

STANISŁAW WRÓBEL

Próby określenia zapotrzebowania składników pokarmowych w stawach — Versuche zur Bestimmung des Nährstoffbedarfes in Fischteichen

Mémoire présenté le 4 mars 1963 dans la séance de la Commission Biologique de l'Académie Polonaise des Sciences, Cracovie

Zuntz und Knauth (1901) haben die biologische Methode zur Bestimmung des Nährstoffbedarfes in Fischteichen eingeführt; dies sollte zur Bonitierung von Teichen dienen. Zu diesem Zweck wurden zu dem in Gläser eingefüllten Teichwasser verschiedene mineralische und organische Verbindungen zugesetzt und die Entwicklung des Phytoplanktons sowie des Zooplanktons, welches 3 Tage nach Versuchsbeginn in die Flaschen eingeführt wurde, untersucht. Diese biologische Methode wurde in den letzten Jahren in der Sowjetunion (Kuznecov 1945, Baslavskaja und Mitarb. 1952, Vinberg 1954, 1956) und in DDR (Merla 1957) angewandt. Nach den Angaben von Vinberg sollte die Wirkung der dem Teichwasser zugesetzten Nährstoffelemente auf Grund der Intensität der Photosynthese des Phytoplanktons beurteilt werden. Dazu wurde Teichwasser in Halbliter-Flaschen eingefüllt und verschiedene Nährstoffverbindungen beigegeben. Nach einer, füngewöhnlich, 3-tägigen Exposition der im Teiche untergetauchten Flaschen wurden aus jeder derselben Wasserproben zur Sauerstoffbestimmung entnommen und mit dem Rest des Wassers zwei kleinere Flaschen gefüllt, von denen eine verdunkelt wurde. Diese Flaschen wurden weitere 24 Stunden exponiert und auf diese Weise die Intensität der Photosynthese des Phytoplanktons und der Sauerstoffverbrauch bestimmt. Die Grösse der nach dieser Flaschenmethode festgestellten Primärproduktion des Phytoplanktons war ein Hinweis für die Auswirkung der einzelnen Nährstoffelemente oder ihrer Kombinationen. Ausser dieser Erfassung der Primärproduktion beurteilte Vinberg (1956) gleichfalls die Entwicklung des Phytoplanktons auf Grund des in demselben enthaltenen Chlorophyll.

In der Versuchsteichwirtschaft Golysz des Institutes für Biologie der Gewässer der Polnischen Akademie der Wissenschaften wurden im Jahre 1961 Untersuchungen über den Einfluss verschiedener chemischer

Verbindungen von Stickstoff und Phosphor auf die Entwicklung des Phytoplanktons im Teichwasser vorgenommen. Diese chemischen Verbindungen entsprachen den im Jahre 1961 in den Fischteichen verwendeten Kunstdünger-Sorten. Während der Vegetationsperiode wurden 4 Untersuchungen durchgeführt und jedesmal in je 2 Proben die Auswirkung festgestellt.

Im ersten Termin (26. IV.-4.V.) wurde die Entwicklung im Teich Wyzni IV vor der normalen Düngung des Teichwassers untersucht. Die Literflaschen wurden mit Teichwasser gefüllt und Stickstoffverbindungen ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, NH_4OH) und Phosphorverbindungen ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$) in einer Menge von 1 mg/l N und 1mg/l PO_4 zugegeben. Nach Vermischung des Inhaltes wurden die Flaschen unter die Wasseroberfläche des Teiches gebracht. Nach 8-tägiger Exposition waren die Flaschenwände, besonders bei der Kombination 4 und 5 (Abb. 1), mit Algen bewachsen. Aus diesem Grunde wurde die Methode von Vinberg nicht angewandt sondern nur die Sauerstoffbestimmung in diesen Flaschen durchgeführt. Die Ergebnisse sind in der Abb. 1 angeführt. Die unterschiede im Sauerstoffgehalt in den

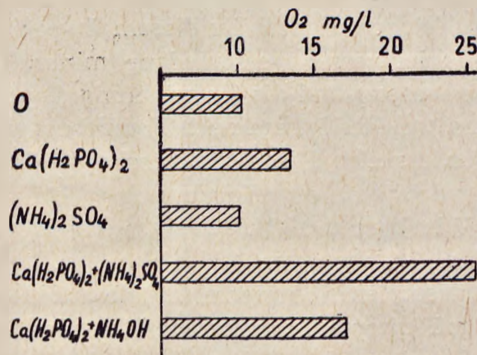


Abb. 1. Sauerstoffgehalt im Wasser in achtem Tage nach der Zugabe N und P (26. IV.-4. V. 1961)

Wiederholungen betragen nicht mehr als 3% — ausgenommen die Kombination mit Ammoniakwasser. Bei Anfüllung der Flaschen betrug der Sauerstoffgehalt 9 mg/l.

Am vorteilhaftesten erwies sich die Zugabe von phosphorsaurem Kalk und schwefelsaurem Ammonium. Die Wirkung der gesondert verwendeten Nährstoffelemente war gering, ja sogar für blossen Stickstoff gleich Null.

Im zweiten Termin (25-29. V.) wurden die Untersuchungen im Teich Księży im Komplex „Pod Borem“ durchgeführt. Als Stickstoffverbindungen wurde Ammoniakwasser schwefelsaures Ammonium und Harnstoff verwendet. Die Versuchsanlage wurde ähnlich der im ersten Fall angewandt. Nach 4-tägiger Exposition wurden der Chlorophyllgehalt des in den

Flaschen entwickelten Plankton sowie der Sauerstoffgehalt bestimmt. Nach Abfiltrierung des Wassers wurde die Algenmasse in fein gepulvertem Glas zerrieben und das Chlorophyll im Azetonextrakt bestimmt.

Das Ergebnis ist ähnlich dem im ersten Termin festgestellten. Bei gesondert angewandten Phosphor- und Stickstoffverbindungen war der Chlorophyllgehalt im Plankton 3-6 mal geringer als bei gemeinsamer Verabfolgung dieser Nährstoffe (Abb. 2). Eine Wirkung des Stickstoffes

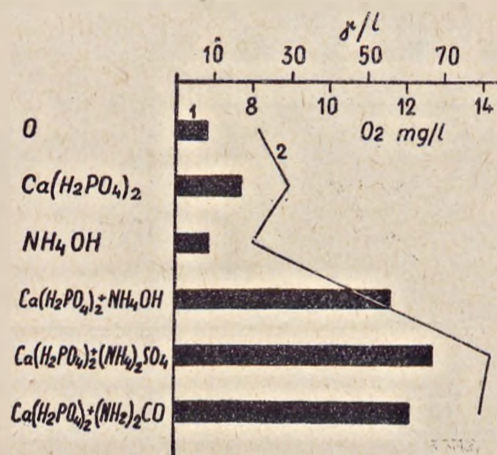


Abb. 2. Chlorophyll (1)- und Sauerstoff-Gehalt (2) in viertem Tage nach der Zugabe N und P (25-29. V 1961).

wurde bei blosser Anwendung von Ammoniakwasser nicht festgestellt. Die in dieser Versuchsreihe zu geringe Anzahl der Wiederholungen gestattet es nicht den Einfluss der verschiedenen, zum Phosphor gleichzeitig zugegebenen, Stickstoffverbindungen festzustellen.

Die dritte Untersuchungsserie wurde zwischen dem 3-7. VII in demselben Teich, wie im zweiten Fall, ausgeführt. Als Phosphorverbindung wurde Monoammonphosphat in Gaben von 1 mg/l PO_4 verwendet. Nach 4-tägiger Exposition wurde in den Proben der Chlorophyllgehalt, ähnlich wie in der zweiten Serie, bestimmt. Auch hier war die gleichzeitige Anwendung von Stickstoff- und Phosphorverbindungen am vorteilhaftesten (Abb. 3). Die Wirkung von blossem Monoammonphosphat war ungefähr dreimal schwächer als bei Zugabe verschiedener Stickstoffverbindungen.

Die letzte, im Teich Wyzni VI durchgeführte, Versuchsserie erhielt Ammoniumsulfat und Monoammonphosphat in Mengen von 2,5 mg/l N und 2,5 mg/l P_2O_4 . Die Wirkung dieser Nährstoffe wurde auf Grund der Primärproduktion des Phytoplanktons festgestellt. Zuzufolge des Algenanwachses an den Flaschenwänden wurde nicht die Methode von Vinberg (1954) sondern eine gewisse Modifikation derselben ange-

wandt. Diese beruht darauf, dass nicht grosse Flaschen sonder solche von 150 mg verwendet werden, aus denen erst nach 2-3 Tagen noch kleinere Flaschen angefüllt wurden. Der Vorgang war folgender -massen: Zu einer abgemessenen Teichwassermenge wurden die Nährstoffe beigege-

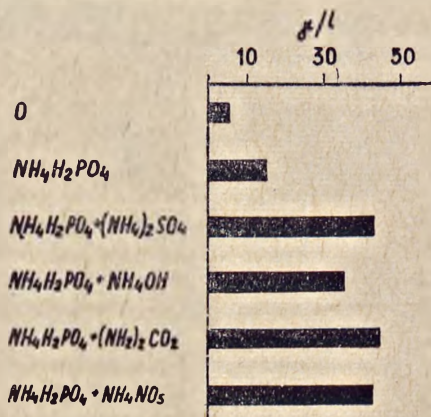


Abb. 3. Der Einfluss des Monoammonphosphats und der verschiedenen Stickstoffverbindungen auf den Chlorophyllgehalt im Wasser (3-7. VII 1961).

ben (die Kontrollflaschen erhielten keine Zugabe); nach gründlicher Mischung wurden die 150 ml Flaschen mit dieser Lösung aufgefüllt und unter die Wasseroberfläche des Teiches gebracht. Zu jeder Kombination von O, N, P, N+ P, wurden 6 Flaschen bestimmt. Nach 2-tägiger Exposition wurden von jeder Kombination zwei Flaschen zur Sauerstoffbestimmung verwendet, zwei weitere wurden verdunkelt und die letzten zwei blieben hell. Nach 24 Stunden wurde der Sauerstoffgehalt in den verdunkelten und freien Flaschen bestimmt.

Die Abweichungen in den Resultaten der beiden Wiederholungen dieser Versuchsreihe übertrafen nicht 1%. Die Ergebnisse sind in der Abb. 4 wiedergegeben. In dieser Versuchsserie war die Auswirkung von

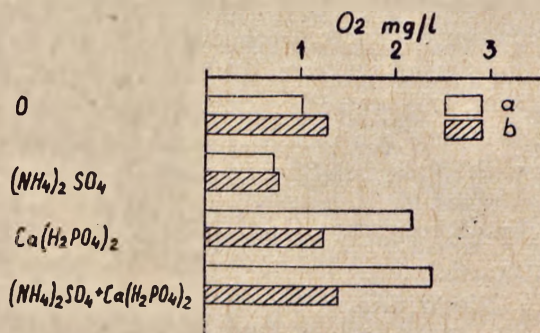


Abb. 4. Sauerstoffproduktion (a) und Sauerstoffverbrauch (b) bei der Zugabe N und P (20-22. IX 1961).

blossen Phosphor abweichend von den vorhergehenden Serien. Phosphor allein hatte auf die Entwicklung des Phytoplanktons fast die gleiche Wirkung, wie bei der Kombination P+ N. Ammoniumsulfat wirkte negativ. die Assimilation und die Dissimilation waren schwächer, als in der Kontrollkombination. In den beiden ersten Kombinationen (O, N) reichte die Sauerstoffproduktion in der Photosynthese nicht aus, um den O₂-Verbrauch zu decken. Das Verhältnis der Produktion von Sauerstoff zu seinem Verbrauch gestaltete sich folgendermassen: ohne Stickstoff und Phosphor 0,80, bei Zufügung von blossen Stickstoff 0,96, bei Phosphor allein 1,74, und bei Verwendung von N+ P 1,70. Die angeführten Werte des Verhältnisses der Photosynthese zur Dissimilation weisen auf eine intensive Photosynthese nur bei den beiden letzten Kombinationen hin.

Zusammenfassung

Die in den Teichen von Gołysz durchgeführten Versuche weisen auf einen grossen Stickstoff- und Phosphorbedarf hin. Die beste Wirkung lieferte die gleichzeitige Verwendung von Stickstoff und Phosphor. Die Wirkung von blossen Stickstoff oder aber mit Zugabe von Phosphor war fast unabhängig von der verwendeten Stickstoffverbindung. Bei Anwendung von Ammoniakwasser war jedoch die Auswirkung etwas schwächer, was aber nicht mit den Ergebnissen bei Teichdüngung im Grossen übereinstimmt. Bei dieser wurde nämlich festgestellt, dass Ammoniakwasser auf die Primärproduktion des Phytoplanktons in Teichen eine grössere Wirkung ausübt, als Ammoniumsulfat oder Harnstoff (Wróbel 1962). Es hat den Anschein, als ob der Einfluss des Teichgrundes, durch Wirkung von CO₂ und Ca, vorteilhafter auf die Ausnützung des Stickstoffes in dieser Form wirkt, als bei Verwendung von Ammoniumsulfat; oder aber kommt diese letztere Stickstoffverbindung in natürlichen Verhältnissen schwächer zur Auswirkung infolge Versäuerung des Teichgrundes. Daraus folgt, dass die Feststellung des Nährstoffbedarfes bei Nichtbeachtung des Teichgrundes nur orientierenden Wert besitzt. Deshalb sollten bei Ausarbeitung von biologischen Methoden nicht nur das Wasser sondern auch der Teichboden berücksichtigt werden.

Wenn auch die in dieser Arbeit angegebene Wirkung der verwendeten Stickstoff- und Phosphorverbindungen nur orientierenden Charakter besitzt, so befinden sich diese Versuche dennoch im Einklang mit den Erfolgen in der praktischen Fischzucht, da der in Gołysz erzielte Fischzuwachs auf Naturnahrung bis zu 500 kg pro ha steigt bei gleichzeitiger Verwendung von Stickstoff- und Phosphordüngung.

Als Hinweis für die Wirkung der verschiedenen Nährstoffe oder ihrer Kombinationen kann die Intensität der Photosynthese, ausgedrückt in mg/l O₂, in dem Wasser der exponierten Flaschen angenommen werden.

Noch genauer ist die Feststellung der Photosynthese und der Destruktion nach der modifizierten Methode von Vinberg, wie sie in der vierten Versuchsserie angewandt wurde.

Die Chlorophyllmethode zur Bestimmung der Reaktion des Phytoplanktons auf die verwendeten Nährstoffe erwies sich als sehr geeignet, umso mehr als man aus dem Gehalt an Chlorophyll ungefähr die Trockenmasse des Phytoplanktons errechnen kann. Wenn man den Chlorophyllgehalt im Phytoplankton auf ungefähr 2,5% (Vinberg 1961) der Trockenmasse annimmt, erzielte man in der zweiten Versuchsserie bei der Kombination N + P 2,72 mg/l der Trockenmasse des Phytoplanktons, dagegen bei dem Kontrollversuch nur 0,32 mg/l. Die Chlorophyllmethode besitzt besonders vorteilhafte Anwendbarkeit für die Bestimmung des Nährstoffbedarfes bei Berücksichtigung von Wasser und Teichgrund.

STRESZCZENIE

W roku 1961 w Gospodarstwie Doświadczalnym Zakładu Biologii Wód PAN w Gołyszach wykonano badania nad działaniem azotu i fosforu na rozwój fitoplanktonu w wodzie stawów. Jako źródło azotu zastosowano siarczan amonowy, wodę amoniakalną i mocznik, jako źródło fosforu służyły fosforan jednowapniowy i fosforan jednoamonowy. Użyte do doświadczeń związki azotu i fosforu odpowiadały nawozom stosowanym na stawach w roku 1961. Badania wykonano w trzech terminach: w maju, w lipcu i we wrześniu. Po kilku dniach ekspozycji flaszek z wodą stawową i dodanymi związkami pokarmowymi oznaczono zawartość tlenu bądź zawartość chlorofilu, a w ostatnim terminie produkcję pierwotną (metodą flaszek jasnych i zaciemnionych).

Uzyskane wyniki wskazują na duże zapotrzebowanie azotu i fosforu. Działanie azotu i fosforu było najkorzystniejsze przy dodaniu ich razem (ryc. 1, 2, 3), jedynie we wrześniu działanie samego fosforu odpowiadało wielkości produkcji pierwotnej uzyskanej przy dodaniu N + P (ryc. 4). Otrzymane rezultaty pokrywają się z wynikami produkcyjnymi osiąganymi w gospodarstwie Gołysz (Wróbel 1962).

Przy oznaczeniu produkcji pierwotnej, jako wskaźnika działania składników pokarmowych, wprowadzono pewną modyfikację metody, podanej przez Vinberga, polegającą na bezpośrednim ekspozowaniu flaszek z wodą stawową, do których dodano składniki pokarmowe.

LITERATUR

- Baslavskaja S. S., Koblenc-Miške O. N., Udalova L. A., Čistjakova E. A., 1952. Dejstvie udobrenija na fotosintetičeskiju dejatelnost' fitoplanktona v vodoeme. Doklady Akad. Nauk SSSR, 82, 5, 777-780.
- Knauth K., 1901. Die Karpfenzucht. Neudamm.
- Kuznecov S. I., 1945. Biologičeskij metod ocenki bogastva vodoema biogenymi elementami. Mikrobiologija, 14, 4, 248-253.
- Merla G. 1957. Testversuche an Teichwässern mittels Grünalgen unter Berücksichtigung der Bodenqualität. Zeitschr. f. Fischerei, 6, 1-7, 415-425.
- Vinberg G. G., 1954. Issledovanija potrebnosti v mineralnych udobrenijach rybovodnych prudov BSSR. Učenyje Zapiski, ser. biol. 17, 207-221.

- Vinberg G. G., 1956. Nekotore itogi izučenija potrebnosti v udobrenijach prudov BSSR. Učenyje Zapiski, ser. Biol. 26, 185-199.
- Vinberg G. G., 1960. Pervičnaja produkcija vodoemov. Izd. Akad. Nauk BSSR, Minsk.
- Wróbel S., 1962. Wpływ nawożenia azotowo-fosforowego na skład chemiczny wody, produkcję pierwotną fitoplanktonu i przyrosty ryb w stawach. Acta Hydrobiol. 4, 2, 151—204.

Adres autora-Anschrift des Verfassers

dr Stanisław Wróbel

Zakład Biologii Wód, PAN, Kraków, ul. Sławkowska 17