

Využití vodních rostlin

Vodní makrofyt byla člověkem cílevědomě využívána od nepaměti (zejména rákosiny) jako stelivo a krmivo pro dobytek, střešní krytina, ke splétání rohoží, kabel a v případě nouze i jako potravina. Oddenky některých rostlin byly rozemílány na mouku, stejně jako jejich obilky (zblochan). Také léčivé účinky některých z nich byly známy (puškvorec).

Řasy vnitrozemských vod byly naproti tomu dlouhou dobu jen zajímavým objektem studia. Pouze mořské řasy umělo obyvatelstvo na pobřeží přímořských států využívat jako hnojivo na pole, přílohu k jídlům, jako saláty, jako koření (obvykle nahrazovaly houby), k přípravě různých rosolů a gelů, k výrobě potaše a jódu. Na své hlavní využití však čekaly řasy až do 20. století, ale i tak musíme říci, že ještě dnes stojíme na samém počátku jejich plánovité kultivace a exploatace. Naprosto nezužitkovaná zůstává zatím obrovská nadprodukce sinic v podobě vod. květu nebo nadprodukce vláknitých řas *Cladophora* a *Rhizoclonium*.

Řasy se staly zajímavým objektem zejména pro farmaceutický průmysl a nadějným zdrojem hodnotných bílkovin pro krmné směsi. Zvláštního významu nabyly druhy schopné indikovat zatížení vod organickými hnilobnými (saprobity) a jedovatými (toxická) látkami.

U vodních makrofyt se uvažuje o využití velkých produkčních schopností rákosin a jejich schopností chránit břehy řek před erozí a břehy nádrží před abrazí. Dobré perspektivy se ukazují též v jejich použití ke snížení trofie vody a k bourání fenolických látek.

Biologická indikace kvality vody

Některé druhy řas a vodních makrofyt nás mohou svým nápadným rozvojem upozornit na určité charakteristické prvky v kvalitě vody, zejména pokud se týká jejího zatížení organickými hnilobnými látkami (saprobity), obsahu solí (salinita), kyselosti (acidita), množství živin (trofie) a obsahu některých prvků jako Ca, Fe, Si, N-látek a pod. Řasy jsou používány i do testů toxicity vody a některých postřikových látek, nebo jsou využívány i do testů trofického potenciálu a potřeby hnojení rybníků.

Testování trofie vody - trofický potenciál

Termínem **trofie** bývá charakterizován určitý hydrochemický režim včetně biologických parametrů, podmiňujících její produktivitu. Původně byly vody děleny na **eutrofní** - bohaté na živiny, **mezotrofní** - průměrných hodnot a **oligotrofní** - chudé na živiny. Pozdějším studiem se došlo ke stanovení dalších trofických stupňů.

Posuzování obsahu biogenů může být prováděno jak s hlediska rybářského, pro něj je žádoucí zjistit, jak daleko mají rybníky k dosažení výhodné eutrofie, tak vodárenského či vodohospodářského, pro něj je žádoucí zachování oligotrofie při minimálním oživení planktonem.

V poslední době se metodou stanovení trofie, resp. **trofic. potenciálu vody** zabývá nejvíce dr. Žáková (VÚV Brno). Trofický potenciál je charakterizován jako "maximálně vyprodukovatelná biomasa řas ve vzorcích vody za konstantních laboratorních podmínek". Parametrem trofic. potenciálu je koncentrace řas ve stacionární fázi růstové křivky W_p , vyjádřená v $mg.l^{-1}$ sušiny. Stacionární fáze je vymezena na růstové křivce mikroorganismů na obr. 9a, zatímco na obr. 9b je vynesen do grafu trofic. potenciál vody z různých biotopů.

Testovacím organismem je zelená chlorokokální planktonní řasa *Scenedesmus quadricauda*, která musí být v čisté kultuře předepsaným způsobem předpěstována. Touto řasou se očkují vzorky vody a kultivují se v zařízení, které umožňuje stálé promíchávání, konstantní osvětlení a obohacování vzorků plynným CO_2 . Pokus probíhá 10-145 dnů až do dosažení stacionární růstové fáze, načež se stanoví sušina řas filtrováním 10 ml suspenze přes membránový filtr, usušením do konstantní váhy a vážením.

Klasifikace vod podle takto stanoveného trofic. potenciálu W_p je pak následující:

pod 5 ultraoligotrofie

5-50 oligotrofie

50-200 mezotrofie

200-500 eutrofie

500-1000 polytrofie

nad 1000 hypertrofie

Testování potřeby hnojiv

Myšlenka biologického testování nároků fytoplanktonu na živiny vznikla v třicátých letech v důsledku požadavků rybářské praxe. Zabývali se jí tehdy hlavně Francev a Guseva. V metodě Franceva v podstatě šlo o to, že do přefiltrovaného vzorku vody rybníka byla naočkována zelená planktonní řasa *Scenedesmus*, načež byl vzorek rozdělen na několik vzorků dílčích, k nimž byly přidány různé biogeny (ve formě asimilovatelných solí) a jejich kombinace. Vzorky pak byly kultivovány 3-4 dny na termoluminostatu, načež byl počítán přírůstek buněk *Scenedesmus* v jednotlivých vzorcích.

Guseva vzorek neinokulovala, ale pouze zbavila zooplanktonu přes řídkou planktonní síťku. Další autoři (Vinberg, Janeček, Heteša) tuto metodu modifikovali, při čemž konečný výstup představovalo vyhodnocení primár. produkce ve formě měření kyslíku nebo vegetač. zákalu. Na základě výsledků svých pokusů pak mohl Heteša vyslovit závěr, že nároky fytoplanktonu rybníků na biogeny se během roku mění a že v našich podmínkách bývá nejefektivnější současná aplikace dusíkatých a fosforečných hnojiv. Ukázal také, že jednotlivé rybníky téže oblasti mohou mít velmi různé požadavky na biogeny v závislosti na tom, jak byly hnojeny v předchozích letech a jaké složení má jejich fytoplankton.

Z uvedených faktů vyplývá, že doposud nebyla vytvořena jednotná metoda testování hnojiv, která by byla jednoduchá a přitom dostatečně pohodová a rychlá. Stanovení této potřeby za použití metodiky pro stanovení trofic. potenciálu je příliš zdoluhavé (10-14 dnů) a neumožňuje operativní a rychlé rozhodování.

Indikace saprobity

Již v samých počátcích vzniku hydrobiologie bylo zřejmé, že v důsledku znečištění vody se mění i společenstva organismů, které ji obývají. Největší změny byly zaznamenány ve složení fauny bentosu, ale své změny zaznamenal i fytobentos, i když se většina jeho druhů ukázala být přizpůsobivější, na znečištění méně citlivá a pro indikaci znečištění tudíž méně vhodná než zástupci živočišné složky. Tato větší schopnost přizpůsobení je zřejmě důsledkem neschopnosti změnit pohybem místo svého pobytu a přemístit se do výhodnějších podmínek. Přesto lze i mezi zástupci bentických sinic a řas nalézt dostatek dobrých indikátorů. Bližší k tomuto problému bude uvedeno ve skriptech aplikované hydrobiologie, kapitole o znečišťování a čištění vod.

Ještě méně dobrých indikátorů pak nalezneme mezi vodními makrofity. Zde snad lze jmenovat jen mech *Fontinalis antipyretica* (zdrojovka), indikátora oligosaprobních vod. Největší znečištění pak snáší pravděpodobně *Potamogeton pectinatus* (rdes hřebenitý).

Vodní rostliny jako potravina, krmivo a hnojivo

Řasy a sinice jako hnojivo

Jako hnojivo jsou využívány především veliké hnědé mořské řasy, které jsou při rozbourěném moři vlnami vyvrhovány na pobřeží a pláže, kde je zemědělci sbírají a na polích zaorávají. Na obsah

dusíku a fosforu jsou sice chudší než chlěvský hnůj, zato však obsahují více draslíku. Pokud jsou inkrustovány uhličitanem vápenatým, hodí se současně i k vápnění kyselých pů. V jezerních oblastech se jako hnojivo zužitkovávají i parožnatky.

V Japonsku a Indii se využívá schopnosti některých sinic vázat vzdušný dusík, a proto se za tímto účelem očkují do vody rýžových polí. Tak např. v Japonsku se podařilo zvýšit výnos rýže o 20 % umělou inokulací sinice *Tolypothrix tenuis*. V Indii se takovýmto způsobem zúrodňují slané půdy. Také symbiotických sinic lze k tomuto způsobu použít. Tak se pracuje zejména v Japonsku, kde se do rýžovišť vysazuje drobná vodní kapradina *Azolla* se symbiotickou sinicí *Anabaena*, která fixuje vzdušný dusík. Během roku se na 1 ha plochy získá ze vzduchu až 128 kg dusíku. Schopnost vázat vzdušný dusík mají především ty sinice, které mají heterocysty.

Řasy a sinice jako krmivo a potravina

Mořské řasy se odedávna využívaly jako krmivo pro dobytek, většinou jako přídatek k obvyklé píce. V norskou běžně krmí ruduchami ovce a kozy, ale i velký skot je běžně žere. Všechny tyto řasy je možno dobytku dávat čerstvé, po omytí sladkou vodou, nebo k nim přimíchávat otruby a šrot. Je též možné je sušit a vyrábět z nich pokrutiny a řasovou moučku, které se pak přidávají ke krmivu do 15 % hmotnosti. Řasová moučka obsahuje látky vysoké kalorické hodnoty a stopové prvky (B, Cr, J, Mo, Ni, Zn atp.). Ve své výživnosti se dají tyto řasy srovnávat s ovsem. Dobytek rychle přibírá na hmotnosti, krávy dojí více mléka s větším obsahem tuků.

Také sladkovodní řasy se dají využít jako krmivo. V tomto případě však nemáme na mysli mikroskopické řasy, rostoucí volně v přírodě, ale drobné nanoplanktonní řasy, vypěstované ve zvláštních kultivačních zařízeních. Na vývoji těchto zařízení se usilovně pracuje na celém světě již asi 25-35 let a čeští odborníci v této problematice patří do světové špičky (Hydrobiologické oddělení Botanického ústavu ČSAV v Třeboni). V kultivačních zařízeních lze totiž docílit toho, že kultivované řasy (*Chlorella*, *Scenedesmus*) využijí 4-7 % dopadající světelné energie, tj. 5-10krát více než vyšší rostliny, zatímco ve volné přírodě jen 0.5-1.0 %, čímž se vyrovnávají vyšším rostlinám. Avšak v laboratorních pokusech bylo dosaženo až 25 % účinnosti. Výpočty založené na těchto předběžných zjištěních ukazují, že by bylo možno dosáhnout 5-10krát vyšších výtěžků než u vyšších kulturních rostlin a sklízet z 1 ha plochy až 100 tun sušiny (podle tvrzení amerických autorů).

Výsledky chemických rozborů ukázaly, že řasy jsou bohaté na plnohodnotné bílkoviny a vitamíny. Změnou kultivačních podmínek (teplota, obohacování CO₂, pH aj.) lze dosáhnout významných změn v podílu jednotlivých složek, takže u řasy *Chlorella* pak kolísá podíl bílkovin v rozmezí 7-88 %, uhlohydrátů 6-38 % a podíl tuků může dosáhnout až 75 % sušiny.

Přidáváním řasové sušiny do krmiva hospodářských zvířat (kuřata, selata) bylo dosaženo zvýšených přírůstků masa. Na závadu je však ještě poměrně silná buněčná blána jak u *Chlorella*, tak i u *Scenedesmus*, která brání vyšší stravitelnosti. Na své krmné využití čekají i sinice vod. květu, které jsou schopny vytvářet v přírodních nádržích obrovskou biomasu. Jejich využití však brání nerozřešené problémy s jejich sklízením a zpracováním (rychle se rozkládají).

Byly konány i pokusy s použitím takto vypěstovaných řas jakožto potraviny pro člověka. Fott (1967) uvádí, že *Scenedesmus* vypěstovaný v Laboratoři experimentální algologie ČSAV v Třeboni a uvařen v polévce chutná jako rozvařený špenát a má i stejný vzhled. Usmažen jako karbanátek s minimálním množstvím pojidla má chuť podobnou dušené husí krve. Podle amerických autorů má proti tomu vypěstovaná *Chlorella* zeleninovou příchut', připomínající fazole. V pokrmech obsahujících zelené řasy se vysoký obsah bílkovin projevuje vždy masovou příchutí. Podle zkušeností Japonců však lze zelené řasy přidávat i jako přísadu do chleba, do makaronů apod. V budoucnu však nelze vážně počítat s tím, že by se takto vypěstované řasy staly jednou z hlavních potravin člověka zejména vzhledem k tomu, jak pestrá stravu člověk vyžaduje. Také energetické

problémy, spojené s provozem kultivačních zařízení, jsou doposud neřešitelné a jejich řešení je zřejmě spojeno se získáním nových zdrojů energie.

Vodní makrofyta jako krmivo a jako potravina

Jako krmivo pro dobytek byla odedávna používána mladá stádia téměř všech druhů rákosin. Některé z nich však poměrně brzy dřevnatí a jsou prostupovány oxidem křemičitým (rákos, přesličky), nebo řezou (ostřice), takže je dobytek odmítá žrát. Jiné si však i ve vzrostlém stavu uchovávají určité hodnoty, takže je možné předkládat je dobytku jako méněhodnotné seno (zblochan, chrastice). Také oddenky některých rostlin, bohaté na škrob a cukry, se dají dobře zkrmovat dobyt看 (orobinec, skřipinec, šmel). Nadzemní i podzemní části vodních makrofyt slouží za potravu zejména některým vodním hlodavcům, žijícím volně v přírodě, jako je ondatra a nutrie. Okřehky jsou zase dychtivě přijímány většinou vodního ptactva, zejména kachnami a to jak divokými, tak domácími, zejména ve směsi se šrotem. V čerstvém stavu lze dobytku a drůbeži předkládat i vodní mor kanadský, orobince, mladý rákos, zblochany a chrastici rákosovitou.

Jako potravina byla vodní makrofyta používána v dávných dobách jen v případě nouze. Z obilí zblochanu byla kdysi v Polsku a v evropských částech bývalého SSSR vyráběna krupice, zvaná "mana". Oddenky některých rostlin byly mlety na mouku, např. oddenky šmele okoličnatého a orobince. V současné době však již vodní makrofyta svůj význam jako potravina v Evropě zcela ztratila.

Využití vod. rostlin v průmyslu, farmaceutice a vod. hospodářství

Algin, algináty, agar, jód, potaš, soda

Algin, kyselina alginová a algináty se těží z hnědých řas. **Kyselina alginová** je obsažena v buněčné bláně všech větších druhů. Důležité jsou její soli - **algináty**. Alginát sodný má název **algin**. Algináty se používají k zahušťování barev, jimiž se potiskuje textil, k apreturám, impregnacím, k výrobě linolea, vulkánfibru a imitace kůže, k výrobě kartonů a hnědouhelných briquet. Algináty se používají též v potravinářském průmyslu ke zpevňování zmrzlin, pudinků, šlehačky a všude tam, kde je potřeba nahradit agar.

Ve stavebnictví jako přípravek do cementu zvyšují nepropustnost betonu pro vodu. Dále se přidávají do asfaltu, do mýdla a do zubních past. Užívají se také při výrobě umělých vláken. V lékařství slouží k výrobě vstřebávajících se vláken na šití ran.

Agar se získává ze stélek některých mořských ruduch a má vzhled suchých bílých nebo nahnědlých střívek. V horké vodě se rozvaří a již jeho jednoroztok způsobuje tuhnutí vody při 35-50 °C v pevný gel. Po chemické stránce jde o uhlohydrát. Nejvíce agaru se vyrábí v Japonsku, USA, Velké Británii, Africe, Austrálii a bývalém SSSR.

Agaru se nejvíce využívá v medicíně a biologickém výzkumu jako živné půdy pro kultivaci mikroorganismů. Rostou na něm nejen bakterie, ale i houby, řasy, sinice i vyšší rostliny. Po této stránce je agar nenahraditelný. Díky jemu lze izolovat jednotlivé druhy rostlinných organismů, vypěstovat inokulát z jedné buňky, provádět dalekosáhlou manipulaci s kultivovaným objektem za neustálé kontroly.

Jeho využití je široké i v potravinářském průmyslu, lze jím nahrazovat pektin při výrobě džemů, ovocných rosolů, marmelád a zavařenin, k výrobě zmrzlin, zahušťování omáček a krémových sýrů. V průmyslu se používá při výrobě papíru (ke klihování), k apretuře tkanin, k přípravě fotografických emulzí a všude tam, kde se používá želatina.

Spálíme-li stélky hnědých mořských řas, lze z jejich popele vyluhovat uhličitán draselný - **potaš**, uhličitán sodný - **sodu** a **jód**. Za tímto účelem jsou stavěny lodě se zvláštní konstrukcí na lovení či sklizení hnědých řas.

Lékařství a léčiva

Jako prostředek proti zácpě se užívá **agar**. **Karagén**, zvaný též irský mech, je agaru velmi podobný; vyrábí se z jiných druhů ruduch a obsahuje větší procento síranů a popele. V lékařství se používá k výrobě různých mastí a emulzí, jako plnidlo a nosič vlastního léčebného prostředku, např. sulfonamidů, nebo jako pojídlo při výrobě tablet.

Ze sladkovodní chlorelly lze extrahovat látku zvanou **chlorelin**, která má zřetelné antibiotické účinky na některé bakterie; dosud se však v medicíně ve větším měřítku neuplatnila.

Z vodních makrofyt se v dnešní době uplatňuje jen několik málo druhů při výrobě léčiv nebo ve farmaceutickém průmyslu, zatímco v dřívějších dobách bylo jejich použití v lidovém lékařství daleko širší.

Oddenky leknínu obsahují alkaloid nymphaesin, používaný jako stahující prostředek. Extrakty z oddenku puškvorce slouží k výrobě léků, používaných při žaludečních a zažívacích potížích a do mastí, používaných při revmatismu. K léčení trávicích potíží slouží také extrakty z vachty trojlisté, neboť podporují trávení žaludečních šťáv.

Stavebnictví a výroba celulózy

O použití **alginátů** ve stavebnictví jsme již mluvili jako o přísadce do vodotěsných betonů. Na tomto místě máme však na mysli hlavně využití makrofyt ve stavebnictví. K tomuto účelu se hodí zejména rákos a orobince, a to do izolací, na obklady stropů a stěn, rohoží pod stropní omítku, jako střešní krytiny stylových staveb apod.

Na výrobu celulózy se sklízí rákos tam, kde se vyskytuje v rozsáhlých porostech, např. v dunajské deltě. K výrobě velmi jemného, ale neobyčejně pevného papíru na ceniny a bankovky, se v bývalém SSSR používalo vláknitých řas *Cladophora* a *Rhizoclonium*, které tam na některých jezerech rostou v obrovském množství, průmyslově se těží a zpracovávají. Jedná se o jezera v Barabinské a Kulundinské stepi na západní Sibiři, kde se na ploše několika tisíc čtverečních kilometrů ročně těží asi 100.000 tun těchto řas.

Zpevňování břehů

O ochraně břehů vodních toků před erozní činností proudící vody a břehů vodních nádrží před abrazní činností příbojových vln vhodně voleným společenstvem vodních a pobřežních makrofyt se v poslední době uvažuje stále častěji a je zřejmé, že se mu v budoucnu bude dávat v řadě případů přednost před tradičním materiálem - kamenem a dřevem. Pro některé přednosti, jako je zvýšení samočisticí schopnosti toku, přirozené začlenění toku, vodního díla a nádrže do krajiny a zvýšení jejich estetického vzhledu se začíná tento nový způsob opevnění ve světě stále více prosazovat.

Též v naší republice se tomuto problému věnuje nemalá pozornost. Při jeho řešení spolupracuje celá řada institucí, při čemž hlavním řešitelem v současné době jsou různé pobočky Hydroprojektu Praha. Hlavním poradcem v otázkách hydrobiologických při práci na těchto projektech byl ústav rybářství a hydrobiologie AF VŠZ Brno.

V rámci výzkumného programu technicko-provozního rozvoje byly řešeny hlavně otázky vegetačního opevnění a vytváření doprovodné vegetace na břehových svazích nově upravovaných částí dolních toků moravských a slovenských řek. Po několikaletých pokusech v terénu byly pro ně vybrány jako nejvhodnější tyto rostliny: *Phalaroides arundinacea* (chrastice rákosovitá) pro pásmo nad hladinou, občas zatápěné; *Acorus calamus* (puškvorec obecný) pro čáru nejčastějších hladin; *Butomus umbellatus* (šmel okoličnatý) pro pásmo stále zatopené. Všechny tyto rostliny snesou několikátý denní úplné zatopení, stejně jako několikátý denní pobyt zcela nad vodní hladinou, jsou schopny ochránit svým systémem kořenů a oddenků břehový svah do rychlosti proudu 3 m.s^{-1} a zpevňují břehový svah i mimo vegetační období, neboť jsou vytrvalé. Lze je snadno vysazovat, vyznačují se vysokým procentem ujmavosti. Chrastici rákosovitou lze i úspěšně vysévat. Mají vysoké regenerační schopnosti při poškození porostů, snášejí i značné znečištění vody a nevymrzají.

Pro ochranu břehových svahů nádrží byl vybrán *Typha angustifolia* (orobinec úzkolistý) a *Phragmites australis* (rákos obecný). Zatímco otázky množení a vysazování orobince byly již úspěšně vyřešeny, v otázce rákosu jsme postaveni před problém malé a nepravidelné produkce semen a špatné ujímání z terénu přesazovaných rostlin (mnohdy jen 10 % úspěšnost).

Dočišťování odpadních vod a snižování eutrofizace

Odpadní vody, které projdou našimi čistírnami, jsou sice zbaveny hnilobných látek až z 95 %, nesou si však s sebou neustále vysoký obsah biogenů, které se právě v čistírenském procesu změnilly na minerální soli dobře asimilovatelné rostlinami. Při vniknutí těchto "vyčištěných" odpadních vod do toků a nádrží dochází proto k rozbušení makro- i mikrovegetace, což se zejména v nádržích se stojatou vodou velmi nepříznivě odrazí na její kvalitě, rozkolísání hydrochemického režimu a ohrožení obsádky ryb kyslíkovými deficity.

Z tohoto důvodu se proto začíná u čistíren s budováním tzv. 3. (terciárního) stupně čištění, který spočívá v odstraňování biogenů, převážně biologickým způsobem. Principem tohoto třetího stupně je obvykle vazba biogenů v tzv. **stabilizačních (biologických)** rybnících do těl řas, vodních makrofyt, zooplanktonu, zoobentosu a konečně do těl ryb, které se v těchto rybnících chovají. Obrovské množství kyslíku, které řasy i vodní makrofyt produkují v procesu fotosyntézy, slouží samozřejmě k dalšímu bourání zbývajících organ. látek, které jsou ještě v odpadní vodě přítomny, čímž se dokončí proces samočištění. Biogeny, které jsou vázány do těl organismů, respektive do detritu sedimentujícího na dně, je však třeba pravidelně odtěžovat, jinak by se v procesu odumírání organismů a mineralizace jejich těl uvolňovaly zpátky do vody.

Stejnou funkci, tj. blokování biogenů ve svých tělech během vegetačního období, mohou vykonávat makrofyt v každé nádrži a omezovat tak rozvoj fytoplanktonu. Že se tak opravdu děje, vidíme na praktických příkladech. V rybnících silně zarostlých submersní makrovegetací nezaznamenáváme vegetač. zákal zelených řas ani vod. květ sinic. Vysazováním makrofyt do vybudovaných předzdrží a jejich pravidelným odtěžováním je možné snížit trofic. potenciál v hlavní zdrži. Stejnou funkci může vykonávat i hustý a dostatečně široký pás rákosin v hlavní zdrži při zadržování biogenů při plošném splachu z okolních pozemků. Proto je přílišné vyhrnování rybníčních okrajů a vysekávání pobřežních rákosin až ke břehům posuzováno ekology v současné době jako nerozumné a pro biocenózu rybníka či nádrže přímo škodlivé.

Účinnost sorpce biogenu vodními makrofytami závisí samozřejmě v první řadě na jejich kvantitě, tj. biomase, hustotě a ploše porostů vzhledem k celkovému objemu vody v nádrži. V jihočeských eutrofních rybnících zjišťovala Dykyjová produkci rákosu až 3 kg sušiny z 1 m², zblochanu až 2.5 kg a orobince až 4 kg. V řadě případů se na ponořených částech stonků a listů těchto rostlin rozvíjí bohaté společenstvo nárostů sinic a řas, které se též významně podílí na odčerpávání biogenů z volné vody. Podle výsledků pokusů Seidelové a Zimmermanna lze v porostech *Schoenoplectus lacustris* (skřípinec jezerní) na přítoku do údolní nádrže zachytit až 70 % fosfátů a 80 % nitrátů.