

Regulace růstu a rozmnožování vod. rostlin

V předchozím textu jsme si alespoň částečně objasnili, jak důležitou roli sehrávají sinice, řasy a vodní makrofyty ve vodních ekosystémech. Původní klimaxová společenstva, v nichž byla kvalitativní i kvantitativní stránka biocenotických vztahů a energetických procesů v dokonalé rovnováze, jsou vystavována stále silnějšímu antropickému vlivu. Na jedné straně je to snaha člověka po dosažení maximální produkce rybího masa, na druhé straně vypouštění odpadních vod s nejrůznějšími látkami do vodotečí a nádrží - máme-li jmenovat alespoň ty nejdůležitější vlivy. To vše se odráží nejprve na rostlinné složce biocenózy, a to jak na druhovém složení, tak na dynamice jejich populací. Změny v rostlinné složce pak neodvratně vyvolávají jak změny v chemismu vody, tak změny ve složce živočišné. Proto je bezpodmínečně nutné seznámit se s faktory, které růst a rozmnožování rostlinné složky ovlivňují, neboť tudy vede cesta k jeho usměrňování.

Základní faktory ovlivňující růst a rozmnožování vod. rostlin

Růst a rozmnožování sinic a řas je ovlivňováno nejvíce těmi faktory, které jsme již vyjmenovali v kapitole o hodnocení primární produkce jednotlivých skupin vod. rostlin. Jsou to tedy hlavně světlo, živiny, teplota a predáční tlak herbivorních organismů. V této kapitole bychom si měli uvést o nich ještě některá další fakta.

Zajímavé poznatky o vlivu světla a teploty na rozvoj planktonních řas shromáždil Hrbáček (1966). Hlavně na jaře kolísá silně v nádržích teplota vody i celková denní suma fotosynteticky aktivního záření, dopadajícího na hladinu. Předpokládali bychom, že i růst a rozmnožování fytoplanktonu bude vykazovat ve svém vývoji značné nepravidelnosti a výkyvy. Avšak pozorování na planktonní rozsivce *Asterionella formosa* ukázalo, že její růst v jezerním planktonu je velmi pravidelný. Mluvíme proto o jakémsi **vnitřním rytmu růstu a rozmnožování**, který vyrovnává krátkodobé vnější vlivy jak příznivé, tak nepříznivé a výsledkem je jakýsi průměr. Ovšemže trvalým zlepšením světelného a tepelného faktoru se tento vnitřní rytmus urychlí. Na tom založila Guseva svou metodu prognózování rozvoje vod. květu. Vzorky vody s fytoplanktonem vkládala do termoluminostatu, kde za optimálních tepelných a světelných podmínek vznikl vod. květ o 1 i více týdnů dříve než v nádrži.

Charakteristickou vlastností planktonních organismů je tvorba zřetelných **pulzů** při vývoji jejich populace, což znamená, že určitý druh vytvoří v určitém období velkou část biomasy, takže v planktonu zřetelně vynikne, avšak poté odumírá, může z planktonu úplně vymizet a být nahrazen druhem jiným. Některé druhy takto vytvářejí zcela pravidelné cykly, při čemž jejich pulz se dostavuje vždy v určité roční době či dokonce měsíci. Jestliže populace těchto druhů je ve svém vývoji v planktonu vystřídána populacemi druhů jiných, mluvíme o tzv. **sukcesi**.

Planktonní řasy jsou ve svém vývoji vázány m.j. i na dostatek živin a již zmíněné pulzy mohou být právě důsledkem přísunu těchto živin do ekosystému. Zvláštní ale je, že na nedostek živin nereagují okamžitým zastavením růstu a rozmnožování, ale dokáží normálně růst a rozmnožovat se ještě poměrně dlouho po zastavení přísunu živin. Avšak tyto populace, které dlouho hladověly, není již možno po dosažení jejich maxima přimět k dalšímu růstu opětovným, byť značným přisunem živin a celá populace z planktonu obvykle vymizí.

U těchto planktonních řas a sinic, které jsou potravními objekty filtrujících zooplanktonů, hlavně větších druhů perlooček, je dynamika populací druhů řas a sinic dána spotřebou potravy těmito filtrátory (predáční tlak). Vyneseme-li si do grafu abundanci řas a perlooček v závislosti na čase, vidíme, že vrcholy křivky perlooček následují krátce za vrcholy křivky řas (obr. 7).

V rybnících dobře nasazených planktonofágními rybami dojde pak v důsledku predáčního tlaku ryb na perloočky k poklesu kvantity jejich populace a křivka rozvoje populací nanoplanktonních řas se může vzepjat k dalšímu vrcholu.

Rychlost rozmnožování sinic a řas je velká a u některých sinic se dokonce blíží i rychlosti rozmnožování bakterií. Případy bouřlivého rozmnožování a rozvoje populací sinic našly svůj výraz v jevu, jemuž říkáme **vodní květ**. Je to masový rozvoj sinic, vytvářejících kolonie o velikosti 1-10 mm, v letním období v eutrofních nádržích. Kvantita sinic, vyjádřená počtem buněk v 1 ml vody, může dosáhnout v těchto případech až několika milionů. Intenzivně metabolizující populace pak výrazným způsobem ovlivní chemismus nádrže, především její plyný režim a může tak ohrozit existenci většiny živočichů v nádrži, nejvíce pochopitelně existenci ryb.

Vztah mezi primár. produkcí řas a jejich biomasou se stále mění, ale obvykle je denní obnova biomasy řas menší než 50 %. Rychlost obnovy fytoplanktonu v našich vodách kolísá od zlomku dne až po několik týdnů. Zpomaluje se postupným zahušťováním populace a zrychluje se, když je část populace neustále odčerpávána žírem herbivorních organismů. Za vegetační sezónu, která v našich klimatických podmínkách obnáší asi 200 dnů, se biomasa fytoplanktonu obnoví 50-100krát, což znamená, že se mění prakticky každé 2-4 dny (Hindák a kol. 1978).

Většina vodních makrofyt jsou rostliny semenné, avšak až na výjimky převažuje u nich ve vodním prostředí rozmnožování vegetativní. Jde zřejmě převážně o druhy, které původně žily na souši a u nichž se vyvinula potřebná přizpůsobení pro opylení a šíření semen v tomto suchozemském prostředí. Za plně adaptované však musíme považovat ty, u nichž je opylení vázáno na vodní prostředí. U *Ceratophyllum* (růžkatec) je pyl přenášen vodou, u *Lemna* (okřehek) a *Calla* (d'áblík) je pyl přenášen vodními plži. Avšak u ostatních rostlin, byť submersně žijících, se květy vynořují nad hladinu a pyl je přenášen větrem (rdesty) nebo hmyzem (lakušník).

U vodních makrofyt můžeme pozorovat nejrozličnější adaptace k rozšiřování semen. Jakési plováky ze vzdušného pletiva mají semena šmele a růžkatce, oříšky kotvice mají háčky na zakotvení ve dně, zemena plavínu a dvojzubce háčky na zachycení na peří ptáků a srsti zvířat. Semena dalších rostlin mohou bez úhony projít zaživacím traktem ryb, které se takto podílejí na rozšiřování stulíku, leknínu, rdestů zevaru a vachty. Drobné, ochmýřené nažky orobince jsou roznášeny větrem.

Velmi důležitou vlastností většiny vodních a pobřežních makrofyt je jejich schopnost vegetativního rozmnožování, která je u celé řady druhů vyvinuta tak, že výrazně předčí i rošiřování semen. U některých druhů pak existuje pouze vegetativní rozmnožování, např. u *Elodea canadensis* (vodní mor kanadský), který k nám byl zavlečen pouze jako samičí rostlina, nebo *Acorus calamus* (puškvorec), který u nás sice kvete, avšak semena se nevyvíjejí. Vegetativní rozmnožování většiny vod. rostlin se uskutečňuje nejčastěji pupeny, hlízami, oddenky a fragmenty olistěných lodyh nebo fragmenty oddenku. Naprosto běžné je rozrůstání plazivými oddenky, které je velmi výrazné u rákosu a orobinců. Některé druhy vytvářejí u oddenku přídatné pupeny, které se velmi snadno odlamují a dávají vznik nové rostlině (šmel). U jiných je vyvinuta tvorba tzv. **zimních pupenů**, což jsou vlastně na konci osy nahloučené a v kulovitý či kuželovitý útvar sbalené přesleny listů se silně zkrácenými internodii. Tento "pupen" se na podzim oddělí od mateřské rostliny, zapadne do bahna kde přečká zimu a na jaře pokračuje v růstu. Tvorbou těchto pupenů se vyznačuje stolístek, růžkatec, vodní mor kanadský aj. Jestliže dojde k tomu, že stéblo rákosu či zblochanu se položí na vodní hladinu nebo na vlhké dno, vyrazí z každého kolénka svazek kořínků a směrem nahoru stéblo nové rostliny. Takovým způsobem se může např. rákos velmi rychle rozrůstat, neboť délka jeho stébel dosahuje až 4 m.

Zarůstání nádrží

Zarůstání nádrží vyššími rostlinami je přirozený proces, probíhající velmi pozvolna u nádrží v horách a pahorkatině, s daleko větší intenzitou v podhůří a nížině. Zarůstání jsou vystaveny především nádrže mělké, s bohatým bahnitým sedimentem, množstvím živin, ležící v teplé klimatické oblasti. Na zarůstání se podílejí především ty rákosiny, které se vyznačují rychlým rozrůstáním horizontálního oddenku a které jsou schopny postupovat do větších hloubek vody. Patří mezi ně *Phragmites australis* (rákos obecný), *Typha angustifolia* (orobinec úzkolistý), *Typha latifolia* (orobinec široolistý) a *Schoenoplectus lacustris* (skřípinec jezerní), které vnikají i do

hloubek větších než 1 m pod hladinu. Hloubky do 50-75 cm osídluje *Glyceria aquatica* (zblochan vodní), *Sparganium erectum* (zevar vzpřímený), *Butomus umbellatus* (šmel okolíčnatý). Vyložené mělčiny do 20-30 cm pak zabírají druhy rodu *Juncus* (sítina), *Carex* (ostřice), *Sagittaria* (šípátka), *Alisma plantago-aquatica* (žabník jitrocelový) a *Acorus calamus* (puškvorec).

V důsledku každoročního odumírání nadzemní (tedy nad sedimentem rostoucí) části rostlin vzniká značné množství detritu, který se usazuje na dně a vede k dalšímu snížení vodního sloupce a k postupu rostlin do středu nádrže. Přirozeným důsledkem tohoto procesu je přeměna nádrží na bažiny a močály a v konečné fázi vznik lužního lesa.

Hustě zarostlá rybníční plocha brání starším ročníkům ryb v pronikání do litorálu a využívání přirozené potravy, která se tam vyvíjí. Zvedání bahna pak postupně zmenšuje vodní plochu rybníka a snižuje třak jeho produkci.

Mechanický boj proti přemnožení vodních rostlin

Mechanický boj proti nadměrnému rozvoji řas záleží na tom, zda se jedná o planktonní organismy či vláknité řasy. Mechanický boj proti planktonním sinicím a řasám může spočívat pouze v ovlivnění světelných podmínek a zabránění přístupu živin, neboť tepelné podmínky ovlivnit nemůžeme a odstraňování namnoženého fytoplanktonu mechanickým způsobem nepřípadá v úvahu, s výjimkou akvakultur s recirkulačním systémem, kde můžeme fytoplankton odstraňovat zařazením filtrů.

Pro odtěžování namnoženého vod. květu sinic byl sice v SSSR vyvinut zvláštní typ malých člunů s odsáváním horní vrstvy vody, které se mají starat o čistotu pláží a přístavů, ale o jejich nasazení ve větším měřítku nám není nic známo.

Zamezit přísunu živin do nádrže je možno jedině v tom případě, kdy se jedná o bodový zdroj, a to jeho odkloněním či zlikvidováním nebo čištěním. Pouhé čištění odpadní vody běžnými metodami však není nic platné, neboť dosavadní postupy neodstraňují z vody biogeny. V některých případech však pomáhá zařazení předřazené nádrže, která ze znečišťujícího zdroje zachytí většinu biogenů ve své vegetaci a sedimentu a všechny eutrofizační problémy se přesunou z hlavní nádrže do nádrže předřazené. Tento systém však může úspěšně pracovat jen na základně dostatečného dimenzování předřazené nádrže vzhledem k množství přinášených biogenů a objemu přitékající vody (střední doba zdržení). Splachu minerálních hnojiv z okolních pozemků do nádrže sice zcela zabránit nelze, avšak lze jej zmírnit budováním ochranných lesních pásů. Bylo by však možné dosáhnout alespoň částečného snížení jejich splachu přechodem z lehce rozpustných forem hnojiv na pomalu rozpustná, případně granulovaná. Eutrofizaci nádrží lze snížit též odsunutím objektů živočišné výroby z blízkosti nádrže.

Odtěžování vláknitých řas mechanickým způsobem by sice bylo proveditelné, ale pouze na malých nádržích, jako jsou třecí rybníčky, speciální komory pro odchov plůdku a menší výtažníky. Žádná mechanizace však pro tento účel vyvinuta není a odtěžování spočívá v ruční práci.

Ovlivnění světelného režimu nádrží je možné opět jen u nádrží menší rozlohy. Spočívá ve stínění tmavou fólií, polystyrénovými deskami plovoucími na hladině nebo okřehkem. Účinnost se projevuje obvykle až při zastínění více než 50 % hladiny. Všechny tyto metody jsou prakticky zatím jen ve stádiu pokusů, stejně jako aplikace některých potravinářských barviv do vody za účelem změny spektra pronikajícího světla a snížení jeho fotosyntetické účinnosti.

Mechanický boj proti makrofytům spočívá v jejich vysekávání a vyhrnování rybníčních okrajů. Vysekávání porostů je zásah daleko méně narušující vodní ekosystém než aplikace herbicidů. Vysekávání tvrdých porostů je nejúčinnější v době před květem, kdy je vytvořena maximální biomasa rostliny a rostlina ještě nestačila shromáždit ve svých podzemních orgánech (oddencích) rezervní látky potřebné pro úspěšné přezimování a jarní růst. Při vysekávání je nutné vést řez aspoň 25 cm pod hladinou nebo i níže. Teprve v této hloubce dochází k účinnému vnikání vody do pletiv řeznou ranou a zahnívání zbytků rostliny. Posečené rostliny je třeba co nejdříve z vody odstranit a

zkompostovat. Ponecháním rostlin ve vodě může docházet rozkladem většího množství organické hmoty ke kyslíkovému deficitu. všechny měkké posečené vodní porosty mají také neobyčejnou schopnost vytvářet sekundární (adventivní) kořeny a jimi se znovu uchycovat na substrátu. Z tvrdých porostů zejména raky má schopnost z každého kolénka ležícího i posečeného stébka vyhnat nové kořínky a nová stébka. Nejúčinnější je opakované vysekávání 2-3krát ročně. Odstraňováním porostů z rybníka odstraňujeme z vody i značnou část biogenů a snižujeme tak její eutrofizaci.

Vysekáváním porostů na mělčinách prakticky neomezíme rozvoj helofyt (rákosin). Zcela bez účinku působí tento zásah na rozvoj sítin a ostřic, které právě na mělčinách nesmírně urychlují zvedání dna a zazemňovací proces. Na mělčinách není také možno použít sekací loď. V těchto případech se nejlépe osvědčuje vyhrnutí okrajů rybníka těžkou mechanizací (buldozéry). Vyhrnutí je neobyčejně účinné je-li provedeno alespoň do hloubky 50 cm, aby postihlo celý oddenkový systém rákosu a orobince. Po vyhrnutí co nejdříve napustíme rybník na plný stav, abychom zabránili rozvoji makrofyt, které se nejlépe uchycují a rozrůstají na obnaženém vlhkém substrátu a v nízké vodní vrstvě.

Vyhrnování rybníčních okrajů však představuje hrubý zásah do litorálního ekosystému a je-li aplikováno bezohledně a necitlivě, změní původní rybník v jámu zaplněnou vodou a vroubenou vysokými valy vyhrnuté zeminy, která okamžitě zarůstá plevelem. Před takto prováděným vyhrnováním, které úplně zbavuje rybník litorálního společenstva perifýtonu, (vynikajícího mohutnou samočisticí schopností) a poškozujícího estetický vzhled krajiny a její ekologickou stabilitu všechny provozovatele rybníků důrazně varujeme.

Rozrůstání makrofyt je možno bránit již při zakládání nádrží, kdy se za tímto účelem volí strmý břehový svah (sklon 1:1) a hloubky nad 1.5 m. To si ovšem můžeme dovolit jen u hlavních rybníků a retenčních nádrží, při čemž však vystavujeme strmé břehy nádrží zvýšené abrazi příbojovými vlnami, neboť se zde nevytvoří přirozený litorální pás rákosin a mizí doběhové pásmo příbojových vln.

Chemický boj s přemnožováním vod. rostlin

Chemický boj s přemnoženými řasami a sinicemi není v podmínkách našeho státu běžně rozšířen; zásahy tohoto druhu považujeme s ekologického hlediska za nevhodné, neboť se obvykle neobejdou bez vzniku nebezpečných reziduí postřikových látek. Jde především o postřiky některými **algicidními** (řasy hubícími) prostředky, užívanými jak proti vláknitým řasám, tak proti vod. květu sinic. Různými firmami jsou doporučovány preparáty Gramoxon S, Monuron, Clarosan aj.

Proti vod. květu se téměř na celém světě používá postřiku síranem měďnatým CuSO_4 nebo síranem měďnatým v kombinaci s dusičnanem stříbrným AgNO_3 , kterou navrhl dr. Štěpánek pod názvem CA 350. Ale i tu musíme mít obavy z mědi, hromadící se při opakovaných postřicích v sedimentu nádrže. Účinná dávka se pohybuje kolem $0.1 \text{ mg.l}^{-1} \text{ Cu}$, což je současně na hranicích toxicity pro citlivější druhy ryb.

Zvýšené používání herbicidních prostředků v boji s vodními makrofyty se rozšířilo v našem rybníkářství v posledních dvaceti letech, což souviselo nepochybně s úbytkem pracovních sil a zaváděním stále komplexnější mechanizace do rybářské výroby. Také rostoucí eutrofizace, výrazně podporující rozvoj makrofyt ve vodách, si vynutila nasazení těchto drastických prostředků. V rybníkářské praxi se nejvíce osvědčily dva herbicidní preparáty: Gramoxon S a Dalapon.

Gramoxon je hnědá tekutina, obsahující 20 % účinné látky, jíž je paraquat (1,1'-dimethyl-4,4'-bipyridinium dimetylsulfát), který blokuje proces fotosyntézy a je i buněčným jodem. V obchodě se prodává tento přípravek ve dvou formách: jako "Gramoxon" a jako "Gramoxon S". Posledně jmenovaný je bez smáčedla a je vhodný pro aplokaci na submersní porosty, ztímco "Gramoxon" obsahuje značně jedovaté smáčedlo a je určen pro aplikaci na rostliny nad vodou. Účinná dávka pro

různé druhy rostlin se pohybuje od 5 do 10 kg.ha⁻¹ na vynořené porosty a od 10 do 30 kg.ha⁻¹ na submersní porosty. Přípravek působí na jednoděložné i dvouděložné rostliny jako kontaktní a částečně i systemický herbicid. Spolehlivě však ničí pouze rostliny jednoleté. Vytrvalé rostliny bývají likvidovány jen dočasně, neboť po nějaké době znovu obráží ze svých kořenů a oddenků.

Dalapon (Basfapon, Dowpon, SYS 67 Omnidel) je světlehnědá sůl, která obsahuje jako účinnou látku sodnou sůl kyseliny alfa, alfa dichlorpropionové v množství kolem 90 %. Je dobře rozpustná ve vodě. Povaha jejího účinku spočívá v rušení některých biosyntéz a aktivity buněčného dělení.

Dalapon je systemický herbicid, který rostliny přijímají hlavně listy a rozvádějí jej po celém těle, i do zásobních orgánů, takže hyne celá rostlina. To se velmi příznivě odráží v tom, že postřik není nutno každým rokem opakovat.

Dalapon se osvědčil hlavně při likvidaci jednoděložných, méně už dvouděložných rostlin a užívá se hlavně pro likvidaci tvrdých rybníčních porostů. Před aplikací je třeba přidat k postřiku smáčedlo, aby kapky postřiku nesklouzly po nesmáčivém povrchu listů rákosy a orobince. Je ovšem opět třeba počítat s vysokou toxicitou smáčedla, které by se mohlo dostat do vody. Dalapon sám je pro ryby téměř nejedovatý a jeho toxicita bývá srovnávána s toxicitou kuchyňské soli. Účinnost Dalaponu na pobřežní rostliny se pohybuje podle druhu rostliny v dávkách od 15 do 45 kg.ha⁻¹.

Před aplikací herbicidů je však třeba dobře zvážit účelnost tohoto zásahu a zejména okolnost, zda aplikací nebudou ohroženy cizí zájmy, např. blízké kultury, čistota vody, zájmy myslivosti a ochrany přírody. Pokud je to jen trochu možné, vyhýbáme se jakékoli aplikaci herbicidů a dáváme přednost mechanickému vysekávání nebo vysazování býložravé ryby amura bílého, který je schopen při dostatečně silné obsádce postupně zlikvidovat i odolné rákosin.

Při aplikaci herbicidů totiž nikdy nemůžeme vyloučit určitou kumulaci reziduí herbicidů v posledních člancích potravního řetězce, což znamená vždy skrytou hrozbu nejen pro ekosystém nádrže, ale i pro člověka.

Biologický boj s přemnožováním vod. rostlin

Biologický boj s planktonními sinicemi a řasami je možný především vytvářením účelových rybích obsádek. Nanoplanktonní sinice a řasy jsou intenzivně odčerpávány především silnými populacemi větších dafnií, jmenovitě *Daphnia magna* a *D. pulicaria*. Vznik těchto silných populací je ovšem možný jen za předpokladu nízké biomasy - nebo ještě lépe - nízké četnosti a biomasy plantofágních ryb, vykonávajících predáční tlak na tyto dafnie. Toho lze dosáhnout především vysazováním a hájením dravých ryb jako jsou štika, candát a okoun, případně siven a pstruh v horských nádržích, které pak vyvíjejí žádoucí predáční tlak na planktofágní ryby a nedovolí jejich přemnožení. Vztahy mezi rybí obsádkou a planktonem nejlépe vyjadřuje schéma na obr. 8.

Větší planktonní sinice, které vyvolávají vod. květy, ovšem predáčním tlakem dafnií netrpí a nerušeně se i za těchto podmínek mohou přemnožit. Proto jsme k potlačení vod. květu sinic zkoušeli použít fytoplanktofágní ryby, **tolstolobika bílého a pestrého**, což se nám na nádrži Skalka u Chebu, každoročně postihované silným vod. květem, plně osvědčilo. Otázku však nelze považovat za zcela vyřešenou a je třeba v této oblasti pokračovat ve výzkumu.

Sládeček v této souvislosti uvažoval i o inokulaci specifických **cyanofágů**, avšak tato metoda zůstala zatím jen ve stádiu laboratorních experimentů.

Pokud se týká vodních makrofyt, vzbuzuje značný optimismus zavádění býložravé ryby **amura bílého** do našich vod. Bílý amur je totiž nevybíravý a likviduje prakticky veškerou vodní flóru včetně vláknitých řas, přičemž jeho spotřeba je velká. Na 1 kg přírůstku spotřebuje v našich podmínkách kolem 50 kg (podle některých autorů až 90 kg) makrofyt. Hodně ovšem závisí i na teplotě vody, neboť jde o vysloveně teplomilnou rybu, která začíná přijímat potravu zhruba od teploty 15 °C; nelze ji tedy vysazovat do chladných nádrží, v nichž by si nemohla vytvořit dostatečnou tukovou rezervu na přezimování. V nádržích, kde je vysazována pro ničení porostů

vodních makrofyt, však nemůžeme provádět krmení ostatních ryb šrotem nebo granuláty, protože je schopna se na toto krmivo velmi rychle přeorientovat a vodní makrofyta opomíjet.

Při stanovení potřebné hustoty obsádky bílého amura k potlačení vodních makrofyt musíme vycházet z hustoty porostů (hmotnosti čerstvé biomasy na m^2), hmotnosti ryb a průměrné teploty vody nádrže. Ryby vysazujeme nejméně dvouleté v množství 50-100 kusů na hektar, tříleté v množství 30-300 kusů na hektar, čtyřleté v množství 50-150 kusů na hektar.

Velkou předností aplikace bílého amura je to, že se v našich podmínkách spontánně nevytírá a nemůže se tudíž přemnožit. Nevýhodou je zavlečení některých nových parazitů do naší ichtyofauny.