanktonu, które przebiega mniej więcej równomiernie w ciągu 24 godzin. Przy dalszym rozwoju zakwitu dochodzi zużycie tlenu przy procesie rozkładu obumarłych komórek fitoplanktonu, który przebiega bardzo intensywnie zaraz na początku zaciemnienia flaszek.

Poniższe zestawienie (tab. XII) przedstawia produkcję całkowitą, zużycia tlenu i różnice między nimi, jako średnie z całego okresu wegetacyjnego. Podobnie więc jak w roku ubiegłym zużycie tlenu w warstwie powierzchniowej wody było większe niż na głębokości 1 m. Z przytoczonych w tabeli XII procentów zużycia  $O_2$  w stosunku do produkcji całkowitej widać, że są one tego samego rzędu w stawach o jednako-

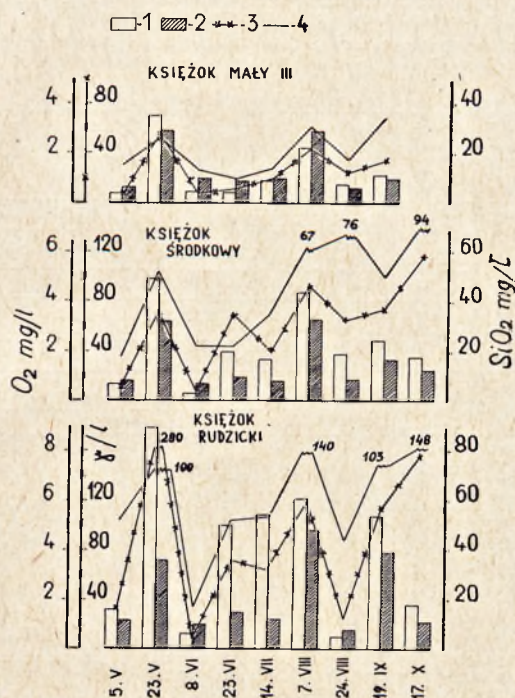
wym nawożeniu i najniższe przy zastosowaniu wody amoniakalnej. W stawie porównawczym w Landeku produkcja tlenu przy fotosyntezie fitoplanktonu nie pokrywała zapotrzebowania na tlen.



Ryc. 23. Intensywność fotosyntezy fitoplanktonu (1) i dysymilacja (2) oraz zawartość chlorofilu (3) i mętność wody (4) w stawach gołyskich w roku 1961.  
 Abb. 23. Intensität der Photosynthese (1) und Destraktion (2) sowie Chlorophyllgehalt (3) und Trübung (4) des Wassers in Teichen in Gołysz im Jahre 1961.

Ilości tlenu, wytworzonego przy fotosyntezie w ciągu dnia i zużytego przy procesach dysymilacyjnych, mogą być przeliczone na glukozę. Produkcja pierwotna fitoplanktonu (wyrażona w glukozie kg/ha), obliczona ze średnich zebranych w tabeli XII i po uwzględnieniu całego sezonu wegetacyjnego, w stawach nawożonych była trzykrotnie wyższa

niz w stawach porównawczych (tab. XIII). Najwyższą produkcję netto (produkcja netto jako różnica między materią organiczną wytworzoną a rozkładem tej materii) fitoplanktonu stwierdzono w stawach nawożonych 25% wodą amoniakalną.



Ryc. 24. Intensywność fotosyntezy fitoplanktonu (1) i dysymilacja (2) oraz zawartość chlorofilu (3) i mętność wody (4) w stawach landeckich w roku 1961.

Abb. 24. Intensität der Photosynthese (1) und Destruktion (2) sowie Chlorophyllgehalt (3) und Trübung (4) des Wassers in Teichen in Landek im Jahre 1961.

Przy rozpatrywaniu działania nawozów na produkcję pierwotną celowe będzie obliczenie, o ile wzrośnie ta produkcja na 1 kg czystych składników dodanych w nawozach (ryc. 25). Najwyższą produkcję globalną uzyskano przy zastosowaniu wody amoniakalnej (38 kg glukozy na 1 kg N+P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Przerzywaną linią na ryc. 25 zaznaczono przypuszczalny wzrost produkcji globalnej w stawie Wyszni III po uwzględnieniu nie 120, lecz 160 dni. Przy zastosowaniu mocznika wzrost produkcji całkowitej nie był jednakowy w obu stawach, natomiast przy siarczanie amonu współczynnik ten był wyższy niż w roku 1960.

Podobnie jak w roku 1960 stwierdzono wyraźną korelację dodatnią między produkcją tlenu a zawartością chlorofilu. Również zmiany zawartości chlorofilu przebiegały zgodnie z mętnością wody. W stawach

Tab.XII

Średnia intensywność fotosyntezy i dysymilacji oraz dzienne liczby asymilacyjne w stawach w roku 1961 a-przy powierzchni, b-na głębokości 1 m, Śr-średnio

Durchschnittintensität der Photosynthese und der Destruktion sowie tägliche Assimilationszahl in den Teichen im Jahre 1961 a-bei Oberfläche, b-in der Tiefe 1 m, Śr-durchschnittlich

Staw Teich		Wyzni VI	Wyzni II	Wyzni III	Wyzni IV	Księżok Mały III	Księżok Środkowy	Księżok Rudzicki
Fotosynteza Photosynthese /F/ O <sub>2</sub> mg/l/doba Tag	a	1,17	4,90	5,09	5,09	1,33	2,90	6,25
	b	0,75	1,07	2,31	1,11	1,38	1,61	1,59
	Śr	0,96	2,98	3,70	3,10	1,36	2,26	3,92
Dysymilacja Destruktion /D/ O <sub>2</sub> mg/l/doba Tag	a	0,78	2,18	2,03	1,97	1,45	1,55	2,50
	b	0,65	2,09	1,96	1,87	1,53	1,47	1,76
	Śr	0,72	2,14	2,00	1,92	1,49	1,51	2,13
F - D O <sub>2</sub> mg/l/doba Tag	a	0,39	2,72	3,06	3,12	-0,12	1,35	3,75
	b	0,10	-1,02	0,35	-0,76	-0,15	0,14	-0,17
	Śr	0,25	0,85	1,70	1,18	-0,14	0,75	1,79
D : F w % in %	a	67	44	40	39	109	53	40
	b	87	195	85	168	111	91	111
	Śr	75	71	54	62	110	67	54
Średnia dzienna liczba asymilacyjna Durchschnittliche tägliche Assimilationszahl		56	66	78	54	63	55	67

Tab.XIII

Produkcja globalna i rozkład materii organicznej oraz produkcja czysta w stawach w roku 1961 (glukoza kg/ha)

Grossproduktion und die Destruktion der organischen Substanz  
Nettoproduktion in den Teichen im Jahre 1961 Glukose kg/ha

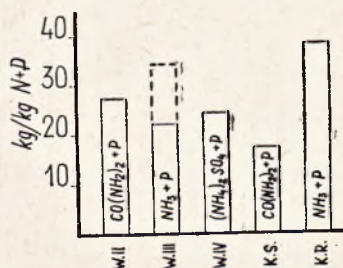
Staw Teich	Okres dni Saison Tage	Produkcja Produktion	Rozkład Destruktion	Produkcja czysta Nettoproduktion
Wyzni VI	163	1470	1100	370
Wyzni II	163	4550	3270	1280
Wyzni III	120	4160	2250	1910
Wyzni IV	163	4740	2930	1810
Księżok Mały III	150	1910	2100	- 190
Księżok Środkowy	163	3450	2310	1140
Księżok Rudzicki	163	5990	3250	2740

nawożonych ta ostatnia zgodność zaznaczyła się tylko do sierpnia, podczas gdy w stawach porównawczych w ciągu całego sezonu.

Dzienne liczby asymilacyjne wahały się w szerokich granicach 16 do 117. Średnie, dzienne liczby asymilacyjne (tab. XII) są nieco wyższe niż w roku poprzednim. Jest to wynikiem nie tyle może lepszych wa-



runków, w jakich zachodziła fotosynteza w roku 1961, ile zmiany metodycznej przy oznaczaniu chlorofilu, tj. użycia sączka o większych wymiarach porów. Dlatego też wartości chlorofilu są prawdopodobnie zaniżone, jakkolwiek przy kilkakrotnym przeglądaniu pod mikroskopem wody po przesączeniu nie stwierdzono obecności komórek glonów.



Ryc. 25. Produkcja materii organicznej (glukoza w kg) na jeden kilogram N + P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Abb. 25. Produktion der organischen Substanz (Glukose in kg) auf ein Kilogramm N + P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Przyrosty naturalne ryb w roku 1961 bardzo wybitnie wzrosły pod wpływem nawożenia azotowo-fosforowego. Przyrosty te (tab. XIV) są najwyższe, jakie zanotowano dotychczas na terenie Zespołu Ochaby. Wysokość przyrostów wynikała jednak nie tylko wskutek nawożenia, ale także przez zagęszczenie obsady ryb w roku 1961. Z tego powodu przyrosty na stawach nawożonych nie mogą być odnoszone do przyrostów stawów porównawczych, które były obsadzone ilościami 220 do 300 sztuk/ha. Jako przyrost porównawczy przyjęto 240 kg/ha (ryc. 26). Przyjęcie przyrostu maksymalnego według Waltera (cyt. za Schäperclausem 1961) jest uzasadnione tym, że przyrosty szczególnie na stawach gołyskich przy 300 sztukach K<sub>1</sub>/ha są bardzo zbliżone do przyrostów dla tej gęstości obsady, jakie podał Walter. W tabeli przyrostów

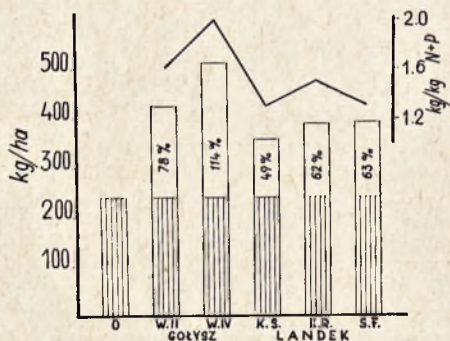
Tab. XIV

Obsady i przyrosty ryb w stawach w roku 1961

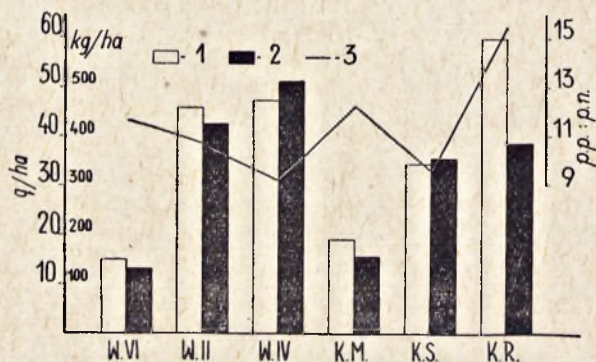
Besatz und Zuwächse der Karpfen in den Teichen im Jahre 1961

Gospodarstwo Teichwirtschaft		Gołysz			Landek			
Staw Teich		Wyszni VI	Wyszni II	Wyszni IV	Księżok Mały III	Księżok Środkowy	Księżok Rudzioki	Stary Feruga
Obsada K <sub>1</sub> /ha		300	1300	1300	220	1300	727	690
Besatz K <sub>2</sub> /ha		-	-	-	-	-	254	350
Ciężar jednostkowy Einsatzstückgewicht K <sub>1</sub> g		47	46	43	45	51	80	77
	K <sub>2</sub>	-	-	-	-	-	271	258
Przyrost z paszy Futterzuwachs	kg/ha	-	472	148	-	262	364	434
Przyrost naturalny Naturzuwachs	kg/ha	126	426	513	155	357	387	393
Ubytki Stückverlust K <sub>1</sub>	%	9	10	12	16	43	14	8
	K <sub>2</sub>	-	-	-	-	-	8	8

i na wykresach został pominięty staw Wyszni III w Gołysz, ponieważ ryby w tym stawie masowo ginęły na zgorzel skrzeli, i dlatego staw ten został odłowiony przy końcu sierpnia. Wzrost przyrostu w stawach gołyskich wahał się w granicach 178—214%, a w stawach landeckich 149 do 163% w stosunku do porównawczego przyrostu stawów — 240 kg/ha.



Ryc. 26. Porównanie przyrostów naturalnych ryb w stawach nawożonych w roku 1961. O-przyrost porównawczy, — wzrost przyrostu z 1 kg N + P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.  
Abb. 26. Vergleichung der Naturzuwächse in den gedüngten Teichen im Jahre 1961. O-Vergleichzuwachs, — Steigerung des Zuwachses aus 1 kg N + P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.



Ryc. 27. Produkcja pierwotna (1, glukoza w q/ha) i przyrosty naturalne (2, w kg/ha) w stawach w Gołysz i w Landeku oraz stosunek produkcji pierwotnej do przyrostu naturalnego (3) w roku 1961.  
Abb. 27. Primärproduktion (1, Glukose in q/ha) und Naturzuwachs (2, in kg/ha) in den Teichen Gołysz und Lanek sowie das Verhältnis der Primärproduktion und Naturzuwachs (3) im Jahre 1961.

Po odjęciu przyrostu porównawczego od przyrostów poszczególnych stawów i podzieleniu różnicy przez całkowitą ilość kg/ha czystych składników  $N+P_2O_5$ , dodanych w nawozach, uzyskamy wzrost przyrostu na 1 kg  $N+P_2O_5$ . Dla stawów w Gołyszcu uzyskano z jednego kg  $N+P_2O_5$  (w stosunkach podanych w schemacie nawożenia, tab. IX) wzrost przyrostu o 1,6—2,0 kg ryb, natomiast w gospodarstwie żyźniejszym w Landeku 1,3—1,5 (ryc. 26).

Porównując produkcję pierwotną (globalną) fitoplanktonu z przyrostami naturalnymi ryb (ryc. 27) widzimy, że stosunek tych wielkości wahał się w granicach 9,2—15,5 w stawach nawożonych, a w stawach porównawczych 11,7—12,3. Po uwzględnieniu przyrostu 240 kg/ha w stawach porównawczych, a nie faktycznego przy niskiej obsadzie, współczynnik ten dla stawu Wyszni VI wyniesie 6,1, a dla stawu Księżok Mały III 8,0. Interesujący jest fakt, że najniższy współczynnik uzyskano w stawie, w którym ryby były żywione dopiero od 15 sierpnia. Wskazuje to na lepsze wykorzystanie pokarmu naturalnego. Natomiast najwyższy współczynnik (15,5) był w stawie Księżok Rudzicki, który był obsadzony narybkiem karpia i kroczkami.

### Charakterystyka chemiczna wody stawów

Czteroletnie badania stawów nawożonych superfosfatem i siarczanem amonu oraz stawów porównawczych wykazały wieloraki wpływ stosowanych nawozów na skład chemiczny wody. Zakres wahań prawie wszystkich badanych czynników chemicznych w wodzie stawów nawożonych był większy niż w stawach porównawczych. Dostarczenie składników pokarmowych ( $N+P$ ) wpływa wybitnie na dynamikę przemian zachodzących w środowisku stawowym. Dotyczy to nie tylko tych dodawanych składników, ale całego szeregu innych. Na przykład twardość ogólna, powodowana przede wszystkim solami wapnia, była wyższa w Gołyszcu w stawach nawożonych niż w stawie porównawczym, w którym wartości te nieznacznie tylko przekraczały twardość wody dołnośnika. Wzbogacenie wody w wapń pod wpływem nawożenia superfosfatem i siarczanem amonu zachodziło dwoma drogami. Z każdym kwintalem superfosfatu dostarcza się do stawu około 18 kg czystego wapnia, w czym około 3 kg jest w wodzie łatwo rozpuszczalne. Prócz bezpośredniego wpływu zawartego w superfosfacie wapnia na twardość wody, ważniejsze, wydaje się, jest przyspieszenie przez nawożenie przemiany materii, a tym samym zwiększenie ilości dwutlenku węgla, który jest decydującym czynnikiem przy uruchamianiu wapnia. Niektórzy autorzy (Müller 1957) uważają, że zawartość wapnia w wodzie bardziej jest uzależniona od ilości dwutlenku węgla niż od ilości wapnia dostarczanego do wody. Zaobserwowany w roku 1957 (Wróbel 1959) spadek

alkaliczności na drugi dzień po nowożeniu siarczanem amonu był krótkotrwały, toteż w niniejszych badaniach, gdy próby pobierano raczej przed nawożeniem, nie uchwycono jakichkolwiek spadków zawartości wapnia w wodzie, związanych bezpośrednio z nawożeniem.

Dwukrotne wapnowanie na wodę stawu Wyszni II w roku 1960 przyczyniło się do zwiększenia twardości wody. Wpływ ten utrzymywał się jednak tylko do sierpnia, w ostatnich dwóch miesiącach twardość spadła do przeciętnych wartości występujących w tym stawie w latach poprzednich. Obserwując takie zmiany zawartości wapnia, odnosi się wrażenie, jak gdyby istniała względnie stała „pojemność” wody odnośnie do tego składnika, uwarunkowana procesami biologicznymi. Ogólnie można powiedzieć, że stosowanie siarczanu amonowego — nawozu fizjologicznie kwaśnego — nie wywierało ujemnego wpływu na występowanie wapnia w wodzie, jak przypuszczało się w trakcie wykonywania niniejszych badań, zwłaszcza po słabym działaniu nawożenia w roku 1959. Duży natomiast wpływ na występowanie wapnia wywarł stopień rozwoju fitoplanktonu. Procesy rozkładu i syntezy materii organicznej zatem decydują o występowaniu wapnia w wodzie. Dlatego uchwycenie tych procesów ma ogromne znaczenie nie tylko ze względu na bilans materii organicznej, ale także ze względu na kształtowanie się czynników chemicznych w wodzie.

Stosunek wapnia do magnezu, badanego w ciągu całego sezonu tylko w roku 1959, kształtował się dosyć różnie i niezależnie od nawożenia. Zagadnienie występowania magnezu wymaga osobnych badań, bo jakkolwiek zawartość magnezu w wodzie badanych stawów wydaje się pokrywać zapotrzebowanie roślin na ten składnik, nie jest dokładnie stwierdzone, jaki stosunek Mg : Ca jest najodpowiedniejszy dla rozwoju roślin wodnych. Podany przez K o n e n k ę (1955) stosunek Mg : Ca dla stawów Ukrainy 0,3—0,5 w strefie leśno-stepowej i 3—5 w strefie stepowej pozostał bez omówienia, jaki on miał wpływ na rozwój planktonu. Obok wielu prac o wapnowaniu brak jest jakichkolwiek badań nad stosowaniem dolomitu zamiast nawozów wapniowych.

Zasadowy odczyn wody po wapnowaniu utrzymywał się tylko w ciągu paru dni, a poza tym był uzależniony od nasilenia rozwoju roślin wodnych.

Z czynników, które kształtowały się pod bezpośrednim wpływem nawożenia, były siarczany. W ciągu sezonu wegetacyjnego dostarczano w postaci siarczanu amonowego (250 kg/ha) średnio około 20 mg  $\text{SO}_4/\text{l}$  (przy głębokości stawu 1 m), natomiast zawartość siarczanów w wodzie stawów nawożonych, w porównaniu ze stawem kontrolnym, była wyższa od 10 do 17 mg/l. Część siarczanów wypadła zatem z wody, dało się to zauważyć szczególnie po zakończeniu nawożenia, gdy ilości tego składnika nieznacznie tylko przekraczały zawartość  $\text{SO}_4$  w wodzie stawu

porównawczego. Bez równoczesnych badań dna w odniesieniu do tego anionu, trudno powiedzieć, co dzieje się w stawie z siarczanami i jaki będzie ich wpływ przy stosowaniu siarczanu amonowego w ciągu dłuższego okresu.

Zmiany zawartości składników pokarmowych (N i P), dostarczanych w nawozach nie były jednakowe we wszystkich stawach nawożonych. Ilość azotu, dodawana w jednej porcji (1 mg N/l), malała zwykle po 4—5 dniach do wartości sprzed nawożenia. Jeżeli po nawożeniu następowało zachmurzenie i ochłodzenie, to w wodzie pojawiały się azotyny i powiększała się zawartość azotanów. Wytłumaczenie tego zjawiska jest dosyć trudne, ponieważ nie ma dostatecznych dowodów, z której formy azotu korzystają głównie rośliny wodne. Jeżeli przyjmiemy, że rośliny w środowisku obojętnym i zasadowym pobierają  $\text{NH}_4$ , to ograniczone warunki świetlne przy pochmurnym dniu powstrzymują rozwój glonów i jednocześnie zwalniają tempo pobierania azotu. W tym przypadku zanik formy amonowej odbywać się będzie przy udziale bakterii nitryfikacyjnych. Gdy jednak rośliny pobierają azot po jego przeprowadzeniu w formę azotanową, to w dniach pochmurnych ograniczone będzie pobieranie  $\text{NO}_3$  i stąd wyższa ich zawartość w wodzie. Zastosowanie wody amoniakalnej i szybkie jej działanie na fotosyntezę fitoplanktonu wskazywałoby na pobieranie przez rośliny azotu amonowego. Niezależnie od przemian, jakim ulega azot amonowy, jest rzeczą dosyć trudną utrzymanie wysokiej zawartości mineralnych form azotu, zwłaszcza w okresach ciepłych i słonecznych. W badaniach wykonanych w Rumunii (przy temperaturze wody około 25 °C), niezależnie od tego, czy dodawano 14 mg N- $\text{NO}_3$ /l, czy 2,7 mg, to po siedmiu dniach spotykano tylko ślady azotu mineralnego (P o p e s c u i współpr. 1961).

Wysoką zawartość azotanów, przeciętnie 0,50 mg N- $\text{NO}_3$ /l (ryc. 1), stwierdzono w roku 1958 tylko w tym stawie, który otrzymywał wodę bezpośrednio z donośnika. Stwierdzenie tego ma duże znaczenie przy badaniach wpływu nawożenia stawów, gdyż ilości mineralnych związków azotowych dostających się z wodą zaopatrującą staw mogą sięgać 15—20 kg N/ha w ciągu sezonu, co w sumie ze związkami azotu dostającymi się do wody z opadami (3—4 kg N/ha w ciągu sezonu) odpowiada przeszło 100 kg siarczanu amonowego. Dopływ dużej ilości azotanów ma szczególne znaczenie na wiosnę, gdy temperatura wody jest niska i procesy denitryfikacyjne przebiegają wolno. Często opisywany silny rozwój fitoplanktonu na wiosnę (N y g a a r d 1938, S c h ä p e r c l a u s 1957) jest prawdopodobnie wywoływany także przez związki azotowe dostające się do stawów po ich zalewie.

Zachowanie się fosforanów i zmiany ich zawartości w wodzie stawów nawożonych kształtowały się odmiennie niż zmiany zawartości azotu. Azot dodawany w nawozach działa prawie niezależnie od składu chemicznego wody stawów, ponieważ nie tworzy związków nierozpuszczal-

nych ze składnikami mineralnymi, które występują w wodzie. Wszelkie zmiany zawartości mineralnych związków azotu zachodzą raczej na drodze biologicznej. Przy stosowaniu nawozów azotowych można więc oczekiwać podobnego efektu ich działania. Natomiast występowanie w wodzie fosforanów jest uzależnione w znacznej mierze od cech chemicznych wody i jakości dna, toteż każdy zabieg zmieniający układ czynników chemicznych i fizykochemicznych wody oraz dna wywiera wpływ na zawartość tego składnika pokarmowego. Takim zabiegiem jest wapnowanie. Uruchamianie fosforu przez wapnowanie jest znane tak z praktyki, jak i z literatury rybackiej. Odbywa się ono przez polepszenie warunków środowiska, w którym zachodzi bakteryjny rozkład materii organicznej (W a t e r s 1957). Według G a k a (1959) biologiczne uruchamianie fosforu odbywa się przy udziale dwóch grup bakterii: jedna grupa bakterii nierozpuszczalne związki fosforu przeprowadza w fosforany rozpuszczalne; druga grupa bierze udział w rozkładzie materii organicznej. Uruchamianie fosforanów przez dodanie wapna odbywa się również przez ich uwalnianie ze związków z żelazem i z glinem, istnieje bowiem wysoka korelacja dodatnia między fosforem a żelazem w dnie stawów (M ü l l e r 1960). Każde zatem dodanie wapna w warunkach kwaśnego odczynu dna sprzyjać będzie przechodzeniu fosforu z dna do wody. Odwrotny proces — wytrącanie fosforanów w formie  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ , o którym pisał G e s s n e r (1939), zachodziłoby raczej przy wysokich dawkach wapna i przy równoczesnym dodawaniu fosforu. Dlatego też nie można stosować nawożenia nawozami fosforowymi zaraz po wapnowaniu.

W stawach nawożonych od kilku lat nawozami fosforowymi zawartość fosforanów w wodzie była wysoka. Po kilku latach nawożenia następuje jak gdyby nasycenie pojemności dna i fosfor dodawany w nawozach utrzymuje się w wodzie w ciągu długiego okresu. Stwierdzenie tego faktu ma duże znaczenie dla praktyki rybackiej w odniesieniu do dobrania odpowiedniego stosunku azotu do fosforu przy nawożeniu stawów. W pierwszych latach nawożenia stawów, które nie były uprzednio nawożone nawozami fosforowymi, stosunek N : P powinien być wąski. W miarę upływu lat i systematycznego nawożenia udział fosforu będzie się zmniejszał, by w końcu osiągnąć taki stosunek, w jakim oba te składniki występują w wodnych organizmach roślinnych, który kształtuje się w granicach 4 : 1 do 10 : 1 (S e r e n k o v i P a c h o m o v a 1960). Autorzy ci badali skład chemiczny niektórych gatunków glonów i tak np. dla *Scenedesmus quadricauda* N : P = 4 : 1, a dla *Aphanizomenon flos aquae* N : P = 10 : 1.

Wszystko to, co wyżej powiedziano, dotyczy stawów, zaopatrywanych w wodę o niskiej zawartości żelaza. Przy wysokiej zawartości żelaza, dno stawu będzie „pułapką” nie tylko dla żelaza (R u t t n e r 1955), ale również dla fosforu. Dopiero doprowadzenie wapna będzie

uruchamiało zapasy wytrąconego w dnie fosforu. Chcąc uzyskać lepsze działanie nawozów fosforowych w pierwszych latach ich stosowania, należałoby przeciwdziałać sorpcji fosforu w dnie przez bardzo częste dawki nawozów fosforowych. Częstość nawożenia ma na celu niedopuszczenie do całkowitego zaniku fosforu, tak aby chwilowy brak fosforu nie ograniczał produkcji biologicznej stawu. Glony narażone często na brak fosforu w wodzie posiadają zdolność magazynowania tego składnika (Rodhe, Mackereith, cyt. za Gessnerem 1959). Ta cecha roślin niższych stawia nieco w innym świetle problem fosforu jako czynnika limitującego produkcję biologiczną stawu. Stale niska zawartość fosforu, niezbędnego dla procesu fotosyntezy i oddychania, będzie czynnikiem ograniczającym, natomiast w stawie zaopatrywanym od czasu do czasu w ciągu sezonu nawozami fosforowymi, chwilowy brak fosforu nie zahamuje produkcji biologicznej. Stąd dążenie do utrzymania zawartości fosforanów na pewnym poziomie, a nawet przyjęcie liczb granicznych, jak to czyni Dejdar (cyt. za Schäperclausem 1961), poniżej których nie może spaść zawartość fosforu, nie wydaje się słuszne. Zapotrzebowanie fosforu w stawach zmienia się w pewnych odstępach czasu, podczas gdy zapotrzebowanie azotu jest raczej stałe (Braginskij i Frolova 1959), tak więc wysokość produkcji w stawach będzie raczej zależała od zawartości łatwo dostępnych form azotu, a nie fosforu.

### **Produkcja pierwotna fitoplanktonu w stawach**

Nawożenie stawów wywarło dodatni wpływ na produkcję pierwotną fitoplanktonu, przy czym wpływ ten zaznaczył się już w trzecim dniu po nawożeniu stawów. Bilans materii organicznej w stawach porównawczych (ryc. 12 i 24) oraz w niektórych stawach przed nawożeniem był ujemny. Przewaga procesów rozkładu nad syntezą materii organicznej utrzymywała się w stawach porównawczych do połowy czerwca, a nawet do września. Wyniki te potwierdzają wcześniejsze badania nad zawartością materii organicznej w dnie stawów (Wróbel 1960a), z których wynikało, że w stawach nie nawożonych nagromadzanie materii organicznej następuje dopiero w drugiej połowie lata. Natomiast w stawach nawożonych produkcja materii organicznej, przewyższająca jej rozkład, zaczyna się od chwili nawożenia. Produkcja tlenu w stawach nie nawożonych w tym pierwszym okresie i w stawach przed nawożeniem nie zachodzi przy udziale fitoplanktonu, ale raczej przy udziale zanurzonej roślinności wyższej. Ze średnich z całego sezonu (tab. VIII i XII) widać, że produkcja materii organicznej w stawie zachodziła przede wszystkim w warstwie powierzchniowej wody. Przyjęta przez Weimanna (1935) głębokość warstwy trofogenicznej 1 m dotyczy raczej stawów mało ży-

nych, nie nawożonych. W stawach nawożonych warstwa kompensacyjna (w której produkcja tlenu równa się zużyciu tlenu) leży na mniejszej głębokości niż 1 m i głębokość tej warstwy jest uzależniona od całego szeregu czynników, przede wszystkim od warunków świetlnych, liczebności planktonu i ilości zawiesiny nieorganicznej (mętności wody).

Zużycie tlenu w ciągu 24 godzin przy powierzchni wody wahało się w stosunku do produkcji  $O_2$  w granicach 54—109%, podczas gdy na głębokości 1 m prawie we wszystkich stawach przekraczało 100%. Na uwagę zasługuje fakt, że w warstwie powierzchniowej wyższa była nie tylko produkcja tlenu, ale także jego zużycie. Wynika z tego, że tak procesy syntezy, jak i rozkładu materii organicznej zachodzą przede wszystkim w powierzchniowej warstwie wody stawu. Granice zużycia tlenu 60—90% produkcji całkowitej są najczęściej spotykane w stawach (Vinberg 1960), przy czym w stawach o wyższej produkcji procent zużycia tlenu jest niższy niż w stawach mniej produktywnych.

Obliczając średnią produkcję całkowitą, dysymilację i produkcję czystą zachodzącą w 24 godzinach, można z łatwością dojść do produkcji materii organicznej w ciągu całego sezonu (tab. XIII). Przeliczenie produkcji pierwotnej na powierzchnię jednego hektara stawu o głębokości 1 m wydaje się dla stawów bardziej przydatne niż podawanie produkcji zachodzącej w słupie wody pod powierzchnią  $1\text{ m}^2$  (Vinberg, Lešina, Vasileva 1958, Vinberg, Kiščenko 1958), jak to przyjęto szeroko w badaniach jezior i mórz. Korzyść takiego podawania polega na tym, że łatwo jest wtedy porównywać produkcję pierwotną, np. z przyrostami ryb czy ze wzrostem produkcji pierwotnej na 1 kg czystego składnika dodawanego w nawozach. Stosunek produkcji pierwotnej całkowitej do przyrostów naturalnych badanych stawów wahał się raczej w wąskich granicach (9,2—15,5) i na bardzo niskim poziomie w porównaniu z jeziorami (500—1500, według Vinberga 1956). Na podstawie dwuletnich badań produkcji pierwotnej w stawach trudno zdecydować, czy nie należałoby raczej brać pod uwagę tę ilość materii organicznej, która ulega rozkładowi, a nie produkcję całkowitą. Przy takim ujęciu otrzymałoby się współczynniki bardziej wyrównane (np. w badanych stawach nawożonych stosunek dysymilacji do przyrostu naturalnego wahał się w granicach 5,7—8,7). Jedno wydaje się nie ulegać wątpliwości, że nie można porównywać przyrostu ryb z produkcją czystą (F—D, tab. XIII), zwłaszcza w stawach nie nawożonych, w których produkcja czysta jest bardzo niska, albo produkcja tlenu przez fitoplankton nie pokrywa zapotrzebowania na tlen (staw Księżok Mały III). Przyjęcie współczynnika produkcji pierwotnej do przyrostu naturalnego (p : p<sub>n</sub>) ma uzasadnienie w stawach intensywnie nawożonych, w których rozwój zanurzonej roślinności wodnej — ze względu



na dużą mętność wody — jest bardzo słaby, i głównym źródłem produkcji materii organicznej jest fotosynteza fitoplanktonu.

Aby uchwycić w ogólnych zarysach produkcję tlenu przy udziale fitoplanktonu i innych roślin wodnych, należałoby stosować metodę flaszek i oznaczać zawartość tlenu w wolnej masie wody w okresach minimum i maksimum. Wykonane w roku 1960 badania wskazują, że w stawie porównawczym produkcja tlenu przez inne organizmy roślinne (miękką florę, peryfiton) była wyższa (około 0,23 mg O<sub>2</sub>/l/dzień) niż w stawie nawożonym (0,11 mg/l). Przy bardzo szczegółowych badaniach bilansu materii organicznej w stawach konieczne jest dokładne oznaczenie produkcji tlenu i jego zużycia przez wszystkie komponenty w stawie, jak to uczynili Š p e t i F e l d m a n n (1959).

Określenie współczynnika  $p:p_n$  dla pewnych rejonów, gdyż będzie on zależny od warunków klimatycznych, może być ważną wskazówką przy ustalaniu wysokości obsad i żywieniu ryb. Najniższy współczynnik w roku 1961 uzyskano w stawie, w którym zużycie paszy było małe, a najwyższy w stawie o mieszanej obsadzie (K<sub>1</sub> i K<sub>2</sub>).

Po odliczeniu produkcji pierwotnej fitoplanktonu (w kg glukozy/ha) stawu nie nawożonego od tejże w stawach nawożonych można wnioskować, o ile zwiększa się produkcja pierwotna fitoplanktonu na każdy kg czystego składnika, dodawanego w nawozach. Po bardzo nierównych wskaźnikach, uzyskanych w roku 1960 (w stawie Wyszni II 2 kg i Wyszni IV 19 kg) w roku następnym na każdy kilogram N + P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> uzyskano wzrost produkcji pierwotnej w granicach 17—38 kg. Jeżeli porównamy ten wzrost produkcji w stawie ze zwykłą plonem ziarna i słomy na 1 kg N (wynoszącą w przybliżeniu 20 kg ziarna i 40 kg słomy, G ó r s k i 1955), to wydaje się, że efekt działania nawozów w stawie jest mniejszy. Jednak po uwzględnieniu zawartości białka w glonach (9—14% N w suchej masie, S e r e n k o v i P a c h o m o v a 1960) oraz w ziarnie (1,6% N) i w słomie (0,5% N) wartości zwyczajek produkcji w stawach są większe niż w rolnictwie. Jakkolwiek porównanie to jest zbyt teoretyczne, to jednak uchwycenie efektu działania nawozu w stawach w jednostkach masy materii organicznej może być ważnym wskaźnikiem przy ocenie stosowanych nawozów.

Trudno ocenić, czy współczynnik  $p:p_n$ , podany powyżej, względnie wskaźniki działania N + P są niskie czy wysokie, gdyż brak jest badań z tego zakresu w stawach. W pracach V i n b e r g a (1960), V i n b e r g a i w s p ó ł p r a c o w n i k ó w (1958), B a s l a v s k i e j i R u s i n y (1950), B a s l a v s k i e j i w s p ó ł p r a c o w n i k ó w (1952), C z e c z u g i (1960), problem produkcji pierwotnej jest potraktowany raczej z hydrobiologicznego punktu widzenia i mało jest powiedziane o wydajności rybackiej badanych stawów. Odnośnie do przyjętych współczynników można wysunąć cały szereg zarzutów, że ilość badań w ciągu sezonu

jest za mała, by móc obliczyć globalną produkcję stawu w ciągu sezonu, że nie uwzględniono stopniowego przejścia i rozproszenia energii na poszczególnych ogniwach łańcucha produkcyjnego od fitoplanktonu do ryb. Również przyjęcie współczynnika produkcji pierwotnej do przyrostu naturalnego ryb, z góry jak gdyby zakłada, że istnieje bezpośrednia i ścisła zależność między fitoplanktonem a przyrostem ryb. Wiadomo jednak powszechnie, że nawożenie stawów jest jednym z decydujących czynników warunkujących wydajność rybacką stawów, a więc składniki pokarmowe dostarczane w nawozach mogą działać tylko poprzez świat roślinny. Ujęcie zatem w określonych jednostkach masy lub energii tworzenia się materii organicznej w stawie ma duże znaczenie tak w ocenie działania nawozów, jak i określaniu wydajności stawów.

Druga metoda określenia produkcji pierwotnej, przez oznaczenie zawartości chlorofilu w planktonie, której zwolennikiem jest Gessner (1959), wydaje się mniej przydatną dla warunków stawowych. Liczby asymilacyjne w stawach są niskie, wykazały to również badania Czeczugi (1960). Są one zależne przede wszystkim od mętności wody, w której dużą rolę odgrywa zawiesina nieorganiczna dostająca się do wody z dna stawów, nawet przy słabym falowaniu lub w czasie żerowania karpia. Jak się wydaje, obliczanie masy fitoplanktonu z zawartości chlorofilu może być przeprowadzane tylko w grubych zarysach, ponieważ zawartość chlorofilu jest różna u różnych gatunków glonów, a nawet u tego samego gatunku ulega silnym wahaniom w zależności od stadium rozwojowego i od warunków oświetlenia w ciągu dnia (Gibor i Meehan 1961).

Z porównania trzech metod oznaczania produkcji pierwotnej fitoplanktonu w stawach (minimum i maksimum  $O_2$ , metoda flaszek jasnych i zaciemnionych, oznaczenie chlorofilu) wynika, że najbardziej przydatne w badaniach środowiska stawowego jest stosowanie flaszek jasnych i zaciemnionych. Z różnic zawartości tlenu w ciągu dnia w okresach maksimum i minimum nie można w stawach określić produkcji materii organicznej, ze względu na różnorodność czynników ubocznych powodujących trudne do ujęcia zmiany zawartości tlenu. Oznaczenie zawartości tlenu w wolnej masie wody w okresach minimum i maksimum w połączeniu z metodą flaszek pozwala na przybliżone rozróżnienie producentów tlenu w stawie i dokładniej charakteryzuje warunki bytowania ryb niż  $BZT_5$ , czy nawet  $BZT_1$ . Metoda chlorofilowa pozwalająca uchwycić, również w przybliżeniu, produkcję czystą, mniej nadaje się do warunków płytkich zbiorników wodnych stawów. Nie może ona być szeroko stosowana, ponieważ wymaga skomplikowanej aparatury i jest bardzo pracochłonna, zwłaszcza utrudnione jest sączenie wody przy wysokiej jej mętności, spowodowanej koloidalnymi cząstkami mineralnymi. Metoda flaszek jasnych i zaciemnio-

nych prosta w wykonaniu, ujmująca fotosyntezę i dysymilację okazuje się najbardziej przydatna i powinna znaleźć w Polsce jak najszersze zastosowanie. Uzyskanie dużej ilości wyników pomiarów produkcji pierwotnej z różnych rejonów kraju pozwoli prawdopodobnie na podział stawów według ich żyzności, czego nie udało się do tego czasu dokonać.

Dwuletnie badania produkcji pierwotnej fitoplanktonu, wykonane na kilku stawach, nie upoważniają do wprowadzenia stałego podziału stawów według ich żyzności, odnoszącego się do dużego rejonu Polski. Niemniej dla kompleksów badanych stawów jako produkcję niską należałoby przyjąć przeciętną produkcję całkowitą fitoplanktonu stawu Wyszni VI wynoszącą około 1 mg O<sub>2</sub> na jeden litr i na jeden dzień, co odpowiadałoby około 375 mg C na 1 m<sup>2</sup> i jeden dzień (przy przeciętnej głębokości stawu 1 m, produkcja w słupie wody pod powierzchnią 1 m<sup>2</sup> równa się produkcji na 1 m<sup>3</sup> wody). Jeżeli ujmemy produkcję czystą fitoplanktonu w tym stawie, wynoszącą 0,24 mg O<sub>2</sub>/l, to otrzymamy około 90 mg C na jeden m<sup>2</sup> na dobę. Ostatnia wartość niewiele odbiega od proponowanej przez Rodhego (1958) granicy podziału jezior na oligo- i eutroficzne (100 mg C/m<sup>2</sup>/dzień, względnie 25 mg C/m<sup>3</sup>/dzień). W stawach lepiej jednak jest przyjąć produkcję całkowitą z powodów wyjaśnionych na stronie 190.

Produkcja średnia wahałaby się w granicach 1—3 mg O<sub>2</sub>/l/dzień, a wysoka powyżej 3 mg O<sub>2</sub>/l/dzień. Proponowany podział troficzności stawów w toku dalszych badań może ulec zmianie, gdyż konieczne tu są wieloletnie pomiary produkcji pierwotnej fitoplanktonu.

### **Działanie poszczególnych nawozów w stawach**

Do nawożenia stawów użyto obok nawozów fosforowych (superfosfat) trzech nawozów azotowych: siarczanu amonowego, 25% wody amoniakalnej i mocznika. Siarczan amonu był stosowany w stawach w Gołyszku od pięciu lat; nie stwierdzono jego ujemnego wpływu na produkcję pierwotną i przyrosty ryb. Wpływ siarczanu amonu na skład chemiczny wody był krótkotrwały, szczególnie wpływ na odczyn wody i alkaliczność. Produkcja pierwotna fitoplanktonu pod wpływem siarczanu amonu kształtowała się na bardziej wyrównanym poziomie niż przy użyciu innych nawozów azotowych. Działanie jego jest szybkie: już w trzecim dniu po nawożeniu stwierdzono stosunkowo dużą intensywność fotosyntezy fitoplanktonu. Najwyższe wartości występowały w sierpniu, aby zatem przeciwdziałać spadkom produkcji pierwotnej, które zaobserwowano w roku 1961, w pierwszej połowie sezonu, należy stosować dawkowanie tego nawozu w odstępach krótszych niż co 10 dni. Działanie siarczanu amonowego nie było jednak identyczne we wszyst-

kich stawach; również nie stwierdzono w poszczególnych latach dużej wierności przyrostów naturalnych, jednak najwyższe przyrosty (513 kg/ha) uzyskano przy zastosowaniu tego właśnie nawozu. W miarę zwiększania dawek azotu na hektar, siarczan amonowy winien być eliminowany, ponieważ zachodzi wytrącanie siarczanów, które odkładają się prawdopodobnie w dnie stawów. Aby jednoznacznie rozstrzygnąć ten problem, konieczne jest zbadanie całego bilansu siarki w stawach.

Działanie 25% wody amoniakalnej w porównaniu z siarczanem amonu było bardziej dynamiczne. W stawach nawożonych tym nawozem wystąpiły największe wahania zawartości tlenu oraz stwierdzono najwyższą produkcję pierwotną fitoplanktonu. Te duże wahania zawartości  $O_2$  były prawdopodobnie przyczyną wystąpienia w jednym ze stawów (Wyszni III) masowego śnięcia ryb na zgorzel skrzeli. Na początku rozwoju tej choroby nie stwierdzono jednak dużego deficytu tlenowego, w okresach minimum tlenowego zawartość  $O_2$  przy dnie nie spadała poniżej 6 mg/l. Wpływ wody amoniakalnej przy dawce 50 l/ha na odczyn wody był słaby i krótkotrwały. Alkaliczny odczyn stwierdzony po paru dniach po nawożeniu był wynikiem silnego rozwoju fitoplanktonu. Słaby wpływ wody amoniakalnej na odczyn wody stawu przy dawce 150 l/ha stwierdzono również we wcześniejszych obserwacjach w roku 1959 (Wróbel 1960b). Znaczniejsza zmiana pH występuje tylko przy wysokich jednorazowych dawkach wody amoniakalnej (Sarigi i współpr. 1960) względnie przy zastosowaniu wody amoniakalnej w donośnikach. Z uwagi na szybkie działanie wody amoniakalnej ten typ nawozu należałoby stosować raczej w dawkach mniejszych i częściej niż siarczan amonowy.

Działanie mocznika było bardzo powolne; do silnego rozwoju fitoplanktonu dochodziło dopiero w drugiej połowie sezonu. W pierwszej połowie sezonu wegetacyjnego obserwowano silniejszy, w porównaniu z innymi stawami, rozwój zooplanktonu. Znaczenie mocznika jako źródła azotu dla roślin było podkreślane przez Hsia I-tseing i współpracowników (1959), przy hodowli glonów (*Scenedesmus obliquus*). Jakkolwiek mocznik nie był najlepszym źródłem azotu dla fitoplanktonu, przyrosty naturalne w stawach nawożonych tym nawozem były wysokie (357—426 kg/ha). Ta rozbieżność między produkcją pierwotną fitoplanktonu a przyrostami ryb może być wytłumaczona tym, że mocznik jako nawóz organiczny, ale o dużej zawartości czystego azotu (46%), będzie działał jednocześnie jako nawóz organiczny (pożywka dla bakterii i dostarczenie około 78 kg  $CO_2$ /100 kg mocznika) i mineralny (dostarczenie azotu).

Biorąc pod uwagę dodatnie działanie mocznika na rozwój zooplanktonu i wody amoniakalnej na rozwój fitoplanktonu może się okazać bardzo korzystne zastosowanie obu tych nawozów równocześnie.

## Przydatność analizy chemicznej wody w badaniach środowiska stawowego

Kilkuletnie badania składu chemicznego wody stawów, wykonywane nawet w odstępach jednodniowych, pozwalają na ocenę przydatności analizy chemicznej wody dla charakterystyki środowiska stawowego i zakresu jej stosowania przy nawożeniu stawów. Analiza chemiczna wody ujmująca czynniki abiotyczne środowiska ma specyficzne znaczenie przy badaniach sztucznych zbiorników wodnych, jakimi są stawy. Z tytułu tej sztuczności skład chemiczny wody stawów i jego zmiany przebiegają przy daleko idącej ingerencji człowieka. Dotyczy to przede wszystkim składników pokarmowych dostarczanych w nawozach, które wywierają wpływ nie tylko bezpośredni na ich koncentrację w wodzie czy dnie, ale działają także pośrednio na wszystkie niemal czynniki ujmowane w analizie chemicznej wody.

Wszystkie czynniki chemiczne czy fizyko-chemiczne w większym lub mniejszym stopniu uzależnione są od rodzaju organizmów żywych, zwłaszcza roślinnych auto- i hekterotroficznych. Żaden z czynników chemicznych nie charakteryzuje żyzności czy wydajności rybackiej stawów (K. Stangenberg 1961). Również na podstawie analizy biologicznej trudno określić powyższe cechy stawu. Wydaje się, że określenie stopnia współdziałania czynników chemicznych i biologicznych będzie zarazem miarą żyzności i wydajności stawu. Tym stopniem współdziałania jest tworzenie się materii organicznej w stawie w drodze fotosyntezy. Wszystkie inne procesy są tylko przenoszeniem energii związanej w wyniku fotosyntezy.

Skład chemiczny wody stawów może być rozpatrywany z dwóch punktów widzenia: 1) hydrologiczno-geologicznego, 2) rybackiego. Dla scharakteryzowania wody z pierwszego punktu widzenia konieczna jest pełna analiza wody wykonana przynajmniej trzykrotnie w ciągu sezonu (Stangenberg 1938) na początku i przy końcu sezonu oraz w okresie najintensywniejszego rozwoju fitoplanktonu, zwykle w lipcu lub sierpniu. Szczególna uwaga powinna być zwrócona na wodę donośników, z uwzględnieniem krótkiej charakterystyki geologicznej i glebowej zlewni rzek, z których zaopatrywane są stawy. Skład chemiczny wody stawów zależy nie tylko od jakości wody donośnika, ale również od dna stawu, toteż nieodzowna jest jednorazowa analiza niektórych składników dna (zawartość materii organicznej, azotu, węglanów i żelaza). Również sam sposób nawadniania stawów nie jest obojętny przy tego rodzaju badaniach. Według nie opublikowanych materiałów autora twardość ogólna wody w donośniku wynosiła 18 °n, w stawie bezpośrednio nawadnianym po przejściu rowem do 4 m szerokim i 200 m długim twardość wody spadła do 9,5 °n. Natomiast w stawie drugim, otrzymującym wodę za pośrednictwem poprzedniego stawu, nastąpił

dalszy spadek twardości ogólnej do 7 °n. Wartość wyników analizy chemicznej wody w tym ujęciu znacznie traci na znaczeniu, jeżeli nie uwzględni się nawożenia stawów i żywienia ryb.

Z punktu widzenia rybackiego analizę chemiczną wody można ograniczyć do kilku czynników. Wchodziłyby tu w rachubę następujące czynniki: odczyn wody, alkaliczność dwuwęglanowa i węglanowa, twardość ogólna, utleniałość i mętność wody oraz zawartość składników pokarmowych azotu, fosforu i potasu. Oznaczenie tych ostatnich odnosiłoby się do potrzeb zastosowania nawożenia. Oznaczenie zawartości tlenu rozpuszczalnego w wodzie należałoby wykonywać wieczorem jednego dnia i rano dnia następnego. Uchwyciłoby się wtedy zakres procesów dysymilacyjnych i często niebezpieczne deficyty tlenowe występujące rano. Przenoszenie z analizy sanitarnej oznaczenia biochemicznego zapotrzebowania tlenu w ciągu 5 dni tzw. BZT<sub>5</sub> do badań środowiska stawowego (K. Stangenberg 1961) nie wydaje się uzasadnione. W stawach decydujący jest spadek zawartości tlenu w ciągu godzin nocnych, a nie zapotrzebowanie na tlen nawet w ciągu 24 godzin.

Położenie głównego nacisku na skład jonowy wody stawów, szeroko uwzględniane w ZSRR, nie ma takiego znaczenia w naszych warunkach, względnie wyrównanych pod względem klimatycznym.

Pora dnia przy pobieraniu prób do oznaczenia składników troficznych nie jest obojętna, jeżeli chce się uchwycić minimalne ich zawartości. Według Kaufmann (1958) minimalne ilości P i N w warstwie powierzchniowej przypadają na godziny 13.30—16.

Skrócona analiza chemiczna wody i pomiary produkcji pierwotnej fitoplanktonu, wykonywane równocześnie w odstępach co 10—20 dni, nadawałyby się najbardziej do określenia żyźności stawów i działania nawozów w stawach.

### Wnioski

1. Nawożenie azotowo-fosforowe wywarło duży wpływ na skład chemiczny wody, produkcję pierwotną fitoplanktonu i wydajność rybacką stawów.

2. Nawożenie to wywarło bezpośredni wpływ na koncentrację składników pokarmowych w wodzie i wpływ pośredni, poprzez rośliny wodne, na wszystkie niemal czynniki chemiczne i fizyko-chemiczne wody stawów.

3. Zmiany twardości ogólnej wody uzależnione były przede wszystkim od zmian zawartości wapnia. Stosunek wapnia do magnezu kształtował się w granicach 2,7—6,5 (stosunek równoważnikowy) i jego wartości uzależnione były od zmian koncentracji wapnia. O ilości wapnia decydował rozwój roślin wodnych, czego nie stwierdzono w odniesieniu

do magnezu, a tym samym nie obserwowano wpływu (pośredniego) nawożenia na koncentrację tego składnika.

4. Koncentracja azotu amonowego, dostarczanego w postaci siarczanu amonowego lub wody amoniakalnej (w jednej dawce około 1 mg N-NH<sub>4</sub>/l), spadała po 4—5 dniach do wartości sprzed nawożenia. Jeżeli po zastosowaniu nawozów następowało zachmurzenie i ochłodzenie, to prawie zawsze pojawiały się azotyny i zawartość azotanów była nieco wyższa. Najwyższa zawartość azotanów występowała w wodzie stawu, który otrzymywał wodę bezpośrednio z donośnika.

5. W stawach otrzymujących wodę o niskiej zawartości żelaza i od kilku lat nawożonych nawozami fosforowymi zawartość fosforanów w wodzie była stosunkowo wysoka. W tych stawach przyjęty stosunek N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> równy prawie 2 : 1 może być rozszerzany do 4 : 1, albo jeszcze dalej, a zatem do wartości stosunku N i P w roślinach wodnych. Czterokrotne dawkowanie superfosfatu było korzystniejsze niż zastosowanie go w dwóch dawkach.

6. Produkcja pierwotna fitoplanktonu w stawach nawożonych, przy zastosowaniu 50 kg N/ha, była dwukrotnie wyższa niż w stawie nie nawożonym, a przy zastosowaniu 70—85 kg N/ha przeszło trzykrotnie.

7. Synteza materii organicznej zachodziła przede wszystkim w powierzchniowej warstwie wody stawów. Również w powierzchniowej warstwie przeważały procesy rozkładu.

8. W pierwszej połowie sezonu, a niekiedy do września, produkcja tlenu przy udziale fitoplanktonu w stawach nie nawożonych nie pokrywała zapotrzebowania na tlen. Częste przypadki wysokiej zawartości tlenu i zasadowego odczynu wody w tych stawach należy przypisać podwodnym roślinom wyższym.

9. Z jednego kilograma N + P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> uzyskano wzrost produkcji pierwotnej fitoplanktonu, po przeliczeniu na glukozę, w granicach 17—38 kg.

10. Obok korelacji dodatniej między produkcją tlenu a zawartością chlorofilu zaznaczyła się taka sama współzależność między zawartością chlorofilu a mętnością wody. Ta ostatnia współzależność nie występowała przy końcu sezonu, kiedy mętność wody stawów nawożonych wybitnie wzrastała.

11. Najbardziej przydatną w ocenie działania nawozów i żyzności stawów okazała się metoda pomiaru produkcji pierwotnej fitoplanktonu za pomocą flaszek jasnych i zaciemnionych.

12. Na podstawie dwuletnich pomiarów produkcji pierwotnej w stawach nie nawożonych i nawożonych proponuje się przyjąć produkcję pierwotną całkowitą fitoplanktonu jako kryterium podziału troficzności stawów: stawy mało żyzne o produkcji pierwotnej fitoplanktonu poniżej 1 mg O<sub>2</sub>/l/doba, stawy o średniej żyzności o produkcji 1—3 mg O<sub>2</sub>/l/doba i stawy bardzo żyzne o produkcji powyżej 3 mg O<sub>2</sub>/l/doba.

Podane wartości powinny stanowić średnie z kilku oznaczeń w ciągu sezonu.

13. Przyrosty naturalne ryb w stawach nawożonych przy dawkach 50 kg N/ha i 35 kg  $P_2O_5$ /ha wzrosły ze 110 do 250 kg/ha. Wzrost przyrostu naturalnego po zastosowaniu nawożenia azotowego wynosił około 50% w stosunku do przyrostów tych stawów w latach poprzednich przy samym nawożeniu fosforowym. Po zwiększeniu ilości nawozów azotowych do 70—85 kg N/ha przyrosty naturalne wahały się w granicach 357—513 kg/ha.

14. Z jednego kilograma  $N + P_2O_5$  uzyskano w stawach w Gołyszach wzrost przyrostu ryb w granicach 1,6—2,0, a w stawach w Landeku 1,3—1,5 kg.

15. Stosunek produkcji pierwotnej całkowitej do przyrostu naturalnego (p p : p n) wahał się w granicach 9,2—15,5 przy czym w stawach z mniejszymi obsadami ryb lub obsadą mieszaną ( $K_1$  i  $K_2$ ), współczynnik ten kształtował się powyżej 10.

16. Wpływ poszczególnych nawozów azotowych na produkcję pierwotną fitoplanktonu był różny tak w czasie, jak i w wysokości. Działanie 25% wody amoniakalnej było szybsze niż pozostałych nawozów azotowych i produkcja pierwotna była najwyższa. Najwolniej z badanych nawozów działał mocznik (silny rozwój fitoplanktonu nastąpił dopiero w drugiej połowie sezonu), przy czym w pierwszej połowie sezonu obserwowano silny rozwój zooplanktonu. Przy zastosowaniu siarczanu amonowego produkcja pierwotna była najbardziej wyrównana, bez dużych wahań zawartości tlenu, jakie wystąpiły w stawach nawożonych wodą amoniakalną.

17. Szybkość znikania azotu mineralnego, dodawanego w nawozach i wahania produkcji pierwotnej, oraz tworzenie się w stawie materii organicznej bogatej w białko powodują dalsze zwiększenie ilości azotu na hektar przy zachowaniu, a nawet zmniejszaniu ilości fosforu. Bardziej korzystne byłoby zagęszczenie dozowania nawozów niż zwiększenie poszczególnych dawek.

18. W badaniach środowiska stawowego zakres analizy chemicznej wody powinien być raczej ograniczony, a główny nacisk należy położyć na określenie stopnia współdziałania światła organicznego ze środowiskiem abiotycznym, wyrażające się przede wszystkim w fotosyntezie.

Panu Prof. Drowi Karolowi Starmachowi, kierownikowi Zakładu Biologii Wód PAN, składam serdeczne podziękowanie za rady i wskazówki przy wykonywaniu niniejszej pracy, a szczególnie za zwrócenie uwagi na konieczność badań nad produkcją pierwotną w stawach. Bardzo dziękuję również Panu Janowi Brodzie, dyrektorowi Zespołu Gospodarstw Doświadczalnych w Ochabach, Panu mgr. inż. Józefowi Matlakowi, kierownikowi Gospodarstwa w Gołyszach i Panu Stefanowi Rechowi, st. ichtiologowi Zespołu w Ochabach za sprawne



i sumienne wykonanie wszelkich prac związanych z nawożeniem, obsadami i odłowami stawów, oraz panu Franciszkowi Szkole, laborantowi Zakładu Biologii Wód w Krakowie za wydatną pomoc w pracach laboratoryjnych.

#### ZUSAMMENFASSUNG

Die hier besprochenen Untersuchungen aus den Jahren 1958—1961 sind eine weitere Folge der durch das Institut für Biologie der Gewässer der Polnischen Akademie der Wissenschaften bereits im Jahre 1957 eingeleiteten Versuche. Zweck derselben war die Feststellung der Brauchbarkeit von Teichdüngung mit schwefelsaurem Ammonium und anderen Stickstoffdünger (25% Ammoniakwasser, Harnstoff) sowie deren Einfluss auf die Umweltgestaltung im Teich und auf die Fischproduktion daselbst. Eine weitere Aufgabe bestand in der Ausprobierung der bei Seeuntersuchungen meistens angewandten Methoden, welche es ermöglichen nicht nur die abiotischen Verhältnisse sondern auch die Entwicklung der Pflanzenwelt, vor allem der niederen Pflanzen, während der Wasserdüngung zu verfolgen.

Im Jahre 1958 wurden die Versuche in der Teichwirtschaft Golysz an fünf Teichen durchgeführt. Zwei von ihnen (Wyzni VI und Wyzni VIII) wurden nicht gedüngt, Teich Wyzni VII erhielt bloß Superphosphat (35 kg/ha  $P_2O_5$ ) in zwei Gaben, im Mai und Juli. Die Teiche Wyzni II und Wyzni IV erhielten die gleichen Mengen Superphosphat und an denselben Tagen, wie Wyzni VII; ausserdem erhielten sie noch schwefelsaures Ammonium (50 kg/ha N) in 5 Portionen in Abständen alle 10 Tage.

In den folgenden Jahren, 1959, 1960, wurde die Düngerwirkung in 3 Teichen verfolgt. Wyzni VI wurde nicht gedüngt, Wyzni II und IV erhielten die gleichen Mengen, wie im Jahre 1958. Die erste Düngergabe wurde in der zweiten Hälfte Mai und die letzte in der ersten Hälfte Juli verabfolgt. Im Jahre 1960 wurde im Teich Wyzni II, 5 bis 6 Tage vor der Superphosphat-Düngung, Kalk auf das Wasser ausgestreut. Im Jahre 1961 wurden die Versuche mit Stickstoffdüngung erweitert durch die Verwendung von 25% Ammoniakwasser und von Harnstoff. Diese Versuche wurden in 2 Wirtschaften Golysz und Landek, die sich vor allem im Kalkgehalt des Zulaufwassers von einander unterscheiden, durchgeführt. Das Schema der Düngung ist in Tabelle IX angegeben.

In den Jahren 1958—1959 wurden chemische Wasseranalysen mehrere male während der Vegetationsperiode ausgeführt. Im Jahre 1959 wurde zusätzlich noch  $BSB_1$  im Termostat bei einer Temperatur von 20 °C festgestellt. In den Jahren 1960, 1961 wurden bloß einige Elemente im Wasser bestimmt und ausserdem die Primärproduktion des Phytoplanktons, der Gehalt an Chlorophyll und die Wassertrübung bestimmt. Die Primärproduktion des Phytoplanktons wurde vermittelt heller und dunkler Flaschen festgestellt. Die Exposition der Flaschen (in 2 Wasserschichten: an der Oberfläche und in ein Meter Tiefe) dauerte 24 Stunden; die Anfüllung der Flaschen mit dem Teichwasser samt Plankton wurde zwischen 10 und 11,30 Uhr vorgenommen. Das Teichwasser zur Chlorophyllbestimmung wurde durch einen Glas filtertiegel (im Jahre 1960 — G 3, 1961 — G 2) filtriert und mit Azeton extrahiert (vor der Extraktion wurden die Zellen des Phytoplanktons mit fein pulverisiertem Glas zerrieben); hierauf wurde es vermitteltst des photoelektrischen Kolorimeter (Type FEKN — 1957), bei Anwendung von Filtern mit 6580 Å Wellenlänge und der Chlorophyllvergleichösung a + b bestimmt. Die Wassertrübung wurde ebenfalls auf diesem Apparate ermittelt. Im Jahre 1960 wurden aus-

serdem noch einige weitere Faktoren (Wassertemperatur, pH-Wert und Sauerstoffgehalt) in den 2 Teichen bestimmt und zwar in den Momenten des Sauerstoff-Minimum — und Maximum, ferner an den Tagen des Beginnens der Primärproduktion-Untersuchung und schliesslich an dem darauffolgenden Tage d. h. bei Aufnahme der Versuchsflaschen (Tab. III, IV).

Die vierjährigen Versuche der Teichdüngung mit Stickstoff und Phosphor bewiesen den vielseitigen Einfluss derselben auf die chemische Zusammensetzung des Teichwassers. Die Zufuhr von N und P beeinflusst direkt den Gehalt dieser Elemente im Wasser und indirekt die chemische physiko-chemische Beschaffenheit derselben.

Die Schwankungsbreite für den Gehalt der einzelnen Elemente war in den gedüngten Teichen grösser als in den nicht gedüngten. Eine Ausnahme bildet die Gesamthärte des Wassers im nicht gedüngten Teich Książok Mały III, der stark mit *Potamogeton natans* bewachsen war. Die Gesamthärte des Wassers, verursacht durch den Kalkgehalt, war in den gedüngten Teichen von Gołysz grösser als im Kontrollteich (Abb. 3, 7, 14). In den Momenten der Massenentwicklung des Phytoplanktons jedoch fiel die Gesamthärte des Wassers in den gedüngten Teichen unter die Werte des Kontrollteiches. Das Kalken der Wasserfläche im Teich Wyszni II verursachte den Anstieg der Gesamthärte für die erste Hälfte der Vegetationsperiode; in der zweiten Hälfte jedoch war dieselbe ähnlich den Mittelwerten der vorhergehenden Jahre.

Die Düngung mit schwefelsaurem Ammonium erhöhte den Gehalt an Sulfaten, nach Beendigung der Düngung jedoch wurden dieselben ausgefällt. Der durch Düngung eingeführte Stickstoff (ca 1 mg/l N) verschwand färgewöhnlich nach 4 bis 5 Tagen. Bei bedeckter Witterung fanden sich grössere Mengen von Nitriten und Nitraten vor; diese Letzteren befanden sich in grösster Konzentration (0,50 mg N-NO<sub>3</sub>/l) im Teich Wyszni VIII (Abb. 1), der unmittelbar mit dem Wasser aus dem Zuleiter gespeist wird.

In den Teichen, welche seit einigen Jahren mit Phosphor gedüngt worden waren und deren Wasser einen niedrigen Eisengehalt aufweist (Gołysz), befanden sich die Phosphate in höherer Konzentration. In diesem Teichen könnte man wahrscheinlich das Verhältnis von P zu N erweitern zu der Proportion, wie sie sich in den Wasserpflanzen vorfindet. Die Verteilung des Phosphors in 4 Düngebaben, bei gleichzeitiger Stickstoffdüngung, war vorteilhafter als bei zweimaliger Düngung.

Das rasche Schwinden des mit den Düngemitteln eingeführten Stickstoff sowie der Umstad, dass sich in den Teichen eine eiweisreiche organische Substanz bildete, hatten eine Steigerung des N-Gehaltes pro ha bei gleichbleibender oder sogar verminderter Phosphormenge zufolge. Grössere Wirkung hätte eine öftere Düngung als eine Vergrösserung der einzelnen Düngerportionen.

Die Teichdüngung hatte grosse Wirkung auf die Primärproduktion des Phytoplanktons (Abb. 12, 23, 24). Die Erzeugung der organischen Materie fand vor allem in der Oberschicht des Wassers statt (Tab. VIII, XII). Hier war auch die Zersetzung der organischen Substanz am grössten. Die Sauerstoff-Produktion durch das Phytoplankton in den nicht gedüngten Teichen deckte in der ersten Hälfte der Vegetationsperiode nicht den Bedarf an diesem Elemente. Die in diesem Zeitabschnitt oft festgestellte Übersättigung des Wassers mit Sauerstoff und eine Erhöhung des pH-Wertes kann der Einwirkung der Unterwasserflora zugeschrieben werden. Bei Anwendung von 50 kg/ha N und 35 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> im Teich Wyszni IV erzielte man nach Umrechnung auf Glukose eine doppelt so hohe Primärproduktion als in dem ungedüngten Teiche. Dieselbe erreichte im Jahre 1961, bei Anwendung noch grösserer Mengen von Stickstoffdünger per ha, den dreifachen

Wert des ungedüngten Teiches (Tab. XIII). Aus 1 kg N + P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> erzielte man eine Vermehrung der organischen Materie, umgerechnet auf Glukose, in den Grenzen von 17—38 kg.

Der Chlorophyllgehalt im Plankton schwankte in weiten Grenzen von 8 bis 590 Gamma pro 1 Liter Wasser, wobei eine positive Korrelation zwischen Chlorophyllgehalt und Sauerstoffproduktion feststellbar war (Abb. 12, 23, 24). Zwischen dem Chlorophyllgehalt und der Trübung des Wassers bestand auch positive Korrelation; diese Abhängigkeit erhielt sich in den gedüngten Teichen blos in der ersten Hälfte der Vegetationsperiode, in der zweiten Hälfte dagegen war die Wassertrübung eher durch mineralische Schwebestoffe verursacht worden. Bei Berechnung der Assimilationszahl (Verhältnis der aus O<sub>2</sub> errechneten Einheiten von CO zu den Chlorophyll-Einheiten) wurde der 24 Stunden-Tag berücksichtigt nicht die einzelne Stunde, wie dies gewöhnlich in der Physiologie der Pflanzen angewendet wird. Die auf diese Weise berechneten Assimilationszahlen schwankten zwischen 13—118. Die zu gleicher Zeit vorgenommene Messung der Intensität der Photosynthese vermittelst der hellen und dunklen Flaschen sowie die Feststellung des Sauerstoffgehaltes in der ganzen Wassermasse und zwar während des Sauerstoff-Minimum und -Maximum, gestattet es die Sauerstoff-Produzenten im Wasser zu unterscheiden (höhere Pflanzen oder Phytoplankton).

Bei Anwendung von schwefelsaurem Ammonium (50 kg/ha N) und Superphosphat (35 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) war der Fischzuwachs in den Jahren 1958—1960 um ca 50% höher als in denselben Teichen aus früheren Jahren bei blosser Phosphor-Düngung (Abb. 13). Bei Erhöhung der Stickstoffgabe (70—85 kg/ha) schwankte der Fischzuwachs zwischen 357—513 kg/ha (Tab. XIV). In dieser Zusammenstellung wurde der Teich Wyszni III nicht berücksichtigt, da in diesem in der zweiten Augsthälfte grosse Fischabgänge, verursacht durch Kiemenfäule, auftraten; der Teich wurde Ende August abgefischt.

Es besteht eine positive Korrelation zwischen der Primärproduktion des Phytoplanktons und dem Fischzuwachs. Das Verhältnis der ersteren (ausgedrückt in kg/ha Glukose) zu dem Naturalzuwachs der Karpfen schwankte in den Grenzen von 9,2—15,5. Bei kleinem oder gemischtem Besatz (K<sub>1</sub> + K<sub>2</sub>) wurden höhere Werte für dieses Verhältnis erzielt. Daraus folgt, dass die Primärproduktion als Kriterium für die Bonitierung von Teichen angewendet werden kann. Auf Grund dieser zweijährigen Untersuchungen der Primärproduktion des Phytoplanktons in Fischteichen könnte man folgenede Klassifizierung derselben vorschlagen: ärmliche Teiche, bei denen die Tages-Primärproduktion unter 1 mg O<sub>2</sub>/l beträgt, mittel gute Teiche mit 1—3 mg O<sub>2</sub>/l fruchtbare Teiche mit über 3 mg O<sub>2</sub>/l-Produktion in 24 Stunden; diese Werte müssten aus einer Anzahl von einzelnen Proben während der Saison als Mittelwerte resultieren.

Der Einfluss der verschiedenen Stickstoffdüngemittel auf die Primärproduktion des Phytoplanktons war, zeitlich sowie in der Auswirkung unterschiedlich. Das 25% Amoniakwasser hatte eine schnellere Wirkung als die übrigen N-Düngemittel und die Primärproduktion war dabei am höchsten. Am langsamsten wirkte der Harnstoff, wobei in der ersten Hälfte der Saison starke Entwicklung des Zooplanktons beobachtet wurde; in der zweiten Saisonhälfte dagegen entwickelte sich stärker das Phytoplankton. Bei Anwendung des schwefelsauren Ammoniiums war die Primärproduktion mehr ausgeglichen, ohne grosse Sauerstoffgehalt-Schwankungen zu verursachen, wie solche bei der Düngung mit Ammoniakwasser auftraten.

Aus den mehrjährigen Untersuchungen des Chemismus im Teichwasser geht hervor, dass die Änderungen desselben in den einzelnen Teichen einen ähnlichen Verlauf hatten. Aus diesem Grunde kann die Anzahl der vorzunehmenden chemischen Analysen auf das Notwendigste verringert werden, wie z. B. in Tab. XI.

Die wichtigste Aufgabe besteht in der Feststellung der gegenseitigen Einwirkung von organischer Welt und der abiotischen Zustände, die sich vor allem in der Photosynthese ausdrücken.

#### LITERATURA

- Baslavskaja S. S., Rusina O. N., 1950. Fotosintez fitoplanktona v vodoemach stepnyh rajonov. Doklady Akad. Nauk SSSR, 71, 1121—1123.
- Baslavskaja S. S., Koblenc-Miške O. N., Udalova L. N., Čistjakova E. A., 1952. Dejstvie udobrenij na fotosintetičeskiju dejatel'nost' fitoplanktona v vodoeme. Doklady Akad. Nauk SSSR, 82, 777—780.
- Braginskij L. P., Frolova I. A., 1959. Ekologičeskaja rol' azota v nalivnyh prudach severnoj lesostepi USSR. Trudy VI sovešč. po problemam biologii vnutrennyh vod. Moskva-Leningrad. Izd. Akad. Nauk SSSR.
- Christ W., Kaeding J. 1954. Zur Titrimetrischen Härtebestimmung mit dem Dinatriumsalz der Äthylendiamintetraessigsäure Wasserwirtsch. — Wasser-techn. 4, 171.
- Czeczuga B., 1959. Dynamika fitoplanktonu stawów Dojlidzkich. Acta Hydrobiol., 3—4, 173—185.
- Gak D. Z., 1959. Soderžanie mobilizujuščich fosfaty bakterij v nekotorych vodoemach Latv. SSR. Trudy VI sovešč. po problemam biologii vnutrennyh vod. Moskva-Leningrad. Izd. Akad. Nauk SSSR, 29—33.
- Gessner F., 1939. Die Phosphorarmut der Gewässer und ihre Beziehung zum Kalkgehalt. Intern. ges. Hydrobiol. Hydrogr., 38, 203—211.
- Gessner F., 1959. Hydrobotanik. II. Berlin VEB Deutscher Verl. Wiss.
- Gibor A., Meehan W. R., 1961. Diurnal variations in chlorophyll a content of some fresh-water algae. Ecology, 42, 156—157.
- Górski M., 1960. Chemia rolnicza. Warszawa. Państw. Wyd. Roln. i Leśne.
- Haase L. W., 1954. Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung. Weinheim. Verlag Chemie. GMBH.
- Hsia I-tseung, Yu Mien-kuan, Ley Shang-hao, Chen Yun-hsa, 1959. The effects of nitrogen and phosphorous compounds on the growth of *Scenedesmus obliquus*. (Streszczenie angielskie). Acta Hydrobiol. Sinica, 4, 473—481.
- Just J., Hermanowicz W., 1955. Fizyczne i chemiczne metody badania wody do picia i potrzeb gospodarczych. Warszawa. Państw. Zakł. Wyd. Lek.
- Kaufmann J., 1958. Chemische und biologische Untersuchungen an den Abwasserfischteichen von München. Zeitschr. angew. Zool. 45, 433—481.
- Konenko A. D., 1955. Materialy po sravnitelnoj gidrochimičeskoj charakteristike prudov lesostepnoj i stepnoj zon USSR. Vopr. prudov. rybovodn. choz., Kiev, 33—47.
- Müller W., 1957. Aquarienuntersuchungen über die Wirkung von Kalkdüngemitteln. Zeitschr. Fischerei Hilfswiss., 6, 323—330.
- Müller W., 1960. Untersuchungen über die Nachwirkung einer im Vorjahr gegebenen Phosphatdüngung in Teichen. Zeitschr. Fischerei Hilfswiss., 9, 321—331.
- Nygaard G., 1938. Hydrobiologische Studien über dänische Teiche und Seen. Arch. Hydrobiol., 32, 523—692.
- Popescu E., Rosca G., Bircă I., 1961. Experimentări biologice pentru stabilirea necesarului de îngrășămintă minerale în bezinale piscicole. Bul. Inst. de Cercetări și Proiectări Piscicole, 20, 5—16.

- Rodhe W., 1958. Primärproduktion und Seetypen. Verh. Intern. Ver. Limnol., 13, 121—141.
- Ruttner F., 1955. Grundriss der Limnologie. Berlin. Walter de Gruyter.
- Sarig S., Lahav M., Vardina G., 1960. New substances for control of *Prymnesium*. A. Liquid Ammonia. Bamidgeh, 12, 84—92.
- Schäperclaus W., 1957. Ursache und Auswirkungen der Frühjahr-pH-Werterhöhungen in Karpenteichen. Zeitschr. Fischerei. Hilfswiss., 5, 161—174.
- Schäperclaus W., 1961. Lehrbuch der Teichwirtschaft. Berlin-Hamburg. Verl. Paul Parey.
- Serenkov G. P., Pachomova M. V., 1960. Izučenie azotistych soedinenij vodoroslej. Vestn. Mosk. Univ., 6, 15—25.
- Šestak Z., 1958. Kvantitativni stanoveni chlorofylu v rasach i sinicich. Preslia, 30, 138—145.
- Sovremennye metody chimičeskogo analiza prirodnoj vody. 1955. Moskva. Izd. Akad. Nauk SSSR.
- Špet G. I., Feldman M. B., 1959. Kislorodnyj balans karpovyh prudov v svjazii s intensifikacij karpovogo chozjajstva. Trudy VI. sovešč. po problemam biologii vnutrennyh vod. Moskva-Leningrad. 48—57, Izd. Akad. Nauk, SSSR.
- Stangenberg K., 1961. Studia nad chemizmem wód stawów karpiovych w Miłiczu. Pol. Arch. Hydrobiol., 9, 37—157.
- Stangenberg M., 1938. Warunki produkcji w stawach. I. Skład chemiczny wody stawów. Inst. Bad. Lasów Państw., 34, A.
- Starmach K., 1958. Wydajność stawów nawożonych superfosfatem w Gospodarstwie Doświadczalnym PAN w Ochabach w latach 1952—1956, Biul. Zakł. Biol. Stawów PAN, 6, 81—95.
- Vinberg G. G., 1934. Opyt izučenija fotosinteza i dychania v vodnoj masse ozera. K voprosu o balanse organičeskogo veščestva. Trudy Limnol. St. v Kosine, 18, 5—24.
- Vinberg G. G., 1937. Nabludenija nad intensivnostju dychania i fotosinteza planktona rybovodnyh prudov. K voprosu o balanse organičeskogo veščestva. Soobšč. III. Trudy Limnol. St. v Kosine, 21, 61—74.
- Vinberg G. G., 1952. Biologičeskije osnovy mineralnogo udobrenia rybovodnyh prudov. Usp. Sovr. Biol., 34, 52—81.
- Vinberg G. G., 1956. Pervičnaja produkcija planktona. Žurnal Obšč. Biol. 17, 5, 364—376
- Vinberg G. G., 1958. Obščie zadači i nekotorye metody gidrobiologičeskich issledovanij na rybochozjajstvennyh prudach. Trudy Biol. St. na oz. Naroč, 1, 3—22.
- Vinberg G. G., 1960. Pervičnaja produkcija vodoemov. Minsk. Izd. Akad. Nauk BSSR.
- Vinberg G. G., Ivanova A. J., 1935. Opyt izučenija fotosinteza i dychania vodnoj massy ozera. K voprosu o balanse organičeskogo veščestva. Soobšč. II. Trudy Limnol. St. v Kosine, 20, 5—33.
- Vinberg G. G., Kiščenko L. V., 1958. Pervičnaja produkcija planktona opytnyh prudov. Trudy Biol. St. na oz. Naroč, 1, 113—126.
- Vinberg G. G., Lešina A. V., Vasileva V., 1958. Materialy po prvičnoj produkciji planktona rybovodnyh prudov „Volma”. Trudy Biol. St. na oz. Naroč, 1, 23—36.
- Waters T. F., 1957. The effects of lime application to acid bog lakes in Northern Michigan. Trans. Am. Fish. Soc., 86, 329—344.
- Weimann R., 1935. Chemisch-biologische Untersuchungen an einem Teiche. Arch. Hydrob., 28, 619—658.

- Wróbel S., 1958. Próby wyjaśnienia zmian chemicznych zachodzących w dnie stawów pod wpływem corocznego zimowego osuszania. Biul. Zakł. Biol. Stawów PAN, 6, 97—108.
- Wróbel S., 1959. Wpływ nawożenia azotowo-fosforowego na skład chemiczny wody stawów. Acta Hydrobiol., 1, 55—86.
- Wróbel S., 1960a. Współzależność między dnem i wodą w stawach. Acta Hydrobiol., 2, 69—124.
- Wróbel S., 1960b. Doświadczenia nad nawożeniem stawów. Gospod. Rybna, 3, 29—30.
- Wunder W., 1956. Düngung in der Teichwirtschaft. Essen. Tellus-Verlag.
- Zadin V. I., 1958. Nekotorye itogi udobrenija prudov Latvijskoj SSR. Trudy Inst. Biol. Akad. Nauk Latv. SSR, 7, 7—17.
- Žadin V. I., 1959. Voprosy biologičeskoj produktyvnosti vodoemov pri udobrenii prudov. Trudy VI sovešč. po problemam biologii vnutrennych vod. Moskva-Leningrad. Izd. Akad. Nauk SSSR. 5—16.

Adres autora — Anschrift des Verfassers

dr Stanisław Wróbel

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