

KONTROLA RASTA ALGI U VODNIM EKOSUSTAVIMA UPOTREBOM SLAME JEČMA

V. Pavić¹, D. Galović², E. Has-Schön¹, I. Bogut²

Sažetak

Alge uzrokuju niz problema u organiziranim vodenim sustavima: ometaju protok u drenažnim sustavima, blokiraju pumpe i brane, ometaju navigaciju, ribolov i druge oblike rekreacije, uzrokuju kvarenje i miris pitke vode, blokiraju filtere i u nekim slučajevima, predstavljaju zdravstveni rizik za ljude, stoku i divlje životinje. Ti problemi su u stalnom porastu zbog povišenih koncentracija hranjivih tvari u vodi kao rezultat ljudske aktivnosti i prirodnih procesa. Jednostanične alge je teško kontrolirati metodama koje se koriste za druge vodene biljke zbog njihove male veličine i brzog rasta. Alge su osjetljive na herbicide, ali ovaj pristup je nepopularan u nekim vodama zbog utjecaja na okoliš ili zdravlje ljudi i vodenih populacija. Nadalje, herbicidi uništavaju i više biljke, tako da ponovni rast algi nije ograničen natjecanjem s višim biljkama i problem se pogoršava u idućim godinama. Primjena slame ječma u vodi testirana je u širokom rasponu situacija u mnogim zemljama širom svijeta te se pokazala vrlo uspješnom u većini situacija bez poznatih nepoželjnih nuspojava. Slama ječma u vodi tijekom procesa raspadanja oslobađa spojeve koje sprječavaju rast algi. Ova primjena pruža jeftin, ekološki prihvatljiv način kontrole algi u vodotocima u rasponu veličina od vrtnih jezeraca do velikih rezervoara, potoka, rijeka i jezera. Unatoč jednostavnosti ideje, iskustvo je pokazalo da postoji nekoliko osnovnih pravila koje treba slijediti kako bi se osigurala uspješnost slame ječma u spomenute svrhe. Cilj ovog rada je pružiti praktične savjete o optimalnim načinima korištenja slame ječma za potrebe kontrole rasta algi u organiziranim vodenim sustavima.

Ključne riječi: alge, kontrola rasta, slama ječma

UVOD

Alge uzrokuju niz problema u vodi: ometaju protok u drenažnim sustavima, blokiraju pumpe i brane. Kod riba se javljaju kožna oboljenja, iritacija i zatajivanje škrge, sma-

1 Valentina Pavić, prof., (e-mail: vpavic@biologija.unios.hr); prof.dr.sc. Elizabeta Has-Schön, Odjel za biologiju, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Osijek, Hrvatska;

2 dr.sc. Dalida Galović; prof. dr.sc. Ivan Bogut, Zavod za stočarstvo, Poljoprivredni fakultet, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Osijek, Hrvatska

njena reprodukcija i gladovanje zbog težeg pronalaska plijena. Alge uzrokuju kvarenje pitke vode i slabu propusnost svjetla što negativno utječe na vodeno bilje i fotosintezu. U nekim slučajevima, predstavljaju zdravstveni rizik i za ljude jer uzrokuju kožne iritacije. Ti problemi su u stalnom porastu jer se kao rezultat ljudske aktivnosti i prirodnih procesa povećavaju koncentracije hranjivih tvari u vodi. Alge su osjetljive na raznovrsne algicide širokog spektra, ali ovaj je pristup nepopularan zbog utjecaja na okoliš ili zdravlje. Nadalje, herbicidi koji kontroliraju alge također uništavaju više biljke, tako da prestankom djelovanja herbicida ponovni rast algi nije ograničen natjecanjem s višim biljkama i problem se pogoršava. Primjena slame ječma u vodi testirana je u širokom rasponu situacija i u mnogim zemljama širom svijeta te se pokazala vrlo uspješnom u većini situacija bez poznatih nepoželjnih nuspojava.

Alge igraju važnu ulogu u svim vodnim ekosustavima. Predstavljaju hranu i temelj energije za sve organizme koji žive u jezerima, ribnjacima i potocima. Vodeni biljni svijet glavni je izvor kisika za vodeni životinjski život jer fotosintezom stvara kisik. Međutim, neprirodan ili prekomjerni rast algi (cvjetanje) ometa korištenje vodenih resursa i čak može biti štetno.

Poznato je da mnogi rodovi cijanobakterija proizvode široki spektar toksina i bioaktivnih spojeva koji su sekundarni metaboliti (Sivonen i Jones, 1999). Hepatotoksini su globalno najčešći cijanobakterijski toksini, nakon čega slijede neurotoksini (Sivonen i Jones, 1999; Klisch i Häder, 2008; Sivonen i Börner, 2008). *Microcystis* je jedna od najčešćih algi koje stvaraju cvjetanja u slatkovodnim sustavima na svakom kontinentu osim Antarktiku (Fristachi i Sinclair, 2008). Ovaj rod može proizvesti čitav niz potencijalno štetnih spojeva uključujući mikrocistine, anatoksin-(a) i amino b-metilamino-L-alanin (Fristachi i Sinclair, 2008).

Pronađeno je da se različite vrste algi razlikuju u osjetljivosti na učinke slame ječma. Prema Tablici 1. rast nekih modrozelenih (Cyanobacteria) i zelenih algi (Chlorophyta) suzbijen je upotrebom slame ječma, za razliku od drugih velikih skupina algi (npr. *Diatomea*).

Kasnih 1970-ih zabilježeno je mnogo slučajeva korištenja slame ječma u kontroli cvjetanja algi u slatkovodnim sustavima. Najopsežnija upotreba je na Britanskom otočju gdje se koristi u jezerima različitih veličina, spremnicima pitke vode, kanalima i potocima (Barrett i sur., 1999, Caffrey i Monahan, 1999, Welch i sur., 1990). Mnogi od objavljenih radova bilježe dosljedan uspjeh u prevenciji cvjetanja algi gdje su prethodno bile redovita pojava. Uspjeh je postignut šest godina za redom bez pojave otpornih algi ili vidljivih promjena vrsta algi nastalih nakon primjene (Barrett i sur., 1999). Potiskivanje cvjetanja algi postignuto je bez ikakvih oštećenja beskralješnjaka, riba ili ptica, a rast makrofita ponekad je poboljšao. Nisu zabilježene promjene okusa ili mirisa u izvorima pitke vode tretirane slamom ječma, dapače, uklonjeni su smanjenim cvjetanjem algi (Everall i Lees, 1997, Barrett i sur., 1999).

Tablica 1. Pregled učinaka slame ječma na različite vrste algi

Table 1. Summary of effects of barley straw on different algae taxa

VRSTA / TAXON	SUZBIJANJE/ SUPPRESSION	IZVOR / SOURCE
<i>Anabaena cylindrica</i>	ne / no	Holz i sur./et al., 2001
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	da / yes	Everall i Lees 1997
<i>Chlorella capsulata</i>	da / yes	Brownlee i sur./et al., 2003
<i>Chlorella vulgaris</i>	da / yes	Holz i sur./et al., 2001.
<i>Cladophora glomerata</i>	da / yes	Welch i sur./et al., 1990
<i>Cyclotella sp.</i>	ne / no	Brownlee i sur./et al., 2003
<i>Cylindrospermum sp.</i>	ne / no	Holz i sur./et al., 2001
<i>Eucapsis sp.</i>	ne / no	Holz i sur./et al., 2001
<i>Gloeocapsa sp.</i>	neznatno/slightly	Holz i sur., 2001
<i>Isochrysis sp</i>	da / yes	Brownlee i sur./et al., 2003
<i>Microcystis aeruginosa</i>	da / yes	Newman i Barrett 1993
<i>Pseudanabaena sp.</i>	ne / no	Brownlee i sur./et al., 2003
<i>Scenedesmus</i>	da / yes	Ball i sur./et al., 2001

Slama ječma ne djeluje kao algicid već suzbija daljnji rast novih algi, dok stare prirodno izumiru. Tijekom procesa raspadanja u vodi oslobađaju se tvari koje sprečavaju rast algi. Truljenje je temperaturno ovisan mikrobn proces, brži ljeti nego zimi. Kada je temperatura vode ispod 10 °C može potrajati 6-8 tjedana, a samo 1-2 tjedna pri temperaturi vode iznad 20 °C (Lembi, 2002). Tijekom ovog razdoblja, rast algi nastavlja se neometano. Nakon početka oslobađanja tvari slama ostaje aktivna sve dok se gotovo potpuno ne razgradi. Trajanje ovog perioda varira s temperaturom i oblikom primijenjene slame. Slama bi trebala ostati aktivna između četiri i šest mjeseci, nakon čega se djelovanje brzo smanjuje. Vrlo je vjerojatno da kombinacija čimbenika rezultira u algistatskoj aktivnosti koja proizlazi iz raspadanja slame. Vrijeme potrebno za djelovanje ovisi o vrsti algi. Male, jednostanične vrste koje čine vodu zelenom i mutnom obično nestaju u roku 6-8 tjedna od primjene slame. Veće nitaste alge, često poznate kao korovni pokrivači, mogu preživjeti duže i moguć je opstanak u prvoj sezoni, ako je slama dodana prekasno u fazi rasta kada je vegetacija algi gusta. Zato je poželjno dodavanje slame vrlo rano u proljeće prije početka rasta algi.

Postoji više predloženih mehanizama potiskivanja rasta algi slamom ječma. Objašnjenje koje preferira nekoliko autora je da pri raspadanju (truljenju) slame u aerobnim uvjetima dolazi do polaganog ispiranja fenolnih spojeva poput lignina, a osobito oksidiranih fenola, u okolne vode (Everall i Lees, 1997, Pillinger i sur., 1993, Ridge i Pillinger, 1996). Laboratorijski i terenski pokusi pokazali su otpuštanje fenolnih tvari koje potiskuju rast algi (Everall i Lees, 1997, Pillinger i sur., 1994).

Stavljanjem slame u vodu topljive komponente slame su isprane, što uzrokuje smeđe obojenje vode. Ovi spojevi nisu identificirani, ali su mješavina ugljikohidrata i hemice-luloze. Bakterije su dominantni mikro-organizmi u ovoj fazi. Nakon otprilike dva tjedna dominantnu mikro-floru čine gljive (Newman, 1993). Tada počinje razgradnja lignina do topljivih koji će biti promijenjeni aktivnošću bakterijskih i gljivičnih enzima prije

otpuštanja u okolne vode. Ova mješavina spojeva prelazi u fulvinske i huminske kiseline, ili tzv. otopljeni organski ugljik koji je prirodna komponenta mnogih slatkovodnih ekosustava. Kada svjetlo obasja vodu koja sadrži humusne tvari, apsorbiranu sunčevu energiju prenosi na molekule otopljenog kisika i nastaje vodikov peroksid (Barret i sur., 1996). Vodik peroksid je malo stabilniji i traje oko 2 dana u slatkovodnoj vodi. Prisutnost stalnog izvora prave forme humusnih tvari stvara uvjete u kojima se vodik peroksid i druge oksidirajuće tvari mogu kontinuirano stvarati. Koncentracija vodikovog peroksida od samo 2 ppm pokazala je inhibiciju rasta algi (Newman, 1993). Eksperimenti pokazuju da se održavanjem niske koncentracije vodikovog peroksida može postići učinak na alge vrlo sličan slami (Petruševski i sur., 1996, Geiger i sur., 2005, Liao i sur., 2008).

Slama ječma djeluje učinkovitije i na duže periode i uvijek joj treba davati prednost u odnosu na druge slame. Kod upotrebe drugih vrsta slame (pšenična, lanena, kukuruzna, uljane repice i lavandina), vjerojatnija je potreba za povećanjem primijenjenih količina i učestalosti primjene. Nije poznato zašto slama drugih biljaka ne pokazuje algistatske učinke, unatoč tome što također sadrže značajne razine fenola (Ball i sur., 2001). To ukazuje na to da vrsta fenola (npr. postoji mnogo različitih strukturnih oblika lignina) može biti važna. Algistatske efekte je također pokazalo razgrađeno lišće bjelogorice, poput hrasta, koje je bogato fenolima, ali i "smeđa" trula drva koja sadrže obojene fenolne tvari (Pillinger i sur., 1995, Ridge i Pillinger, 1996, Ridge i sur., 1999). Sijeno i biljni zeleni materijal ne smiju se koristiti jer otpuštaju hranjive tvari koje poboljšavaju rast algi. Također vrlo brzo trunu i mogu uzrokovati deoksigenaciju vode. Slama ispravno trune samo u dobro ozračenim uvjetima (Newman, 1993). Kod anaerobne razgradnje nastaju spojevi koji stimuliraju rast algi jer ih alge koriste kao izvor ugljika.

Alternativna pretpostavka za učinak slame ječma u suzbijanju rasta algi fokusirana je na slamu kao dodatni izvor ugljika, a ne kao kemijski inhibitor. Slama ječma pruža izvor ugljika za rast mikroorganizama ograničenih ugljikom. Zahvaljujući dostupnosti ugljika raste proizvodnja mikrobnih zajednica, a unos fosfora je paralelno vezan kroz ne-cijano-bakterije u ekosustavu. Prisutnost raspadanja slame ječma stoga rezultira ograničenjem fosfora za alge, a ne inhibicijom otpuštenog kemijskog spoja (Anhorn 2005).

Cilj ovog rada je pružiti praktične savjete o optimalnim načinima korištenja slame ječma za potrebe kontrole rasta algi u organiziranim vodenim sustavima.

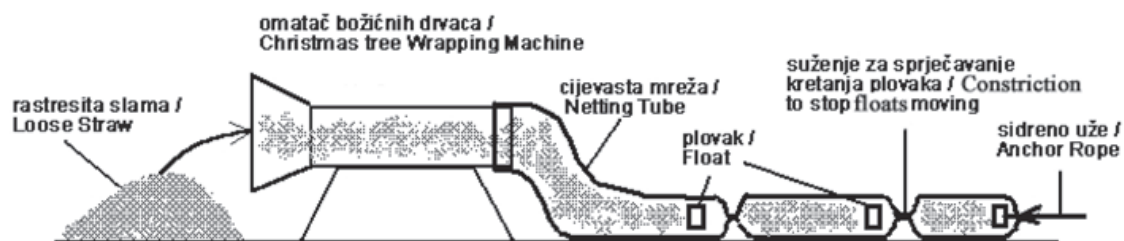
PRIMJENA SLAME

Najvažnija mjera u izračunu količine potrebne slame je površina vode. Ipak, volumen vode ne utječe na djelovanje slame. Razlog tome je što se većina rasta algi odvija u površinskim slojevima vode, tako da nije potrebno mjeriti dubinu ili volumen jezera prilikom izračunavanja količine slame (Lembi, 2002). U stajaćim vodama, početna doza slame treba biti 50 gm⁻². Sljedeća doza treba biti oko polovice početne, ili oko 25 gm⁻². Nakon što je problem algi smanjen, potrebni su dodatni dodaci slame kako bi se spriječilo ponavljanje problema. U ovoj fazi doza se može svesti na doze održavanja od 10 gm⁻². Na hektarskoj osnovi doze su: početna 500 kg ha⁻¹, naknadne 250 kg ha⁻¹ i održavanje 100 kg ha⁻¹. U mutnoj ili blatnoj vodi bit će potrebno dodati više slame nego u bistroj vodi bez

blata. Bolje je primijeniti više u početku, a zatim smanjiti količinu, postupno svaki put dok se doza ne smanji na 10 g m^{-2} ili do ponovnog povećanja rasta algi kada se doza treba povećati na prethodno učinkovitu razinu (Lembi, 2009). Postoji razina doze pri kojoj slama može uzrokovati probleme deoksigenacije vode. To je uzrokovano apsorpcijom kisika iz vode za disanje mikroorganizama koji koloniziraju slamu i kemijskom potrošnjom kisika za proces raspadanja. Međutim, slama ječma razlaže se polako i potražnja kisika mikroorganizama neće uzrokovati probleme, osim kod primijenjene prekomjerne količine slame (više od 500 g m^{-2}). Deoksigenacija se može pojaviti kao rezultat prirodnih procesa posebno kod dužih perioda vrućina kada se topljivost kisika u vodi smanjuje, a biološka potrošnja kisika povećava. Deoksigenacija je često uzrokovana cvjetanjem algi i tako prisutnost slame koja sprječava nastanak cvjetanja može smanjiti rizik od deoksigenacije. Međutim, slama se ne smije primijeniti tijekom duljeg razdoblja vrućina u vodama koje sadrže gusto cvjetanje algi jer kombinirana potrošnja kisika zbog cvjetanja algi i slame može privremeno povećati rizik od deoksigenacije, što može dovesti do gubitka nekih riba.

Iako se slama može primijeniti u bilo koje doba godine, puno je učinkovitije ako se primjenjuje prije početka rasta algi. Otpušteni spojevi su učinkovitiji u sprječavanju rasta algi u odnosu na ubijanje već prisutnih algi. Dakle, slamu je najbolje nanositi u proljeće i jesen kada su niske temperature vode. U roku od mjesec dana spojevi će aktivno djelovati, a sprječavat će rast algi oko 6 mjeseci (Newman, 1993). No, brzi rast algi započet će kada je istrunula sva slama pa daljnje primjene trebaju biti svakih 4 do 6 mjeseci. Nije preporučljivo čekati dok sva slama istrune prije druge primjene jer će tada biti period bez inhibirajućih spojeva i moguć je brz rast algi. Iz istog razloga stara se slama ne smije ukloniti najmanje mjesec dana nakon dodavanja nove slame. To omogućava vrijeme aktivacije nove slame.

Bale treba razdijeliti i labavu slamu umotati mrežom ili žicom. Jedan od jednostavnijih načina za omatanje velike količine labave slame je upotreba jednog od različitih oblika cjevaste mreže koju obično prodaju za omatanje božićnih drvca i u druge poljoprivredne svrhe, kako je prikazano na slici 1. Preporučljivo je da se ugrade plovci unutar mreže kako bi slama bila blizu površine kada se natopi. Usidre se užem za betonske blokove ili vreće šljunka. Poželjno je usidriti samo na jednom kraju za pružanje najmanjeg otpora vjetru i struji. Uvijek je poželjnije primijeniti nekoliko manjih količina slame nego jednu veliku. Time se poboljšava raspodjela aktivnih faktora kroz vodu.



Slika 1. Prikaz omatanja slame u cjevaste mreže s ugradnjom plovaka (CEH, 2004)

Figure 1. Wrapping straw in a tubular network with float incorporation (CEH, 2004)

Slama najbolje djeluje blizu površine gdje je kretanje vode najveće. To održava slamu opskrbljenu kisikom i pomaže distribuirati spojeve. Uz to osigurava da se spojevi proizvode u blizini rasta većine algi i daleko od blatnog dna koje će inaktivirati spojeve (Lembi 2009; Newman 1993).

U male ribnjake gdje je samo jedna mreža slame dovoljna, slama bi trebala biti postavljena u centru ribnjaka. Međutim, ako postoji dolazni tok vode, bilo kao potok ili izvor, mrežu slame treba smjestiti na kontinuirani protok vode preko i kroz slamu. To će pomoći održanju slame opskrbljene kisikom i širenju spojeva diljem ribnjaka. Jezera i akumulacije iziskuju izračun potrebne količine slame, koliko mreža treba koristiti i na kojoj udaljenosti. Mreže ili „kobasice“ od slame trebaju biti smještene tako da je svaka mreža otprilike na jednakoj udaljenosti od svojih susjednih i od obale. Bale, mreže ili koševi slame trebaju biti smješteni jedna nasuprot drugoj u parovima ili naizmjenice uz obje obale rijeka i potoka. U brzo tekućim potocima gdje postoji malo blata za apsorpciju spojeva, razmak između mreža može biti 100 m (50 m ako su smještene naizmjenično), ali u sporo-tekućim blatnim vodotocima ovaj prostor treba smanjiti na ne više od 30 m. U vrlo uskim potocima možda će biti potrebno postaviti slamu u neposrednoj blizini obale kako ne bi ometala tok, ali u većim vodotocima slama treba biti daleko od obale što je više moguće. To ju čini manje podložnom oštećenjima, te osigurava dobar protok vode oko i kroz slamu. Slamu uvijek treba dobro učvrstiti za obalu ili za kolce u dnu da ne dođe do gubitaka tijekom poplava. Na nepravilno oblikovanim ribnjacima, poželjno mjesto za mreže je nasuprot rtova ili mjesta gdje mreže neće biti izložene vjetru i valovima.

PREDNOSTI I NEDOSTACI

Premda raspadanjem slame ječma nastaju spojevi s utjecajem na rast algi, spojevi nisu rezultirali niti jednim dokumentiranim lošim utjecajem na ribe, ptice močvarice ili ljude (Newman, 1993). Spojevi nastali tijekom ovog procesa su prirodni i nastaju razgradnjom bilo kojeg biljnog materijala u vodi. Slama ječma pruža alternativu proizvedenim kemikalijama koji se koriste u ribnjacima za kontrolu algi. Još jedna prednost je spor proces razlaganja koji osigurava dugoročnu kontrolu. To je ekološki prihvatljiv i troškovno-učinkovit oblik kontrole rasta algi. Pruža stanište vodenim beskralježnjacima koji postaju plijen za ribe i ptice močvarice. Opažene su pojave poboljšanog rasta, snage i zdravlja riba u vodama tretiranih slamom, vjerojatno zbog povećane zalihe hrane u obliku beskralješnjaka. Riba također može lakše pronaći hranu u vodi koja nije gusto kolonizirana jednostaničnim ili nitastim algama. Kontroliranje algi slamom omogućava bolje prodiranje svjetla u dublje razine vode pa se fotosinteza odvija u većem volumenu vode i osigurava poboljšano okruženje za ribe. Mnoge patke i druge ptice močvarice su stvorile gnijezda na plutajućim mrežama slame. Otkrili su da dodavanje slame u šljunčare značajno povećava preživljavanje mladih pačića koji zahtijevaju prehranu koja se sastoji uglavnom od beskralješnjaka.

Slama ječma neće kontrolirati rast vodenih biljaka kao što je trava. Upotreba slame rezultira vrlo čistom vodom koja propušta više sunčeve svjetlosti do vodenih biljaka, što rezultira bujnim rastom. Propadanje vegetacije, bilo da je riječ o slami ječma ili vodenim

biljkama, zahtijeva velike količine kisika. Premda rizik može biti mali, to bi moglo predstavljati problem za neke ribnjake. U tim situacijama vlasnik ribnjaka treba razmotriti mogućnost instaliranja aeratora za smanjenje tog rizika.

ZAKLJUČCI

Na temelju brojnih istraživanja koja su pokazala uspješnu kontrolu cvjetanja algi, slama ječma nudi ekološki prihvatljiv i troškovno-účinkovit oblik kontrole rasta algi. Primjena slame ječma ne ubija alge već koči njihov rast. Alge se mogu oporaviti i nastaviti normalan rast kada se vrate u ne-tretirani okoliš. Slama treba biti primijenjena dva puta svake godine, po mogućnosti u rano proljeće prije početka rasta algi, te ujesen. Slama treba biti podržana plovcima tako da ne potone više od 1 m ispod površine, čak i kada je preplavljena. Ako slama počne smrdjeti treba biti uklonjena zato što ne djeluje, što je uzrokovano prevelikom količinom slame u premalo vode. Slama ječma treba biti smještena u vodu nekoliko mjeseci prije očekivane cvatnje jer razgradnja slame mora započeti nekoliko tjedana prije otpuštanja algistatskih tvari. Osim toga, utvrđeno je da čak i vrlo visoke doze slame ne mogu eliminirati cvatnju koja je započela. Za uspjeh metode ključno je koristiti odgovarajuću količinu slame. Najvažnija mjera u izračunu količine potrebne slame je površina vode, te se obično navodi kao masa suhe slame po jedinici površine vode. Slama mora biti dobro prozračena stoga se bale slame koriste samo u potocima s jakim strujama. Inače se slama labavo stavlja u mreže, najbolje konfigurirane u obliku dugih cijevi koje omogućavaju dobar protok vode kroz slamu i pokrivanje širokog prostora. Slama mora biti u blizini površine vode, obično tako da se mreža pričvrsti za plutajuća tijela, a raspodjela slame mora biti razumno jednolika preko velike površine vode.

Summary

ALGAL GROWTH CONTROL IN WATER SYSTEMS USING BARLEY STRAW

V. Pavić¹, D. Galović², E. Has-Schön¹, I. Bogut²

Algae cause a number of problems in organized water systems. They impede flow in drainage systems, pumps and dams, interfere with navigation, fishing and other forms of recreation, cause taint and odour problems in potable waters, block filters and, in some cases, create a health hazard to humans, livestock and wildlife. These problems are increasing because nutrient concentrations in water are rising as a result of human activity

1 Valentina Pavić, prof., (e-mail: vpavic@biologija.unios.hr); prof.dr.sc. Elizabeta Has-Schön, Department of Biology, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Osijek, Croatia;

2 dr.sc. Dalida Galović; prof. dr.sc. Ivan Bogut, Department for special zootechnique, Faculty of Agriculture, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Osijek, Croatia

and natural processes. Unicellular algae are difficult to control by methods used for other aquatic plants due to their small size and rapid growth. Algae are sensitive to herbicides, but this approach is unpopular in some waters because of the impact on the environment or human health and aquatic populations. Furthermore, herbicides destroy more plants, so the regrowth of algae is not restricted by competition from higher plants and the problem gets worse in subsequent years. The application of barley straw in water was tested in a wide range of situations in many countries around the world and has proved very successful in most situations with no known adverse side effects. During the process of decomposition, barley straw releases compounds in water that prevent the growth of algae. This application provides a cost effective, environmentally friendly way to control algae in water bodies ranging in size from garden ponds to large reservoirs, streams, rivers and lakes. Despite the simplicity of the idea, experience has shown that there are some basic rules that must be followed to ensure the success of barley straw for the above-mentioned purposes. The aim of this paper is to provide practical advice on the optimal ways of using barley straw for algal growth control in organized water systems.

Key words: algae, growth control, barley straw

LITERATURA

- Anhorn, R. (2005): A study of the water quality of 145 Metropolitan area lakes. Metropolitan Council, Meares Park Center, 230 East Fifth Street, St. Paul, Minnesota. Publication Number 32-04-015.
- Ball, A. S., Williams, M., Vincent, D. D., Robinson, J. (2001): Algal growth control by a barley straw extract. *Bioresource Technology*, 77(2):177-181.
- Barrett, P. R. F., Curnow, J. C., Littlejohn, J.W. (1996): The control of diatom and cyanobacterial blooms in reservoirs using barley straw. *Hydrobiologia*, 340:307-311.
- Barrett, P.R.F., Littlejohn, J. W., Curnow, J. (1999): Long-term algal control in a reservoir using barley straw. *Hydrobiologia*, (415):309-313.
- Brownlee, E. F., Sellner, S. G., Sellner, K. G. (2003): Effects of barley straw (*Hordeum vulgare*) on freshwater and brackish phytoplankton and cyanobacteria. *Journal of Applied Phycology*, 15(6):525-531.
- Caffrey, J.M., Monahan, C. (1999): Filamentous algal control using barley straw. *Hydrobiologia*, 415:315-318.
- CEH (2004): Information sheet 1: Control of algae with barley straw. Centre for Ecology & Hydrology (CEH), Natural Environment Research Council (NERC), 13 pp. http://www.ceh.ac.uk/sci_programmes/documents/BarleyStrawtocontrolalgae.pdf
- Everall, N.C., Lees, D.R. (1997): The identification and significance of chemicals released from decomposing barley straw during reservoir algal control. *Water Research*, 31:614-620.
- Fristachi, A., Sinclair, J.L. (2008): Occurrence of cyanobacterial harmful algal blooms workgroup report. In: Hudnell, K.H. (Ed.), *Cyanobacterial Harmful Algal Blooms:*

- State of the Science and Research Needs. Springer, New York, pp. 45–103.
- Geiger, S., Henry, E., Hayes, P., Haggard, K. (2005): Barley straw - algae control. Literature analysis. USA, Agricultural Research Foundation. 25pp.
- Holz, J. C., Fessler, C. J., Severn, A. A., Hoagland, K. D. (2001): Effects of barley straw extract on growth of five species of planktonic algae *Journal of Phycology*, 37(s3):24-25.
- Klisch, M., Häder, D.P. (2008): Mycosporine-like amino acids and marine toxins—the common and the different. *Mar. Drugs* 6, 147–163.
- Lembi, C.A. (2002): Barley Straw for Algae Control. Purdue Extension Publication. PM-001-W: 8 pp.
- Lembi, C. A. (2009): Identifying and managing aquatic vegetation. Purdue Extension Publication. APM-3 W.19 pp.
- Liao, A., Spitzer, M., Motheo, A. J., Bertazzoli, R. (2008): Electrocombustion of humic acid and removal of algae from aqueous solutions. *Journal of Applied Electrochemistry*, 38:721–727.
- Newman, J. R., Barrett, P. R. F. (1993): Control of *Microcystis aeruginosa* by decomposing barley straw. *Journal of Aquatic Plant Management*, 31: 203-206.
- Pillinger, J.M., Gilmour, I., Ridge, I. (1993): Control of algal growth by lignocellulosic material. FEMS Symposium on Lignin Biodegradation and transformation. Biotechnical Applications, Lisbon. pp. 57-58.
- Pillinger J.M., Cooper J.A., Ridge I. (1994): Role of phenolic compounds in the antialgal activity of barley straw. *Journal of Chemical Ecology* 20, 1557-1569.
- Petrusevski, B., Breemen, A.N.V., Alaerts, G.J. (1996): Effect of permanganate pretreatment and coagulation with dual coagulants on algae removal in direct filtration. *Journal of Water Supply: Research and Technology AQUA*, 45(5), 316–326.
- Ridge, I., Pillinger, J. M. (1996): Towards understanding the nature of algal inhibitors from barley straw. *Hydrobiologia*, 340:301-305.
- Ridge, I., Walters, J., Street, M. (1999): Algal growth control by terrestrial leaf litter: a realistic tool. *Hydrobiologia*, 395/396:173-180.
- Sivonen, K., Börner, T. (2008): Bioactive compounds produced by cyanobacteria. In: Herrero, A., Flores, E. (Eds.), *The Cyanobacteria Molecular Biology, Genomics and Evolution*. Caister Academic Press, pp. 159–198.
- Sivonen, K., Jones, G.J. (1999): Cyanobacteria toxins. In: Chorus, I., Betram, (Eds.), *Toxic Cyanobacteria in Water: A Guide to Public Health, Significance, Monitoring and Management*. The World Health Organization/E and F.N. Spon, pp. 41–51.
- Welch, I.M., Barrett, P.R.F., Gibson, M.T., Ridge, I. (1990): Barley straw as an inhibitor of algae growth I: Studies in the Chesterfield Canal. *Journal of Applied Phycology*, 2:231-239.

Primljeno/Received: 1. 4. 2012.

Prihvaćeno/Accepted: 7. 12. 2012.

