

KAZIMIERZ PASTERNAK

GENEZA, EWOLUCJA I WARTOŚĆ UŻYTKOWA MINERALNYCH GLEB STAWOWYCH

Jakości gleb stawowych i związanej z tym ich użyteczności produkcyjnej nie można określać przez analogię z glebami uprawnymi. Gleby stawowe tworzą się bowiem w odmiennych warunkach ekologicznych niż gleby lądowe, a ich rola w cyklu produkcyjnym jest inna i szersza od tej, jaką spełniają gleby lądowe w wegetacji roślin. Znaczenie gleby stawów w ich produkcji dla klimatu Środkowej Europy zostało przedstawione przez Pasternaka (1959) i Wróbla (1966), a dla rejonów daleko-wschodniej Azji przez Matidę (1966).

Śródlądowe osady i gleby podwodne w ogólności, a szczególnie gleby stawowe, nie zostały dotychczas dokładnie opracowane i stan wiedzy o nich znacznie odbiega od znajomości gleb lądowych. Więcej badań poświęcono dotychczas osadom jeziorowym, wobec czego istnieją już różne klasyfikacje tych osadów, a w nowej systematyce gleb Niemiec Kubiena (1953) i Mückenhausen (1956) wydzielają grupę gleb podwodnych typologicznie odpowiadających jednak osadom jeziorowym. Wykształcenie, charakter oraz rola gleb stawowych w zbiorniku, okresowo osuszanych, różni się jednak znacznie od osadów jeziorowych stale zalanych i pozostających zwykle w strefie profundalnej pod wpływem innych warunków fizyko-chemicznych. Gleby stawowe, mimo że były już proponowane pewne projekty ich podziału (Stangenberg, 1943) oraz bonitacji (Strzemski, 1955), w polskiej aktualnej klasyfikacji gleb nie zostały dotychczas wydzielone. Przyczyna tego tkwi prawdopodobnie w tym, że wówczas nie dysponowano jeszcze wystarczającym do tego celu materiałem badawczym. W ostatnich latach w polskiej klasyfikacji gleb wydzielono w grupie gleb hydrogenicznych gleby użytków rolnych i leśnych, które wytworzyły się z różnych osadów jeziorowych (Uggla, 1964).

Brak szczegółowych danych o glebie stawu i jej klasyfikacji stwarza poważne trudności w wyjaśnianiu procesów przemiany materii w stawie i w porozumieniu się w tej sprawie pomiędzy poszczególnymi badaczami. Gleby stawowej nie można traktować jako czegoś jednorodnego i właściwości określonej gleby nie można w szczegółowych rozważaniach rozciągać, jak to często jest czynione, na wszystkie gatunki gleb stawowych. Gleba stawowa, w zależności od swej jakości, różnie może oddziaływać

na środowisko stawowe, a w wyniku tego różnie mogą się kształtować jej cechy morfologiczne i chemiczne. Badając te cechy, przy równoczesnym uwzględnieniu innych czynników glebotwórczych, jak charakter wody i roślinność, możemy w najbardziej pewny sposób wnioskować o korzystnej lub niekorzystnej fizyko-chemicznej wymianie pomiędzy wodą a dnem stawu. Przede wszystkim, jak wykazano to już wcześniej (Pasternak, 1959, 1963, 1965), zasobność gleby w łatwo rozpuszczalne składniki pokarmowe roślin jest najpewniejszym wskaźnikiem potrzeb nawozowych stawu. Znajduje to największe uzasadnienie w przypadku nawożenia fosforem, potasem, wapniem i magnezem. Wprowadzone z nawozami do wody stawu składniki są bowiem w glebie jego dna w dużej części akumulowane i gdy ilość ich w glebie dna, zwłaszcza jeśli chodzi o fosfor, osiągnie już znaczne wartości, nawożenie stawu tymi składnikami nie daje wymaganego efektu (Müller 1960, Pasternak 1963).

Według Goocha (1966) przyrost ryb w stawach koreluje nie z ilością stwierdzonych w wodzie soli mineralnych, lecz z zawartością azotu amonowego oraz ekstrahowanego fluorkiem amonu fosforu w glebie dna. Potrzebę ustalania sposobu nawożenia w zależności od rozeznania jakości gleby i wody widzi również Van der Lingen (1966). W świetle powyższego tradycyjne sposoby ustalania w nawożeniu wysokości dawek i stosunku azotu do fosforu dla wszystkich stawów danej kategorii, bez względu na jakość gleby ich dna, wiek oraz wcześniej stosowane nawożenie, są nie do przyjęcia. Między innymi chociażby dlatego, że zbyt intensywne pełne nawożenie już znacznie zeutrofizowanych stawów mających ograniczoną możliwość wymiany wody, małą głębokość i wysoko próchniczne dno (np. czarnoziemne, murszowe) może doprowadzić poprzez pogorszenie warunków tlenowych w wodzie w ciepłych okresach lata do dużych strat w rybostraniu. Skład chemiczny czystych wód zasilających stawy zależy w głównej mierze od jakości utworów skalnych i gleb występujących na obszarze ich zlewni.

Z badań autora wynika, że za glebę stawową należy uważać tę warstwę dna, która pozostaje w fizyko-chemicznej i biologicznej współzależności z przemianą materii w stawie oraz na terenie jego zlewni. Miąższość tej warstwy zależy głównie od gatunku skały macierzystej i waha się przeciętnie od kilkunastu centymetrów do 2 m. Na ogół najmniejszą miąższość mają mało przesiąkliwe ciężkie gleby gliniaste i ilaste a największą przepuszczalne gleby piaskowe. W tworzeniu się i ewolucji mineralnej gleby stawu z szeregu czynników glebotwórczych (roślinność, czynnik antropogeniczny, czas) główną rolę odgrywają jakość wody służącej do zalewu stawu oraz charakter skały macierzystej gleby.

Gleba stawowa zaczyna się tworzyć już od chwili pierwszego zalania stawu, kiedy traci swe fizyczne i biologiczne właściwości gleby lądowej,

a na jej powierzchni zaczyna się tworzyć warstwa osadów, którą określa się jako warstwę akumulacyjną (A_1G). Warstwa ta powstaje z organicznych i mineralnych osadów wymieszanych z pierwotnym materiałem glebowym przez żerujące na dnie ryby i mięczaki. Przychód tych osadów do stawu zależy od wielu czynników, między innymi od budowy geologiczno-glebowej zlewni, jakości i stopnia rozwoju roślinności w stawie, a także od jego głębokości. Duże nagromadzenie różnych osadów, przy braku ingerencji człowieka poprzez pielęgnację stawu, prowadzić może w końcowym efekcie do wypłykania się stawu a nawet do jego zaniku.

To początkowe stadium tworzenia się gleby przebiega w ogólności podobnie we wszystkich stawach. Z czasem jednak, zależnie od jakości głównych czynników glebotwórczych, w dalszej ewolucji gleby stawu dominować może różny proces glebotwórczy, w wyniku którego kształtować się mogą rozmaite typy gleby stawowej o różnych właściwościach chemicznych. W związku z tym różnie wyglądać może także wpływ danej gleby na przemianę materii w stawie i różna będzie jej przydatność produkcyjna. Powstałe procesy glebotwórcze obejmują w niektórych wypadkach także głębsze warstwy skały macierzystej gleby.

Zbadane przez autora morfologiczne i chemiczne cechy ważniejszych mineralnych gleb stawowych, będące przejawem procesów zachodzących w stawach wskazują, że w kształtowaniu tych gleb zasadniczą rolę odgrywają dwa współdziałające ze sobą glebotwórcze procesy, tj. akumulacyjny i glejowo-bielicowy. Stale zachodzący w stawach proces wymywania składników z gleby przez wodę stawu jest w efekcie swym zależny głównie od tych procesów. Przebieg wymienionych procesów w glebach stawów odznacza się o wiele większym dynamizmem niż w glebach lądowych. Szczególnie duże nasilenie tych procesów i szybki cykl przeobrażeń gleby występuje w stawach piaszczystych. Proces torfotwórczy zachodzi tylko w wypłyconych i zaniedbanych stawach w nieodpowiednich warunkach hydrologicznych, przyczyniających się do sukcesji zespołu roślin torfotwórczych.

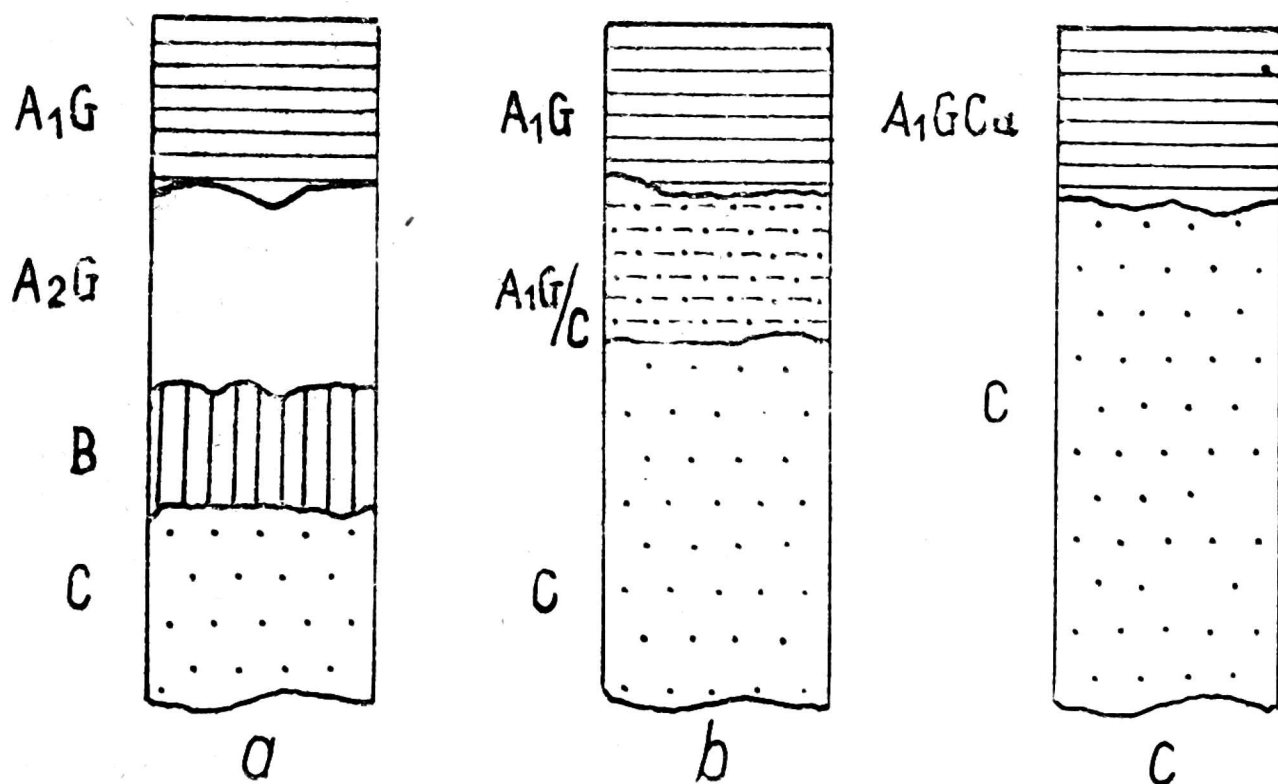
Istotą procesu akumulacyjnego jest ciągle gromadzenie się na powierzchni gleby związków organicznych i mineralnych, które wytworzyły się w stawie lub zostały przyniesione z zewnątrz. Na ogół w większości stawów przeważa gromadzenie się autochtonicznej materii organicznej. Większa akumulacja związków mineralnych, np. wapnia czy żelaza, może występować tylko w tych glebach stawów, które zalewane są wodą bogatą w te związki. Poza oddziaływaniem na chemiczne właściwości, proces ten w wypadku ciężkich gleb gliniastych przyczynia się, poprzez doprowadzenie mniej zwięzłych osadów, do częściowej poprawy zbyt dużej zwięzłości i małej przesiąkliwości w ich akumulacyjnych warstwach. Polepszenie tych właściwości w tej warstwie ma niemały dodatni

wpływ na dyfuzję składników mineralnych z gleby do wody oraz poprawę warunków życia zwierząt bentosowych.

Zawartość materii organicznej w powierzchniowych warstwach gleb stawowych jest dość różna. Zależy ona w zasadzie od ilości i jakości żywej substancji organicznej wyprodukowanej w stawie oraz od właściwości środowiska, w jakim przebiega jej rozkład. Z wyjątkiem niektórych stawów piaszczystych, jej synteza przeważa zwykle nad jej rozkładem. Typ materii organicznej zależy w dużym stopniu od rodzaju roślinności, z której się tworzy (plankton i roślinność zanurzona — typ mull, szuwały — moder). W większości stawów o kwaśnych glebach pyłowych i gliniastych glebowa substancja organiczna wykazuje duży stopień rozkładu (stosunek C:N waha się około 10) i znaczną ruchliwość w profilu. W większości gleb piaszkowych zawartość tej substancji jest stosunkowo mała (<4%). Decydują o tym lepsze w tych glebach warunki jej mineralizacji. Pozostała w glebach piaszkowych substancja organiczna, bardziej odporna na rozkład, odznacza się, z wyjątkiem gleb alkalicznych, szerszym stosunkiem C:N (10—19). Stosunek ten, w przeciwieństwie do innych gleb, z głębokością profilu jeszcze się powiększa. Próchnica w stawach piaszczystych jest bardzo nierównomiernie rozmieszczona na obszarze dna, ze względu na bardzo słabe związanie z mineralną częścią gleby.

Proces glejowy jest procesem biochemicznym, zachodzącym w pyłowych i gliniastych glebach stawów głównie w nasyconej wodą warstwie powierzchniowej, a w piaszkowych w największym nasileniu w dolnej strefie profilu, zarówno pod wodą jak i w okresie złego osuszania stawów, przy ograniczonym dostępie lub braku tlenu, w obecności nagromadzonych prostszych związków organicznych i wolnego CO₂. Powstałe na skutek tego procesu w górnych strefach profilu większe różnice w stężeniach roztworów glebowych i w potencjale oksydoredukcyjnym mogą powodować migrację rozpuszczonych w wodzie składników gleby w górę profilu i do wody stawów, a w przypadku gleb pyłowych i gliniastych — częściowo w głąb ich profilu. Nasilenie procesu i związane z tym skutki glebotwórcze zależą od środowiska, w jakim on zachodzi, a przede wszystkim od ruchu wody w profilu i stopnia zakwaszenia gleby.

W pyłowych glebach stawowych ubogich w składniki zasadowe, zalewanych wodą mało w nie zasobną, proces glejowo-bielicowy przybiera ostrą formę i jest w tworzeniu się tych gleb procesem dominującym (Pasternak, 1965). W miejscach działania tego procesu powstają jasne poziomy eluwialne (A₂G), a poniżej tej strefy poziomy iluwialne (B), do których przemieszczona, zgodnie z zstępującym ruchem wody w profilu, część związków utlenia się i wytrąca (rys. 1a). Proces glejowo-bielicowy, w zależności od intensywności wapnowania tych gleb, prowadzi w końcowym efekcie nie tylko do wymycia z górnych warstw gleby zasado-



Rys. 1 Schemat typowych profili gleb stawowych utworzonych z utworów pyłowych, glin ciężkich i łąw zalewanych wodami o małej (a i b) lub dużej (c) zawartości wapnia

wych kationów, żelaza, manganu i innych, lecz po zakwaszeniu środowiska do rozpadu minerałów ilastych grupy montmorylonitu i illitu oraz przemieszczenia z kolei produktów tego rozpadu. W sumie proces ten powoduje ogólne zubożenie górnych warstw takiej gleby w żelazo, mangan, magnez, potas, ogólny fosfor i glin, a wzbogacenie się jej w tak mało pożądane składniki jak krzemionka i kaolinit. Charakterystyczne jest, że wzrasta ilość fosforu łatwo rozpuszczalnego, co pozwala w takich stawach na zmniejszenie do minimum dawek nawozów fosforowych. Zjawisko to wiąże się ze spadkiem ilości głównych sorbentów fosforu, jakimi są w kwaśnym środowisku żelazo, glin i minerały ilaste grupy montmorylonitu.

Inaczej przebiega proces glejowo-bielicowy w glebach stawów zalewanych także wodą ubogą w wapń, lecz zbudowanych na ciężkich glebach gliniastych lub łąch (Pasternak, 1966). Inna jest również w związku z tym wymiana składników pomiędzy ciężką glebą dna a wodą oraz odmienne są cechy morfologiczne profili takiej gleby. Proces glejowy w takich glebach nie powoduje znaczniejszych przemieszczeń składników mineralnych z gleby do wody stawu i w głąb profilu dna, ani też większych zmian morfologicznych. Główną przyczyną tego są w tym wypadku

fizyczne właściwości tych gleb. Duża ich zwięzłość a mała przesiąkliwość ogranicza do minimum ruch wody w profilu, który jest podstawowym warunkiem migracji zredukowanych składników w glebie oraz wytworzenia się w niej poziomów wymycia i wmycia. Schemat profilu gleby stawowej wytworzonej na glinach ciężkich i iłach przedstawiono na rys. 1b. W skrajnych przypadkach, odnoszących się do starych stawów o nieodpowiednim odwodnieniu lub posiadających niecałkowity profil, proces glejowy prowadzić może do większych zmian morfologicznych profilu gleb, odpowiadających w typie glebom glejowo-bielicowym (rys. 1a). Jest to wynikiem wzrostu ruchu wody w profilu, spowodowanego wytworzeniem się w ich podpróchnicznych poziomach (A_1G/C) przyzmatycznej struktury. Taka struktura o luźnym układzie agregatów, a przez to dużej ilości niekapilarnych przestworów, powoduje łatwiejsze przenikanie wody i zarazem przemieszczanie z tego poziomu zredukowanych składników gleby. W rezultacie działania procesu glejowego w profilu takich gleb, wyraźnemu wymyciu z górnych warstw gleby ulega jedynie część wolnych związków żelaza i manganu z powierzchni cząstek gleby. Nie wymywane są natomiast inne związki mineralne. W ogólności można więc powiedzieć, że ogromna większość gleb tego gatunku zalewanych wodą ubogą w wapń kształtuje się pod przemożnym wpływem procesu akumulacyjnego.

Kwaśne gleby pyłowe zasilają więc w większą ilość składników mineralnych wodę stawu niż bogatsze od nich w te związki ciężkie, mało przesiąkliwe gleby gliniaste i ilaste. Do takiego samego wniosku dochodzi autor badając w doświadczeniach modelowych wpływ różnych gleb stawów na skład chemiczny wody (Pasternak, 1958). Ciężkie gleby gliniaste i ily nie tylko słabo oddają wodzie składniki mineralne, lecz z powodu swego bardzo dużego kompleksu sorpcyjnego (bogate w substancje ilaste) gleby te mogą niektóre składniki mineralne, jak np. fosfor, bardziej sorbować z wody stawu i unieruchamiać niż inne gleby. A zatem mogą nawet wpływać ujemnie na skład chemiczny wody. Najszybciej ulegają degradacji te kwaśne gleby pyłowe, które nie otrzymują wystarczającego uzupełnienia utraconych składników w postaci nawożenia.

Z uwagi na to, że następstwem degradacji żywności kwaśnych gleb pyłowych w stawach jest wyraźny spadek ich produkcji naturalnej, wymagają one systematycznego nawożenia przede wszystkim azotem i mikronawozami. Wydaje się, że najlepszym nawozem azotowym, poza wodą amoniakalną, byłby w tym przypadku węglan amonu. Zdaniem Wolnego (1966), zaletą tego nawozu jest to, że oprócz azotu wprowadza się z nim do wody stawu także potrzebny do życia roślin CO_2 . Stawy przesadkowe (I i II) posiadające zdegradowane i mało próchniczne kwaśne gleby pyłowe wymagają ponadto nawożenia organicznego.

Pewne zwiększenie wartości użytkowej stawów o kwaśnych ciężkich glebach gliniastych, przy normalnej dbałości o optymalne warunki tlenowe jak we wszystkich stawach, można osiągnąć przez sukcesywne wapnowanie lub inne zabiegi uruchamiające nadmiar zakumulowanych w tych glebach składników odżywczych, zwłaszcza fosforu. Między innymi zabiegami, bardzo wskazane jest dobre osuszanie po odłowach tych mało przepuszczalnych i zabagniających się gleb, a nawet stosowanie co jakiś dłuższy czas uprawy rolniczej, w celu przyspieszenia mineralizacji odłożonej i zagniwającej materii organicznej. Jak zaznacza Wróbel (1966), fakt szybkiego formowania się zbiorowisk planktonowych w stawach przesadkowych przemawia za tym, że nawet dłuższe osuszanie stawów nie narusza w nich biocenotycznych związków, jak przypuszczają niektórzy badacze. W nawożeniu stawów o mniej zasobnych ciężkich glebach, z uwagi na ich duże możliwości sorpcyjne, powinno się stosować, z wyjątkiem nawożenia wapniem, małe a częste dawki nawozów. Według Hephera (1966), szybkość znikania P i NH_4 z wody stawów zależy bowiem również od stężenia składników w roztworze. W początkach nawożenia stawy o takich glebach wymagają, dla uzyskania zamierzonego rezultatu, wyższych w sumie dawek P i N niż stawy o innych, lżejszych glebach.

W stawach o glebach pyłowych, glinach ciężkich i ilach, zalewanych wodą o dużej twardości ($\text{Ca} + \text{Mg}$), w rezultacie znacznej akumulacji wapnia, jaka w nich zachodzi (na skutek biologicznego wytrącania się go z wody) oraz związanej z tym dużej możliwości wiązania CO_2 wytworzonego podczas rozkładu materii organicznej, proces glejowy nie powoduje wyraźnych zmian chemicznych i morfologicznych w profilu tych gleb. W takim środowisku glebowym nie ma bowiem możliwości wymycia węglanów, obniżenia odczynu, wymycia metalicznych kationów z kompleksu sorpcyjnego, a tym bardziej rozłożenia koloidów ilastych. Poza tym nasycone wapniem związki humusowe są słabiej rozpuszczalne w wodzie i wykazują przez to mniejszą ruchliwość. Aktualne procesy redukcji powodują w takich glebach zasadniczo tylko zmianę zabarwienia objętej nimi masy gleby. W kształtowaniu się profilu i właściwości tych gleb dominująca rola przypada więc procesowi akumulacyjnemu, który powoduje stałą ich eutrofizację. Schemat takiego profilu gleby przedstawia rys. 1c. Jak wykazują stosunki molarne pomiędzy poszczególnymi składnikami mineralnymi, z wody wytrąca się głównie wapń. Magnez w całym profilu takich gleb występuje zwykle w ilościach zbliżonych. Największa akumulacja związków mineralnych występuje w stawach otrzymujących wodę bezpośrednio z donośnika. W glebach takich wyjątkowo duży odsetek fosforu znajduje się w formie łatwo przyswajalnej, a substancja organiczna ma węższy stosunek C:N (więcej azotu). Natomiast w małej ilości występuje w nich zwykle żelazo. Ponadto w takim

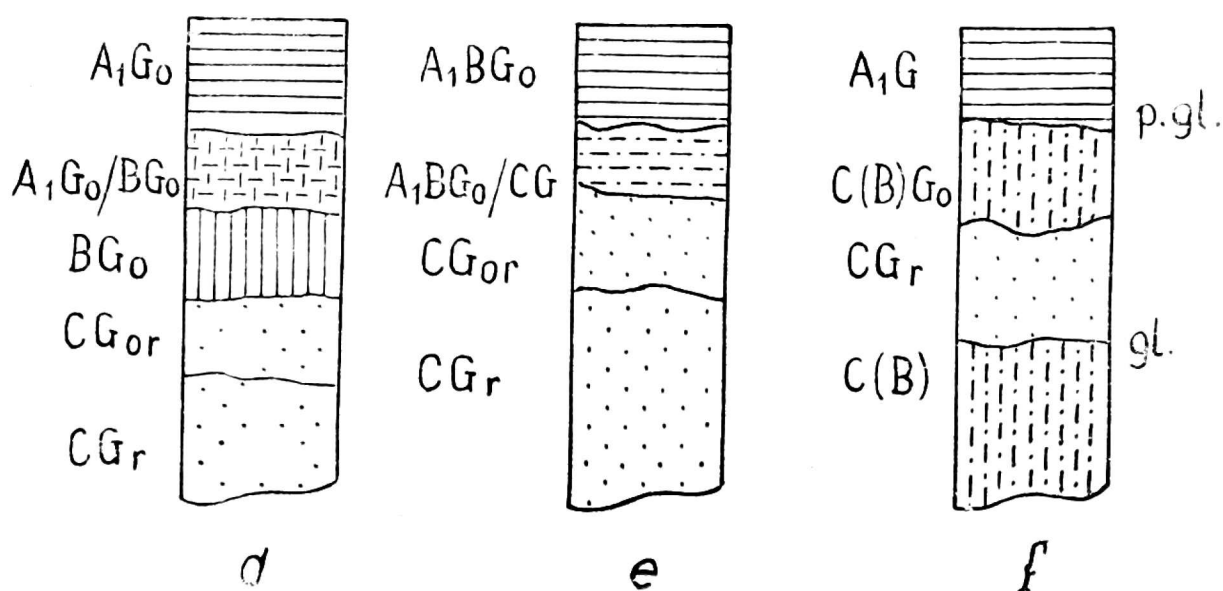
alkalicznym środowisku żelazo znajduje się w większości w formie mało fizjologicznie aktywnej.

Stawy o tym typie gleby i wody nie wymagają wapnowania (z wyjątkiem dawki w celach sanitarnych) i odznaczają się spośród wszystkich stawów Środkowej Europy najwyższą produkcją naturalną (Schäperclaus, 1961). Jeśli na obszarze ich zlewni nie występują piaski, stawy takie, jak można wnioskować z doświadczeń Schelske'go i innych (1962), mogą wykazywać zwyżkę produkcji po wprowadzeniu do nich żelaza przy okazji nawożenia. Do tego celu najlepiej nadają się helatowe związki żelaza. W płytkich zasobnych w wapń stawach powinno się również zawczasu zwalczać nadmiernie rozwijającą się w takim zasadowym środowisku roślinność zanurzoną z grupy ramienic i trawiastych rdestnic. Rośliny te bowiem, przy masowym występowaniu, na skutek zupełnego wyczerpania w ciągu dnia z wody wolnego CO_2 i wydzielania dużej ilości tlenu, mogą powodować, mimo dużego zbuforowania takich wód, znaczne dobowe wahania odczynu i zawartości tlenu w tych wodach, co jest szkodliwe dla ryb.

Odmiennie przebiegają też procesy glebotwórcze i ewolucja gleb wytworzonych na piaskach (Pasternak, 1967a). Piaskowe gleby, z uwagi na znaczną różnorodność skał macierzystych, z jakich się tworzą, oraz wód, jakimi są zalewane, odznaczają się znacznie większą jakościową zmiennością. W przeciwieństwie do uprzednio omówionych gleb, akumulacja osadów na powierzchni piaskowych gleb powoduje między innymi wzrost zawartości drobnych ziarn, zwiększając tym samym ich pojemność sorpcyjną. Utwory piaskowe, dzięki swej dużej przepuszczalności, nasycają się wodą podczas zalania stawów do znacznych głębokości, bo najczęściej aż do strefy zalegania wody gruntowo-glebowej. Z wyjątkiem górnej warstwy dna, która kontaktuje bezpośrednio z natlenioną wodą stawu, w całej masie piasku panują więc warunki anaerobowe. Na skutek wysokiego zwykle poziomu wody gruntowej w piaszczystych stawach, nie ulegają one radykalnej zmianie również w okresie osuszania stawów. Znaczne powierzchniowe przesuszenie, ogrzanie jesienią i wiosną a zamrażanie zimą, przyczynia się przy wysokim poziomie wody gruntowej do jej podsiąkania pod powierzchnię gleby. Zachodzące więc w takich glebach procesy redukcji, w połączeniu z wstępującym ruchem wody, prowadzą do większej lub mniejszej migracji zredukowanych związków z dolnych w górne warstwy profilu gleby i do wody stawu. W tę strefę dyfundują także składniki ruchomych wód gruntowych, które często wymywane są z terenów otaczających stawy.

Nasilenie i efekt wymywania tych składników z piaskowej gleby dna jest różny. Zależy on głównie od reakcji środowiska, zasobności gleby i budowy jej profilu (głębokości występowania warstwy nieprzepuszczal-

nej). W przypadku kwaśnego środowiska chemiczne skutki tego wymywania są zbliżone lub odpowiadają procesowi bielnicowania. W największej ilości w górę profilu gleby i do wody stawu przemieszczają się Fe, Mn, Al i P. Miejsce wytrącania się części składników w górnej strefie profilu zależy w głównej mierze od poziomu wody gruntowej w okresie osuszania stawów. I tak, w lepiej osuszanych stawach poziom iluwialny powstaje w głębszej warstwie profilu (rys. 2d), a w gorzej osuszanych w powierzchniowej warstwie akumulacyjnej (rys. 2e). W profilu gleb, które są



Rys. 2. Schemat typowych profili gleb stawowych wytworzonych z piasków (d i e) oraz ze spiaszczonych glin zwałowych (f), p. gl. — warstwy piaszczyste, gl. — warstwy gliniaste

zasobne w żelazo i glin lub mają wody gruntowe bogate w te składniki, powstać mogą twarde warstwy orsztynowe. Wytworzenie się w piaskowej glebie takiej mało przepuszczalnej warstwy jest zjawiskiem ujemnym. Modyfikuje ono bowiem stosunki wodne dna i odcina górne warstwy gleby i wodę stawu od dopływu składników chemicznych z wodą gruntową. W okresie odwodnienia takich stawów powinno się takie warstwy przynajmniej częściowo zrujnować. Z powodu stosunkowo łatwego wymywania żelaza z piasków, wody piaszczystych stawów z reguły są bogate w żelazo (Pasternak, 1967).

Podobne skutki morfologiczne powoduje proces glejowy również w profilu piaskowych gleb stawów zalewanych wodą zasobną w wapń. Wytrącający się z wody na ich powierzchni CaCO_3 nie może hamować tego procesu, ponieważ w większym nasileniu zachodzi on tylko w dolnych warstwach profilu gleby. Mimo alkalicznego środowiska również i w takich stawach piaszczystych żelazo występuje w wodzie w dość sporych ilościach.

Ogólnie biorąc, piaskowe gleby w większości przypadków mają stosunkowo mały zapas pierwiastków potrzebnych do życia roślin w stawie i małą pojemność sorpcyjną. Szczególnie mało zawierają one wymiennego fosforu i magnezu. W wystarczającej ilości występuje w nich tylko żelazo i ewentualnie wapń, gdy zalewane są twardą wodą. Ogólny zasób pierwiastków, poza krzemionką, jak i zasadowych kationów wymiennych, zależy od składu mechanicznego i mineralnego gleby piaskowej, zawartości w niej substancji organicznych oraz jakości wody w stawie i w gruncie. Zasobne ruchome wody gruntowe w znacznym stopniu podwyższają żyzność gleb i wód w stawach. Najuboższymi piaskowymi glebami stawowymi są głębokie, mało próchniczne piaski luźne. Takie luźne piaski mają przede wszystkim skrajnie mało potasu. Wymagają więc nawożenia tym składnikiem. Nie wymagają natomiast nawożenia potasowego stawy, których dna i teren zlewni budują piaski gliniaste glacialne lub fluwioglacialne, zwłaszcza podścielone gliną zwałową. Zawartość potasu w wodach takich stawów jest zwykle dość duża, najczęściej przekracza nawet zawartość jego w stawach gliniastych. Do szybkiej degradacji piaskowych gleb stawów, poza procesem glejowo-bielicowym, przyczynia się również zjawisko stosunkowo łatwej dyfuzji ich składników do wody stawu, co wiąże się z ich dobrą przepuszczalnością i małą zawartością sorbentów mineralnych.

Podniesienie wartości użytkowej najuboższych piaskowych gleb stawowych powinno opierać się przede wszystkim na zwiększeniu w nich kompleksu sorpcyjnego. Jest to bowiem nieodzowne do zmagazynowania przez nie pewnej części składników odżywczych wprowadzonych do stawu z nawozami i zabezpieczenia ich przed stratami w wyniku odwodnienia stawów. Osiągnąć to można, jak już proponowano wcześniej (Pasternak, 1959), przez kompostowanie oraz ilowanie piaszczystego dna stawów. Nie spełniają tej roli zielone nawozy, gdyż ich materia organiczna ulega w dnie zbyt szybkiej mineralizacji. Do ilowania takich gleb najlepiej byłoby stosować tzw. sorbento-nawozy czyli mieszanki zmielonej skały ilastej (bentonitu) z różnymi nawozami mineralnymi. Metoda ta, jak ostatnio wykazał Skawina (1965), zdała bardzo dobrze egzamin przy rekultywacji piasków po eksploatacji dla górnictwa. Wydaje się, że do ilowania stawów materiał ilasty nie musi być drobno mielony. Istnieje bowiem możliwość, że w stawie ulegnie on i tak rozłusowaniu. Z materiałem ilastym mogą być wprowadzane do stawów makro- lub mikronawozy. Z nawozów azotowych, dla nasycenia materii ilastej, najczęściej używana jest woda amoniakalna, która wchodząc do pakietów montmorylonitu i ilitu powoduje pęcznienie i zwiększenie ich pojemności sorpcyjnej. W stawach piaszczystych o większej ilości ilastych substancji zawartość organicznego sorbenta, jakim jest próchnica, można częściowo zwiększyć rów-

niez przez intensywne mineralne nawożenie azotowo-fosforowe, pod tym jednak warunkiem, że stawy piaszczyste nie będą gwałtownie i dłużej osuszane niż wymagają tego warunki sanitarne. Nagłe i dłuższe osuszenie piaszczystej gleby prowadzi bowiem zwykle nie tylko do zbyt dużych strat właściwej próchnicy lecz także do przejścia związków próchnicznych w nieodwracalne koloidy hydrofobowe, prawie obojętne chemicznie. Uzupełnienie fosforu w stawach z piaszczystymi glebami kwaśnymi, mającymi nieco większą pojemność sorpcyjną (piaski gliniaste i próchniczne), najracjonalniej jest dokonywać przez stosowanie mączki fosforytowej (Pasternak, 1963). Fosfor w kwaśnym i redukcyjnym środowisku stawów piaszczystych jest stosunkowo łatwo uwalniany z tego mało rozpuszczalnego nawozu. Według doświadczeń Ozanne i innych (1961), przy zamianie w nawożeniu superfosfatu na fosforyty straty fosforu w piaszczystych glebach lądowych zmniejszyły się z 22% do 4%. Magnez powinno się uzupełniać przy okazji wapnowania stawów stosując mielone dolomity.

W spiaszczonych glebach wytworzonych z glin zwałowych proces glejowo-bielicowy powoduje wymywanie składników chemicznych głównie z podścielającej warstwy piaszczyste gliny zwałowej (Pasternak, 1967a). Kierunek migracji tych składników w profilu takich gleb jest jednak nieco inny niż w piaszczystych glebach całkowitych. Mianowicie część składników z redukcyjnej strefy gleby przemieszcza się, podobnie jak w glebach pyłowych, w dół profilu i wytrąca się w głębszej suchej warstwie gliny (rys. 2f). Gleby takie są znacznie bardziej żyzne od gleb wytworzonych z piasków. Szczególnie dużo zawierają one wymiennego potasu i magnezu. Dużą ilość tych składników stwierdza się również w wodzie stawów o takich glebach.

Wszystkie stawy naszej strefy klimatycznej zalewane wodami o małej lub średniej twardości wymagają stałego nawożenia wapnem. Powinno ono jednak odbywać się nie tradycyjnym sposobem (Praca zbiorowa, 1963), lecz podobnie jak w rolnictwie według aktualnych potrzeb gleby określonych na podstawie dokonanej analizy jej kwasowości hydrolitycznej (średniej próby gleby stawu). Gleby stawowe mogą bowiem nawet w obrębie jednego gatunku wykazywać, jak widać to z tabeli, bardzo różne wymagania pod tym względem. Wynika to przede wszystkim z różnej zawartości w tych glebach substancji próchnicznych oraz ilastych. Do wapnowania stawów o ciężkich glebach najlepiej używać najbardziej aktywnych postaci wapna, tj. tlenków i wodorotlenków. W razie potrzeby większych dawek takiego wapna należy je stosować na „osuszone” dno, najlepiej zimą. Piaszczyste stawy, ze względu na słabe zbuforowanie gleb, najracjonalniej jest wapnować mielonym marglem lub wapnem jeziorowym czy łąkowym, które w swym składzie poza CaCO_3

Kwasowość hydrolityczna (H_h), suma zasadowych kationów wymiennych (S_1), pojemność sorpcyjna ($H_h + S_1$), stopień nasycenia zasadami (V_h) oraz zawartość substancji organicznej powierzchniowych warstw różnych gatunków gleb dna stawów

Miejscowość	Nazwa stawu	H_h	S_1	$H_h \dots S_1$	V_h %	Substancja organiczna	Gatunek gleby
		mg-rów./100 g gleby					
Poręba Wielka	Jeżówka	2,8	6,0	8,8	68	2,6	Utworki pyłowe
	Grabowiec Mały	3,0	10,4	13,4	78	6,4	
	Grabowiec Duży	5,8	4,5	10,3	44	3,5	
Zaborze	Wojtowiec	3,7	12,3	16,0	77	6,0	
Grojec	Czechowiec 2	6,1	7,4	13,5	55	6,9	
Zator - Bugaj	Szydłowiec Stary	4,2	7,5	11,7	64	6,1	
Gołysz	Wyszni VI	5,4	6,9	12,3	56	3,9	
Dębowiec	Rajski	13,3	23,7	37,0	64	9,2	Gliny ciężkie
	Janosik Wielki	3,8	18,8	22,6	83	6,0	
Rudze	Pośrednik Stary	12,4	18,2	30,6	59	8,0	
	Pośrednik Nowy	9,9	11,6	21,5	54	7,0	
Brzeszcze	Oszust	3,6	20,8	24,4	85	6,1	
	Bagiennik	5,8	15,8	21,6	73	6,3	
Adolfin	Krzemieńczyk	5,6	20,9	26,5	79	6,9	
Kobiernice	Zamostny	10,3	16,1	26,4	61	11,5	
	Bagiennik	8,4	17,6	26,0	68	10,1	
Przyborów	Staw nr 1	2,8	1,6	4,4	36	1,9	Piaski
	Staw nr 3	4,9	3,2	8,1	40	5,8	
	Staw nr 8	8,6	15,8	24,4	64	11,7	
Hobot	Staw nr 1	1,7	5,2	6,9	75	3,2	
Wola	Tarłakowy	7,5	12,6	20,1	63	9,2	
Ruda Różaniecka	Staw nr 7	5,4	6,8	12,2	56	3,7	
Krzyż	Nowy	2,5	17,9	20,4	88	3,6	

zawierają również pewną ilość ilastych składników tak potrzebnych w dnie tych stawów. Jak wynika z prac Szczepkowskiego (1965) i Bałuk (1967), zapas wapna jeziorowego w Polsce północnej jest bardzo duży.

LITERATURA

1. Bałuk A., 1967. *Przeegl. Geol.*, 2, 89—91.
2. Gooch B. C., 1966. Appraisal of North American Fish Culture fertilization Studies. FAO. World Symposium on Warm-Water Pond Fish Culture Rome, Fr: II/R-3.

3. H e p p e r B., 1966. Some limiting factors affecting the dose of fertilizers added to fish ponds with special reference to the Near East. FAO. World Symposium on Warm-Water Pond Fish Culture, Rome Fr: II/R-1.
4. K u b i e n a W., 1953. Bestimmungsbuch und Systematik der Böden Europas. Enke, Stuttgart.
5. M a t i d a Y., 1966. The role of soil in fish pond productivity in Asia and the Far East. FAO, World Symposium on Warm-Water Pond Fish Culture, Rome, Fr: II/R-6.
6. M ü c k e n h a u s e n E., 1956. Die Einteilung der Wasserbeeinflussten (hydro-morphen) Böden Deutschlands. VI Congrès international de la science du sol. E,V-18, 111—114, Paris.
7. M ü l l e r W., 1960. Zeitschr. f. Fischerei, 9, 5/6, 321—331.
8. O z a n n e P. G., K i r t o n D. J., S h a w T. C., 1961. Austrial. J. Agric. Res., 12, 3, 409—423.
9. P a s t e r n a k K., 1958. Biul. Zakł. Biol. Stawów PAN, 7, 27—60.
10. P a s t e r n a k K., 1959. Acta Hydrobiol., 1, 3—4, 221—283.
11. P a s t e r n a k K., 1963. Acta Hydrobiol., 5, 4, 403—433.
12. P a s t e r n a k K., 1965. Acta Hydrobiol., 7, 1, 1—26.
13. P a s t e r n a k K., 1966. Acta Hydrobiol., 8, 2, 131—155.
14. P a s t e r n a k K., 1967. Acta Hydrobiol., 9, 1—2, 111—127.
15. P a s t e r n a k K., 1967a. Acta Hydrobiol., 9, 3—4, 309—338.
16. S c h ä p e r c l a u s W., 1961. Lehrbuch der Teichwirtschaft. Paul Parey. Berlin — Hamburg.
17. S c h e l s k e C. L., H o o p e r F. F., H a e r t l E. J., 1962. Ecology, 43, 4, 646—653.
18. S k a w i n a T., 1965. Biul. Zakł. Bad. Nauk. GOP PAN, 5, 157—165.
19. S t a n g e n b e r g M., 1943. Geologie der Meere und Binnengewässer, 6, 1—64.
20. S t r z e m s k i M., 1955. Gosp. Rybna, 1 (64), 1—4.
21. S z c z e p k o w s k i B., 1965. Przegl. Geolog., 11.
22. U g g l a H., 1964. Roczn. Glebozn., dodatek do tomu 14, 225—248.
23. V a n d e r L i n g e n M. I., 1966. Fertilization in Warm-Water Pond Fish Culture in Africa. FAO, World Symposium on Warm-Water Pond Fish Culture, Rome, Fr: II/R-5.
24. W o l n y P., 1966. Fertilization of Warm-Water Fish Ponds in Europe. FAO. World Symposium on Warm-Water Pond Fish Culture, Rome, Fr: II/R-7.
25. W r ó b e l S., 1966. The Role of Soils in Fish Production in Ponds. FAO, World Symposium on Warm-Water Pond Fish Culture, Rome Fr: II/VI/E-7.
26. Praca zbiorowa, 1963. Hodowla ryb w stawach. Warszawa, PWRiL.