
Željko Popović

Ispitivanje sadržaja teških metala u dominantnim vodenim makrofitama Petničkog jezera

Ispitivano je da li se dominantne vodene makrofite Petničkog jezera – podvodna resina (Ceratophyllum demersum L.) i širokolisna rogoz (Typha latifolia L.), mogu koristiti kao pokazatelji stepena zagađenosti vode i da li su one potencijalne bioakumulatorske ili hiperakumulatorske vrste za neke metale. U tu svrhu određivan je sadržaj gvožđa, mangana, cinka, nikla, olova, kadmijuma, bakra i hroma u ovim biljkama i vodi Petničkog jezera. Konstatovano je da je količina teških metala u biljnom materijalu daleko veća od njihove koncentracije u vodi. Kao najbolji bioakumulator izdvojio se podzemni deo širokolisnog rogoza, s obzirom da je najviše akumulirao Fe, Mn, Zn, Co i Pb.

Uvod

Vodne biljke poseduju čitav niz adaptacija na specifične termičke, svetlosne i gasne uslove sredina u kojima se nalaze. Površina submerznih listova je veoma povećana u odnosu na zapreminu, tako da su oni obično tanki, trakasti iliancelasti, često još i izdeljeni. Korenov sistem je redukovan, a često i odsutan jer biljke čitavom svojom površinom upijaju hranljive materije iz vode. Kod biljaka koje imaju koren on prvenstveno služi za pričvršćivanje, dok mu je uloga u ishrani sekundarna (Petković 1991). Prema Jankoviću (1990) vodene biljke se dele na hidrofite (vodene biljke u užem smislu) i helofite, koje čine prelaz između hidrofita i higrofita (kopenih biljaka vlažnih staništa).

Vodne biljke mogu da akumuliraju znatne količine teških metala, 10-10⁶ puta više u odnosu na njihovu koncentraciju u vodenom okruženju (Kovacs *et al.* 1984). Metali uopšte, pored uloge nutrijenata, mogu imati toksičan efekat kad su u prisustvu u većim koncentracijama i u slobodnoj jonskoj formi. Zbog toga makrofite imaju nezamenljivu ulogu u kruženju teških metala u akvatičnim ekosistemima (St-Cyr *et al.* 1994).

Jedan od načina prečišćavanja životne sredine u kome detoksifikaciju vrše hiperakumulatorske biljke jeste fitoremedijacija. Postoje dve teorije o tome da li je neka biljna vrsta hiperakumulator. Po prvoj teoriji vrsta je

Željko Popović
(1983), Zrenjanin,
Jug Bogdana 7/10,
učenik 4. razreda
Zrenjaninske gimnazije

hiperakumulator ako usvaja za jedan red veličina veće koncentracije polutanata u odnosu na neakumulatorske vrste: 0.01-0.06%, a po drugoj ako usvaja polutante više od 0.1% (1000 ppm) suve biomase (Salt *et al.* 1998). Druga teorija je prihvatljivija jer daje tačnu graničnu vrednost akumulacije iznad koje se biljka može smatrati hiperakumulatorom.

Cilj ovog rada je da se utvrdi da li se dominantne vodene makrofite *Ceratophyllum demersum* L. i *Typha latifolia* L. iz Petničkog jezera mogu koristiti kao pokazatelji stepena zagađenosti vode i da li su one potencijalne bioakumulatorske ili hiperakumulatorske vrste za neke metale, a samim tim i mogući biofiltratori i remedijatori vodene životne sredine. U tu svrhu ispitivan je sadržaj gvožđa, mangana, cinka, nikla, olova, kadmijuma, bakra i hroma u ovim biljkama i vodi Petničkog jezera.

Materijal i metode

Za ispitivanje sadržaja teških metala u vodenim makrofitama Petničkog jezera korišćene su sledeće vaskularne hidrofite: *Ceratophyllum demersum* L. – podvodna resina i *Typha latifolia* L. – širokolisna rogoz, koje predstavljaju dominantnu vegetaciju u Petničkom jezeru. Pored navedenih, detektovane su i druge biljne vrste ali je njihova brojnost i učestalost manja u odnosu na izabrane makrofite

Uzorkovanje je izvršeno 2002. godine, početkom avgusta kada biljke ispoljavaju maksimum u razviću tj. kada im je najveća organska produkcija. Biljni materijal je prikupljen iz jezera sa 16 lokaliteta koji su međusobno udaljeni na 70-100 m i na taj način je obuhvaćena čitava obala pomenute vodene površine.

Uzorci vode su uzeti sa pet različitih lokaliteta na Petničkom jezeru, standardnim postupkom. Hemijska analiza vode je izvršena da bi se videlo postoje li supstance u količinama većim nego što je dozvoljeno i da li postoji razlika u koncentraciji materija u biljnim tkivima i vodi.

Nakon uzorkovanja biljke su oprane, mehanički usitnjene i pripremljene za merenje sveže mase. Nadzemni i podzemni deo *T. latifolia* su bili razdvojeni zbog toga što je ova biljka ukorenjena helofita. Posle merenja sveže mase usledilo je sušenje uzoraka na 60°C narednih 12 časova do konstantne suve mase. Za hlađenje uzoraka je korišćen eksikator sa CaCl₂ kao higroskopnom materijom.

Priprema biljnog materijala za analizu na atomskom apsorpcionom spektrofotometru (AAS Philips, Pye Unicomp SP9) je izvršena kombinovanim metodom suvog i mokrog razlaganja (Vukojević 1999). Uzorci vode su uparavani sa zapremine od 250 mL na manje od 25 mL, profiltrirani kroz filter papir, i u svaki je dodato po 2 mL 5N HCl i destilovane vode do crte u normalnom sudu od 25 mL. Nakon toga uzorci su analizirani na AAS-u.

Rezultati i diskusija

Analize su pokazale da ispitivani uzorci vode ne sadrže koncentracije teških metala iznad dozvoljenih, što se može videti iz tabele 1. Prikazane maksimalno dozvoljene koncentracije u tabeli su prema Jakovljeviću (1991). Kobalt i hrom nisu pronađeni ni u jednom uzorku, što ne znači da nisu prisutni u vodi već da su možda bili u takvoj koncentraciji koja je bila ispod praga detekcije AAS.

Tabela 1. Prosečna koncentracija metala u uzorcima vode ($\mu\text{g/L}$)

Metal	Koncentracija metala u vodi	Maksimalno dozvoljena koncentracija
Zn	10.62	200
Fe	0.078	300
Mn	1.206	200
Ni	16.1	50
Co	–	200
Cu	2.61	100
Cd	0.154	5
Pb	2	50

Koncentracije ispitivanih teških metala u biljnom tkivu kod *Ceratophyllum demersum* i *Typha latifolia* (posebno za koren i list) date su u tabeli 2.

Tabela 2. Koncentracije teških metala u biljnom tkivu (ppm)

Element	<i>Ceratophyllum demersum</i>	<i>Typha latifolia</i> , koren	<i>Typha latifolia</i> , list
Zn	80	700	50
Fe	2400	14600	1200
Mn	800	900	600
Ni	90	60	50
Co	130	200	0
Cu	19	16	16
Cd	0.6	1.2	0.6
Pb	80	130	60

Najveća količina cinka u biljnom tkivu pronađena je u rizomu *T. latifolia* L., dok je u nadzemnom delu iste biljke i kod vrste *C. demersum* L. ona mnogo manja – oko 10 puta. Ovo nam ukazuje na potencijalne bio-

akumulatorske ili hiperakumulatorske sposobnosti podzemnog dela biljke *T. latifolia* L. Treba napomenuti da je količina Zn u biljnim tkivima bila veća od koncentracije ovog metala u vodi što potvrđuje činjenicu da su vodene biljke dobri bioakumulatori (Kovacs *et al.* 1984).

Kobalt je u obe biljne vrste detektovan u malim količinama, a u nadzemnom delu *T. latifolia* L se nalazio u količinama koje nisu bile moguće za detekciju na AAS-u. Ipak, kao značajniji bioakumulator se izdvojio rizom širokolisne rogozi. U vodi je kobalt bio u koncentraciji ispod praga detekcije.

Kao najbolji bioakumulator gvožđa izdvojio se podzemni deo rogoza sa neverovatnom količinom od 15 000 ppm. Količina Fe u resini je iznosila 2500 ppm, a u nadzemnom delu rogozi 1200 ppm što je ukazalo na to da se ovaj metal u tkivima nalazi u takvim količinama za koje se biljka smatra hiperakumulatorskom vrstom. Ni u jednom uzorku obe biljne vrste ovaj makroelement nije pronađen u količini manjoj od 1000 ppm što potvrđuje njegovu važnost za biljke, ali i veoma izražen bioakumulatorski karakter pomenutih biljnih vrsta.

Kao najbolji bioakumulator Mn se istakao rizom *T. latifolia* L, pa potom slede *C. demersum* L. i nadzemni deo rogozi.

Poredeći ove rezultate sa rezultatima analize sadržaja vodenih makrofita iz jezera Provala u jugozapadnoj Bačkoj, gde je prosečna količina Fe i Mn u biljnim tkivima bila oko 820 i 250 ppm (Avramov 2000), uviđamo da je akumulacija ovih metala kod istih biljaka iz Petničkog jezera daleko veća.

Detektovane koncentracije nikla, olova i bakra u biljnim tkivima ispitivanih makrofita su male, ali ne i zanemarljive. Kao najbolji bioakumulator nikla izdvojio se *C. demersum*, posle koga dolazi nadzemni pa podzemni deo *T. latifolia*. Najveću količinu nikla od 250 ppm imao jedan uzorak resine. Nikl je u uzorcima vode bio u koncentraciji koja je bila svega 3 puta manja od maksimalno dozvoljene (tabela 1), a koja je najveća od koncentracija svih ispitivanih metala. Ovakvi rezultati nam ukazuju da resina bioakumulaciju ovog teškog metala vrši upravo iz vode i da bi u budućnosti trebalo obratiti pažnju na koncentraciju nikla u vodi Petničkog jezera.

Prisustvo olova je zabeleženo u tkivima obe biljke i to u najvećoj prosečnoj količini kod rizoma *T. latifolia* – oko 130 ppm, dok se kod ostalih kreće do 70 ppm. Opet upoređujući rezultate sa rezultatima iz jezera Provala, gde je prosečna količina Pb u biljkama oko 5 ppm, uviđamo veću bioakumulaciju ovog teškog metala kod istih vodenih biljaka Petničkog jezera. Trend teških metala i njihova bioakumulacija u biljkama jezera Provala prati se konstantno od 1997. godine, te je utvrđeno da biljke ovog jezera imaju povećanu bioakumulaciju olova, kao posledicu antropogenog uticaja na kvalitet vode (Avramov 2000). Ovaj teški, toksični metal u vodu

najčešće dospeva iz atmosfere u koju ga emituju automobili preko izduvnih gasova. On je klasifikovan kao kancerogen element koji ima sposobnost bioakumulacije (Brčeski *et al.* 1999).

Bakar je kod obe biljne vrste pronađen u malim količinama, ali kao najbolji bioakumulator ovog metala pokazao se *C. demersum*. Ovaj metal ni u vodi nije detektovan u značajnim koncentracijama.

Hrom se ili nije nalazio, ili je bio u toliko malim koncentracijama u uzorcima biljaka i vode da je bio ispod praga detekcije. Male količine Cd su pronađene u vodi – 0.2 g/L, ali i u biljnom materijalu gde ga je najviše akumulirao rizom rogozi – 1.3 ppm.

Zaključak

Količina teških metala pronađena u biljnom materijalu bila je daleko veća od koncentracije istih u vodi, što potvrđuje činjenicu da su vodene biljke dobri bioakumulatori. Analize su pokazale da je podzemni deo rogozi (*Typha latifolia* L.) bolji bioakumulator metala od nadzemnog dela, s obzirom da je najviše akumulirao gvožđe, mangan, cink, kobalt i olovo. Podvodna resina (*Ceratophyllum demersum* L.) se izdvojila po velikoj bioakumulaciji gvožđa, mangana, nikla i bakra. Kako je najviše teških metala akumulirao rizom širokolisne rogozi, u budućnosti bi trebalo obratiti pažnju na količine ovih metala u sedimentu jezera.

Poredeći dobijene rezultate sa rezultatima analize sadržaja vodenih makrofita iz jezera Provala u jugozapadnoj Bačkoj, dolazimo do zaključka da je koncentracija Fe, Ni i Pb drastično veća u tkivima istih biljaka iz Petničkog jezera. Ovakvi rezultati nas opominju da i u budućnosti pratimo trend ovih metala u vodi Petničkog jezera.

Literatura

Avramov K. 2000. Makrofite kao bioindikator prisustva teških metala u četiri vodena ekosistema Vojvodine. Nepublikovana doktorska teza. Institut za biologiju Prirodnomatemičkog fakulteta u Novom Sadu, Trg dositeja Obradovića 2

Brčeski I., Gržetić I. 1999. *Voda, kvalitet i zdravlje*. Mol: D.D. Beograd

Jakovljević M., Pantović M. 1991. *Hemija zemljišta i voda*. Beograd: Naučna knjiga

Janković M. M. 1990. *Fitoekologija sa osnovama fitocenologije i pregledom tipova vegetacije na Zemlji*. Beograd: Naučna knjiga

Kovacs M, Nyary I, Toth L. 2001. The microelement content of some submerged and floating aquatic plants. *Acta Botanica Hungarica* **30**: 173

Petković B, Tatić B. 1991. *Morfologija biljaka*, Beograd: Naučna knjiga

Salt D. E, Smith R. D, Raskin I. 1998. *Phytoremediation*. New Jersey: AgBiotech Centegers University

St-Cyr L, Campbell P.G.C, Guertin K. 1994: Evaluation of the role of submerged plant beds in the metal budget of a fluvial lake, *Hidrobiologija*, **219**: 141-156.

Vukojević V. 1999. Ispitivanje sposobnosti fitoekstrakcije olova i gvožđa kod kukuruza. *Petničke sveske*, 49: 207

Željko Popović

Heavy Metals Content in Dominant Aquatic Macrophytes of the Petnica Lake

In this research we analysed the capability of water plants *Ceratophyllum demersum* L. and *Typha latifolia* L. to accumulate pollutants from the environment. We have chosen these two plants, because they are the most frequent aquatic species in the Petnica Lake, where the research was carried out in August 2002. This lake is in the West Serbia, near Petnica Science Center in Valjevo.

Plants were collected from 16 localities around the lake and water samples were collected by standard methods from 5 places. Samples of plants were cleaned and then prepared for chemical analyses by AAS (Atomic Absorbance Spectrometer), in order to measure the concentrations of the following metals: Cd, Co, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb and Zn. We divided the root and stem of *T. latifolia*, because we wanted to see if there was any difference in accumulation between these two tissues.

The results showed that both plants are potential bioaccumulator and hyperaccumulator species for iron and manganese, but *Typha latifolia* L. is for zinc, as well. Roots of *T. latifolia* had a better capability for accumulation than stems, therefore we should try to use this plant in rhizofiltration of water. The concentrations of heavy metals in the water samples were not higher than permitted. The concentrations of trace metals in the water samples were much smaller than the ones in plant tissues, which verifies the fact that aquatic plants are very good bioaccumulators of heavy metals.

The experiment should be repeated in laboratory conditions to prove that *Ceratophyllum demersum* L. and *Typha latifolia* L. can be used in water remediation. We would like to continue this research with other plants as well. There are many hyperaccumulator species that are unknown, which, if identified, might offer solutions for environmental remediation.

