

O UZGOJU SPUŽAVA

M. Pećarević, A. Bratoš Cetinić

Sažetak

Spužve su najjednostavnije građene mnogostanične životinje. Nespolno razmnožavanje i velika sposobnost regeneracije osobine su koje olakšavaju njihov uzgoj. Hrane se filtriranjem čestica suspendiranih u moru pa je uzgoj spužava djelatnost koja ne onečišćuje okoliš, a može se iskoristiti i za smanjenje negativnog utjecaja drugih akvakulturnih djelatnosti. Prirodne populacije spužava u Sredozemnom moru ugrožene su nepravilnim izlovom pa je njihov uzgoj moguće rješenje za obnovu i očuvanje postojećih prirodnih populacija.

Ključne riječi: spužve, regeneracija, uzgoj

UVOD

Skupljanje i iskorištavanje spužava poznato je od vremena starih Grka, Egipćana i Feničana, a tradicija uporabe spužava u kućanstvima, industriji i umjetnosti održala se je do današnjih dana. Osim toga, u novije vrijeme sve se više istražuju produkti metabolizma spužava zanimljivi farmaceutskoj industriji zbog antibiotskog i protutumornog djelovanja, kao i povoljnih učinaka na ljudsko zdravlje (Duckworth i Battershill, 2003b). Novija farmakološka istraživanja produkata dobivenih iz spužava daju ohrabrujuće rezultate i otvaraju perspektive za uzgoj novih vrsta spužava i razvoj ove djelatnosti (Pronzato i sur., 1999), a bioaktivnost spužava u uzgoju slična je ili čak i nešto veća od zabilježene u prirodnim populacijama (Duckworth i Battershill, 2003b).

Uzgoj je spužava jeftin, razmjerno jednostavan i ne zahtijeva složenu infrastrukturu pa je pogodan za manji obiteljski obrt, posebno zato što nisu potrebna velika početna ulaganja (Milanese i sur., 2003; MacMillan, 1996).

Zbog bolesti i nepravilnog skupljanja u Sredozemlju su prorijedene prirodne populacije komercijalno važnih spužava (Vacelet, 1991; Pronzato i

Marijana Pećarević, dipl. ing. mkatic@unidu.hr; mr. sc. Ana Bratoš Cetinić abratos@unidu.hr, Sveučilište u Dubrovniku, Odjel za akvakulturu, Ćira Carića 4, 20000 Dubrovnik

sur., 1999) pa je uzgoj najbolji način njihove obnove i zaštite (Pronzato i sur., 1999; MacMillan, 1996). O nestanku spužava iz njihovih staništa u prirodi najbolje svjedoče iskazi starijih profesionalnih ronilaca koji su usporedili gustoću staništa duž obale Cipra, Krete i Sardinije tijekom tridesetih godina i danas. Prema njihovim riječima, u tridesetim godinama prošloga stoljeća na spomenutim se je lokacijama moglo naći i više od 200–300 jedinki spužava na 100 m². Prije epidemije, koja se je širila ovim područjem između godine 1985. i 1988., gustoća je bila oko 100 jedinki na 100 m², dok u današnje vrijeme ne prelazi ni 50 jedinki na 100 m² (Pronzato i sur., 1996). Bolest se među spužvama ne pojavljuje često, no epidemija koja je zahvatila područje Sredozemnog i Karipskog mora u drugoj polovici 80-ih godina prošloga stoljeća uništila je velik dio populacija spužvi. Komercijalno su zanimljive spužve u tom razdoblju gotovo sasvim nestale iz svojih staništa, pogotovo u istočnom Sredozemlju, što je imalo teške ekonomske posljedice — mnogi su proizvođači spužava propali, a izvoz spužava iz Sredozemlja znatno se je smanjio. Smanjenje ulova rezultiralo je povećanjem cijena spužava iz Sredozemlja pa su tržište uskoro preplavile spužve iz područja Kariba i Tihog oceana, koje su bile lošije kakvoće, ali znatno jeftinije (Verdenal i Vacelet, 1990).

Obnavljanje staništa spužava dugotrajan je proces, čak deset godina nakon epidemije bolesti neke vrste spužava bile su još uvijek rijetke u mnogim područjima (Pronzato i sur., 1999). U istočnom su Sredozemlju komercijalno zanimljive spužve gotovo sasvim nestale, ne samo zbog bolesti nego i zbog nekontroliranog skupljanja. Prekomjerni izlov mogao bi ujedno biti i razlog slabljenja obrambenih mehanizama spužvi i tako dodatno povećavati rizik od bolesti (Pronzato i sur., 1999).

Trenutačno ne postoje podatci o gustoći populacija spužava u Sredozemnom moru, što povećava opasnost od prekomjernog izlova komercijalno zanimljivih vrsta (Pronzato i sur., 1999). Njihov bi uzgoj mogao umanjiti negativne utjecaje prelova i bolesti te pomoći u obnavljanju prirodnih populacija spužava.

BIOLOGIJA SPUŽAVA

Rani su prirodoslovci spužve svrstavali među biljke, a godine 1765. uočeno je gibanje bičeva stanica hoanocita, nakon čega su se spužve počele uvrštavati među životinje.

Spužve su najjednostavnije građene mnogostanične životinje, koje nemaju pravoga tkiva ni organa, nego su izgrađene od međusobno rahlo spojenih stanica koje imaju znatan stupanj neovisnosti, a razlikuju se izgledom i funkcijama koje obavljaju u organizmu.

Najčešća klasifikacija spužava temelji se na građi skeleta pa, prema tome, razlikujemo tri razreda spužava. Razred Calcarea ili Calciospongiae (vapnenjače) obuhvaća spužve s jednozrakastim, trozrakastim ili četverostrukim

vapnenim skeletnim iglicama, razred Hyalospongiae ili Hexacinellida (staklače) uključuje spužve koje imaju šesterozrakaste silicijeve iglice skeleta, podijeljene u megasklere i mikrosklere, dok se u razred Demospongia (kremenorožnjače) ubrajaju spužve koje imaju skelet od silicijevih iglica povezanih sponginom ili od samog spongina (Matonički i sur., 1998). Naime, slojevi stanica većih spužava poduprti su skeletom koji je izgrađen od spikula, bjelančevinastih vlakana spongina ili od kombinacije iglica i vlakana.

Adultne su spužve sesilni organizmi različitih veličina. Tijekom evolucije tijelo se spužava povećavalo pa se moralo povećati strujanje vode i broj hoanocita, a to je postignuto nabiranjem tjelesne stijenke i smanjenjem spongocela, što je uzrokovalo promjenu primarne radijalne simetrije pa su odvedenije spužve asimetrične grade (Matonički i sur., 1998).

Na tijelu spužava vidljive su mnogobrojne sitne ostije kroz koje voda ulazi u tijelo te veći i malobrojniji oskulumi kroz koje izlazi. Spužve su filtratorni organizmi i ovise o struji vode koja prolazi kroz njihovo tijelo, a koja sadržava fine čestice kojima se spužve hrane. Istraživanja su pokazala da je oko 80% organske tvari kojom se spužve hrane submikroskopske veličine, a ostalih 20% hranjivih čestica čine bakterije, dinoflagelati i ostali manji planktonski organizmi (Ruppert i Barnes, 1994).

Strujanje vode, uzrokovano spiralnim kretanjem bičeva na stanicama hoanocitima, vrlo je važno u životu spužava jer, osim prehrane, omogućuje odvijanje ostalih životnih procesa, disanja i razmnožavanja.

Danas je poznato oko 5 000 recentnih vrsta i oko 900 fosilnih vrsta spužava. Osim slatkovodne porodice Spongillidae, većinom žive u moru. U Jadranu su prisutni predstavnici svih triju razreda spužava, kao što su vrste *Oscarella lobularis*, *Geodia cydonium*, *Cliona viridis*, *Axinella verrucosa*, *Clathria corraloides*, *Haliclona cratera*, *Spongia officinalis*, *Aplysina aerophoba* i druge. Spužve često žive u simbiozi s drugim morskim organizmima. Mnoge vrste spužava sadrže toksične tvari za obranu od predatora, čime se koriste i drugi morski organizmi koji pričvršćuju spužve na tijelo i tako se štite od neprijatelja (Ruppert i Barnes, 1994). Dokazano je da metaboliti spužava pozitivno utječu na ljudsko zdravlje i tražen su proizvod u farmaceutskoj industriji (Duckworth i Battershill, 2003b; De Flora i sur., 1995).

Spužve se razmnožavaju spolno i nespolno. Većina je spužava dvospolna, a ličinke su raznolikih oblika i žive slobodno u vodi. Tijelo ličinki prekriveno je bičastim stanicama, što im omogućuje pokretanje. Tijekom metamorfoze ličinke se pričvršćuju za podlogu, a stanice s trepetljikama migriraju s površine u unutrašnji dio tijela gdje im se razvija ovratnik i te stanice postaju hoanociti.

Spužve imaju izraženu sposobnost regeneracije pa je nastanak pupova često odgovor na ozljede. Dijelovi odvojeni od odrasle spužve mogu se regenerirati i izrasti u novu spužvu, a to se svojstvo vrlo dobro iskorištava za uzgoj.

ZAŠTO UZGAJATI SPUŽVE?

Spužve se od davnina u različitom obliku upotrebljavaju u kozmetičke svrhe, ali su tek u posljednje vrijeme istraživanja pokazala vrijednost spužava za dobivanje brojnih bioaktivnih sekundarnih metabolita s visokim potencijalom za iskorištavanje u farmaceutske svrhe zahvaljujući svojim protutumorskim, antipiretičkim, antibiotskim i antivirusnim svojstvima, a u nekim se radovima raspravlja i o djelovanju na virus HIV (Van Treeck i sur., 2003).

Uzgoj je spužava dosta jednostavan i ne zahtijeva velika početna ulaganja, a budući da je to dosta »čista« djelatnost, ne dolazi u sukob s propisima o zaštiti okoliša. Prednost je i to što je, ako su prirodni uvjeti za rast spužava povoljni, uzgoj moguć i na udaljenim otocima jer ne zahtijeva složenu infrastrukturu poput uzgoja nekih drugih morskih organizama, posebice jestivih (MacMillan, 1996). Osim toga, za uzgoj spužava nije potrebna velika potrošnja energije niti dodavanje hrane u more. Divlje se populacije upotrebljavaju samo za početak uzgoja, a poslije se, kao matični stok, mogu rabiti uzgojene spužve. Postupci nakon skupljanja ne zahtijevaju skupa postrojenja, a za pripremu spužava za tržište nije potrebna složena obradba. Nije potrebno rashlađivanje tijekom prijevoza ili skladištenja proizvoda. Vrijednost je proizvoda varijabilna, ovisi o kakvoći, ali i o marketinškoj strategiji, odnosno prodaje li se na veliko ili kao cijenjeni proizvod za ciljano tržište.

Uzgoj je najprikladniji način za dobivanje dovoljnih količina tržišnih spužava (Munro i sur., 1999). Budući da spužve sadržavaju malu količinu metabolita, za daljnja istraživanja, kao i za širu upotrebu, potrebno je osigurati velike količine biomase spužava. Stoga je potrebno pronaći najpovoljniji izvor, a bez ugrožavanja prirodnih populacija. Između prikupljanja iz prirodnih populacija, *in vitro* kultivacije, kulture stanica, sinteze traženih metabolita i akvakulture, kontrolirani se je uzgoj pokazao najperspektivnijim. Osim toga što uzgoj u otvorenim sustavima ovisi o ekološkim parametrima na koje ne možemo utjecati, brojne su prednosti ovakve djelatnosti (Van Treeck i sur., 2003).

KAKO UZGAJATI SPUŽVE?

Za početak uzgoja potreban je matični stok iz prirodnih populacija. Oštrim se nožem odrežu 2/3 žive spužve, a preostala se trećina ostavlja u svojem staništu kako bi se regenerirala. Na taj se način smanjuje negativni utjecaj na prirodne populacije, a istraživanja su pokazala da se ove spužve brzo obnove (Duckworth, 2000). Odrezani komadi spužava u morskoj se vodi prenose do uzgajališta i zatim se nekoliko tjedana privikavaju na uvjete u uzgajalištu. Nakon toga se eksplantati veličine od oko 8 cm³ stavljaju u more. Jedna strana svakog eksplantata mora imati sloj neozlijeđenih pinakocita, dok na preostalim pet strana može biti ogoljeni mezohil (Duckworth i Battershill,

2003a). Regenerativni procesi započinju odmah i za dva do tri dana spužve obnove svoj površinski zaštitni sloj (nakon 24 sata tanki, prozirni stanični sloj prekriva površinu reza, a nakon tjedan dana taj sloj je već tamno pigmentiran). Nakon mjesec dana odrezani komadi poprimaju okruglasti oblik, a mjesto reza sasvim zacijeli. Vanjski sloj najlakše obnavljaju mekane spužve (koje se upotrebljavaju za umivanje), a zahvaljujući vanjskom fibroznom sloju imaju najnižu stopu smrtnosti. Stanice s dugim pseudopodijima kreću se oko odrezanih dijelova, proizvode kolagenske niti i zacjeljuju rez u samo nekoliko dana (Pronzato i sur., 1999). U okviru eksperimentalnog uzgoja spužve *Spongia officinalis*, u srpnju i kolovozu 2004. u Malostonskom zaljevu, zabilježen je početak regeneracije eksplantata tijekom prvog tjedna nakon nasadivanja. Poslije mjesec dana utvrđena je potpuna regeneracija 30 od ukupno 66 nasadenih eksplantata (Bratoš i Pećarević, neobjavljeni podaci).

Spužve se uzgajaju dvije i više godina, ovisno o vrsti, a zatim se skupljaju za prodaju ili se od njih opet režu komadići za daljnji uzgoj. Važno je naglasiti da stopa preživljavanja vrsta u uzgoju ovisi o uvjetima okoliša, zdravstvenom stanju matične spužve od koje su fragmenti odrezani, načinu rezanja fragmenta i o tehnici uzgoja. Spužve sporo rastu, uz sezonske promjene stope rasta, pa se potpuna proizvodnja i zarada mogu očekivati tek nekoliko godina nakon nasadivanja (MacMillan, 1996).

Osim toga, bolesti se među spužvama šire vrlo brzo i gotovo ih je nemoguće kontrolirati te znače stalnu opasnost (Duckworth i Batterhill, 2003a). Bolesne spužve mogu se dosta jednostavno prepoznati po izloženim dijelovima unutrašnjeg skeleta. Uzročnici su bolesti najčešće invazivni patogeni mikroorganizmi, koji najprije uništavaju vanjski fibrozni sloj tijela, a zatim se vrlo brzo šire u unutrašnjost tijela uništavajući pritom živo tkivo spužve, koje postaje krhko i gubi svoju čvrstoću, elastičnost i mekoću (Pronzato i sur., 1999).

Pri uzgoju spužava izuzetno je važan pravilan izbor materijala za pričvršćivanje i rast spužava. Za utvrđivanje prednosti i nedostataka svake pojedine metode i materijala za uzgoj treba istražiti, odnosno usporediti rast, preživljavanje i bioaktivnost spužava. Rast se najčešće određuje mjerenjem mokre mase spužava na početku i na kraju pokusa. Pri tome treba imati u vidu da vaganje mokrih spužava, koje često sadrže velike količine vode, može dati pogrešne podatke jer se dio vode može izgubiti u različitim omjerima tijekom vaganja. Stoga, da bi se dobili pouzdani podaci o masi, spužve se prije vaganja ostavljaju na suhom oko 30 minuta (Elvin, 1979; Stone, 1970).

Neke su spužve osjetljive na pojedine podloge za uzgoj pa o tome treba voditi računa. Danas se za uzgoj najčešće upotrebljavaju mreže i konopi. Mreže za uzgoj imaju oblik cilindra, a razlikuje se stupanj odvajanja i ograđivanja eksplantata, odnosno uzgajaju li se zajedno ili u zasebnim odjeljcima. Veličina i debljina mreže znatno utječu na strujanje vode, a time i na životne procese spužava, (Duckworth i sur., 1999). Uzgoj u mreži pogodan je za vrste s

mekanim tkivom koje trebaju sigurnu potporu na koju će se prihvatiti i rasti. Konop, naime, može ozlijediti tkivo spužve i povećati opasnost od zaraze i smrti. Nedostatak ovakvoga načina uzgoja jest u tome što mreža oko spužava može usporavati njihov rast. Poznati su razni načini uzgoja koji uključuju konop pa se spužve mogu uzgajati pričvršćene za konop, omotane konopom ili nanizane na njega. Spužve su tako izložene okolišu i hrane se česticama suspendiranim u morskoj vodi.

Spužve se mogu uzgajati u obalnim vodama, ali je zbog optimalnih fizikalnih, kemijskih i bioloških parametara u moru najbolje za uzgoj birati lokacije na kojima dobro uspijevaju prirodne populacije spužava. Metode uzgoja spužava mogu se podijeliti na one s okomitom ili one s vodoravnom potporom za uzgoj. Izbor metode ovisi o položaju i topografiji mjesta za uzgoj. U plitkim zaljevima spužve se uzgajaju vodoravno položene uz morsko dno, dok se u dubljim dijelovima mora spuštaju okomito od površine do dna. Spužve bi se također mogle uzgajati zajedno s plutajućim kavezima za uzgoj ribe, jer bi smanjivale utjecaj na okoliš u obalnim područjima, odnosno smanjivale bi onečišćenje koje je rezultat kaveznog uzgoja riba (Pronzato i sur., 1999). Najveći je udar na morsko dno ispod kaveza, gdje prava »kiša« suspendiranih čestica pada na bentosne organizme uzrokujući brzu eutrofikaciju, a ostaci hrane i fekalije riba iz kaveza pogodan su medij za razvoj bakterija, čime se smanjuje koncentracija kisika (Honjo i Roman, 1978). Sposobnost brze filtracije spužava može pridonijeti smanjenju tog onečišćenja. Spužve mogu zadržati oko 80% organskih čestica suspendiranih u vodi i oko 70% bakterija (Reiswig, 1971, 1975) svakodnevno filtrirajući cijeli stupac vode (Reiswig, 1974). Ovakav uzgoj daje dvostruke rezultate: pročišćenu vodu i komercijalno zanimljive spužve (Pronzato i sur., 1999).

Istraživanja su pokazala održivost uzgoja mediteranskih vrsta spužava, ali je potrebno još podataka o njihovoj ekologiji kako bi se postrojenja za uzgoj prilagodila pojedinim vrstama i time njihov uzgoj bio što je moguće učinkovitiji (Van Treeck i sur., 2003). Uzimajući u obzir rastuću potražnju za spužvama, akvakultura je najbolji i za okoliš najsigurniji izvor njihove biomase (Munro i sur., 1999).

DOSADAŠNJI POKUŠAJI UZGOJA SPUŽAVA

Svakodnevna upotreba spužava poznata je od početaka civilizacije. Stari Grci, Egipćani i Feničani koristili su se teškim kamenjem kako bi došli do morskoga dna i potom u pletene mrežaste košare skupljali spužve s mekanim spongioznim skeletom, koje su upotrebljavali za umivanje i higijenu. Potkraj 19. stoljeća spužve su skupljali ronionci u odijelima, što je svojedobno uzrokovalo brojne probleme vezane uz dekompresijsku bolest pa je ovaj način prikupljanja spužava bio zabranjen u mnogim zemljama (Pronzato i sur., 1999).

Mogućnosti uzgoja spužava istražuju se već dulje vrijeme, i to najviše uz obale Sredozemnog mora. Tako je još godine 1860. u Jadranskom moru Schmidt pokušao uzgajati spužve za umivanje pričvršćivanjem na drvene sanduke (Crawshay, 1939). Ova metoda nije uspjela, ali je nekoliko godina poslije Hvaranin Grgur Bučić uspješno uzgajao spužve spuštajući ih u more nanizane na hrastovim štapovima (Crawshay, 1939).

Razvoj i unaprjeđivanje struktura za uzgoj spužava istražuju se već dulje vrijeme, a sve su se donedavno odnosila na proizvodnju spužava za umivanje, tj. spužava s mekanim skeletom od spongina. Oblik i veličina spužava određivali su njihovu vrijednost na tržištu (Storr, 1964; Bergquist i Tizard, 1969), a time se je ograničavala raznovrsnost struktura za uzgoj. Nasuprot tomu, oblik spužve nema važnosti u učinkovitosti proizvodnje metabolita pa je moguć razvoj novih metoda uzgoja za proizvodnju metabolita.

Prikupljanje spužava u Hrvatskoj ima dugu tradiciju pa je tako godine 2004. na otoku Krapnju proslavljena 300. obljetnica bavljenja spužvarstvom. Iako je bilo više pokušaja uzgoja spužava, još je uvijek glavni izvor dobivanja komercijalno zanimljivih spužava njihovo skupljanje iz prirode.

Važno mjesto u spužvarstvu zauzima Hvaranin Grgur Bučić, poštanski činovnik prirodoznanstvenih interesa, najpoznatiji po tome što je prvi u svijetu uspješno razvio metodu umjetnog uzgoja spužava. Napisao je i raspravu u kojoj opisuje nove vrste spužava na Jadranu, a njegov je rad bio poznat u Austriji, Francuskoj, Italiji, Turskoj i Sjedinjenim Američkim Državama pa je iz tih zemalja bio počašćen raznim diplomama. Veliki utjecaj na Bučića imao je sveučilišni profesor zoologije i stručnjak za spužve Austrijanac Oskar Schmidt. On je godine 1862. prvi put iznio zamisao o umjetnom uzgoju spužava, a prve pokuse započeo je u okolici Zlarina već godine 1863. Poslije je pokusna uzgajališta premjestio u uvale Šibenskog kanala, a zatim u uvalu Sokolica na otoku Hvaru. Za uzgoj su rabljeni drveni sanduci s pomoću kojih su se spužve spuštale u more. Prof. Schmidt vodio je pokuse samo u početku, a godine 1866. predaje ih Grguru Bučiću, koji se je toliko osamostalio u svojem radu da je uskoro počeo uvoditi i svoje tehničke inovacije i dalje razvijati uzgojne metode (Dulčić, 2001).

Početak 20. stoljeća Bučićevim se je spoznajama koristio Moore uzgajajući spužve za umivanje na Floridi. Za uzgoj je upotrebljavao žicu na koju je pričvršćivao eksplantate i spuštao ih u more, a razvio je i metodu uzgoja na konopima koji se iglom pažljivo provuku kroz tkivo spužve, a ispod svakog komadića spužve zaveže se čvor u razmacima od po 10 cm (Moore, 1908). Ova je metoda pogodna za čvršće vrste, koje mogu preživjeti ozljedu tkiva zbog povlačenja konopa. Prednost ovog načina uzgoja jest potpuna izloženost spužava okolišu, što im omogućuje brzi rast. Moore, a poslije i Crawshay uspješno su uzgajali spužve na betonskim pločama (Crawshay, 1939). Nakon Drugoga svjetskog rata savezničke su snage istraživale metode uzgoja spužava u južnom Pacifiku. Zaključili su da se Japanci koriste već poznatim metodama pričvršćivanja spužava na betonske ploče ili spuštanja u more s

pomoću konopa ili žice (Cahn, 1948). U novije se vrijeme istražuje uporaba sintetičkih materijala za uzgoj spužava, a izgledi su za njihov uspjeh veliki. Sintetički materijali otporniji su na djelovanje mora i lakše se održavaju pa dodatno olakšavaju uzgoj (Verdenal i Vacelet, 1990).

ZAKLJUČAK

Spužve se već stoljećima upotrebljavaju za umivanje i higijenu, a u novije vrijeme njihovi su metaboliti postali tražen proizvod u bolnicama i farmaceutskoj industriji. Spužve su, osim toga, zanimljive kao mazivo u industriji, rabe se u lončarstvu i slikarstvu te u kućanstvima. Sintetička vlakna, koja su mnogo jeftinija i raznovrsnija, dijelom zamjenjuju spužve, no nikad nisu u potpunosti potisnula upotrebu prirodnih spužava.

Budući da su prirodne populacije spužava dosta prorijedene nepravilnim i prekomjernim sakupljanjem, uzgoj je najbolji način za dobivanje spužava. Uspostavljanje uzgajališta spužava moguće je na udaljenim otocima i na taj način označuje jednu od djelatnosti koja bi omogućila zapošljavanje i ostanak mladih ljudi na otocima. Osim toga, uzgajališta spužava, uz ispunjavanje određenih uvjeta, mogla bi se razvijati zajedno s kaveznim uzgojem ribe i smanjivati njihov negativni utjecaj na okoliš. Istraživanje metabolita spužava danas je vrlo aktualno pa su i tu otvorene brojne mogućnosti primjene u farmaceutskoj, kozmetičkoj i prehrambenoj industriji.

Summary

ABOUT SPONGE FARMING

M. Pećarević, A. Bratoš Cetinić

Sponges are the simplest multicellular animals. Farming of sponges is facilitated by their asexual reproduction and great ability of regeneration. Farming of filter-feeding sponges is environment friendly, and it can positively influence on environmental impact of other aquaculture activities. Natural populations of sponges in Mediterranean Sea are endangered by inappropriate overfishing. Farming of sponges is possible solution for regeneration and protection of natural populations.

Key words: sponges, regeneration, farming

Marijana Pećarević, dipl. ing. mkatic@unidu.hr; mr. sc. Ana Bratoš Cetinić abratos@unidu.hr, Sveučilište u Dubrovniku, Odjel za akvakulturu, Ćira Carića 4, 20000 Dubrovnik

LITERATURA

- Bergquist, P. R., Tizard, C. A. (1969): Sponge industry. In: Firth, F. E. (ed) The Encyclopedia of Marine Resources, Van Nostrand–Reinhold, New York, USA., 665–670.
- Cahn, A. R. (1948): Japanese sponge culture experiments in the South Pacific Islands. U. S. Fish Wildl. Serv., Fish. Leaflet, 309, 7 pp.
- Crawshaw, L. R. (1939): Studies in the market sponges I. Growth from the planted cutting. J. Mar. Biol. Assoc. U. K., 23, 553–574.
- De Flora, S., Bagnasco, M., Bennicelli, C., Camoirano, A., Bojnemirski, A., Kurelec, B. (1995): Biotransformation of genotoxic agents in marine sponges. Mechanisms and modulation. Mutagenesis, 10, (4), 357–364.
- Duckworth, A. R. (2000): Aquaculture of Sponges for Production of Bioactive Metabolites. PhD Thesis, University of Canterbury, 186 pp.
- Duckworth, A. R., Battershill, C. N. (2003a): Developing farming structures for production of biologically active sponge metabolites, Aquaculture, 217, 139–156.
- Duckworth, A. R., Battershill, C. N. (2003b): Sponge aquaculture for the production of biologically active metabolites: the influence of farming protocols and environment. Aquaculture, 221, 311–329.
- Duckworth, A. R., Battershill, C. N., Schiel, D. R., Bergquist, P. R. (1999): Farming sponges for the production of bioactive metabolites. Mem. Queensl. Mus., 44, 155–159.
- Dulčić, J. (2001): Grgur Bučić — svestrani prirodoslovac (1829–1911). Annales, Ser. Hist. Nat., 2, (25), 307–311.
- Elvin, D. W. (1979): The relationship of seasonal changes in the biochemical components to the reproductive behavior of the intertidal sponge, *Haliclona permollis*. Biol. Bull., 156, 47–61.
- Honjo, S., Roman, M. R. (1978): Marine copepod faecal pellets: production, preservation and sedimentation. J. Mar. Res., 36, (1), 45–57.
- MacMillan, S. M. (1996): Starting A Successful Commercial Sponge Aquaculture Farm. University of Hawaii. Center for Tropical and Subtropical Aquaculture. Publication No. 120. 19 pp.
- Matonićkin, I., Habdija, I., Primc–Habdija B. (1998): Beskralješnjaci — biologija nižih avertebrata. Školska knjiga, Zagreb, 181–215.
- Milanese, M., Chelossi, E., Manconi, R., Sar, A., Sidri, M., Pronzato, R. (2003): The marine sponge *Chondrilla nucula* Schmidt, 1862 as an elective candidate for bioremediation in integrated aquaculture. Biomolecular Engineering 20: 363–368.
- Moore, H. F. (1908): A practical method of sponge culture. Bull. Bur. Fish., 28, 545–585.
- Munro, M. H. G., Blunt, J. W., Dumdei, E. J., Hickford, S. J. H., Lill, R. E., Li, S., Battershill, C. N., Duckworth, A. R. (1999): The discovery and development of marine compounds with pharmaceutical potential. Journal of Biotechnology 70: 15–25
- Pronzato, R., Bavestrello, G., Cerrano, C., Magnino, G., Manconi, R., Pantelis, J., Sara, A., Sidri, M. (1999): Sponge farming in the Mediterranean Sea: new perspectives. Mem. Queensl. Mus., 44, 485–491.

- Pronzato, R., Rizzello, R., Dessy, E., Corriero, G., Scalera Liaci, L. (1996): Distribuzione e pesca di *Spongia officinalis* lungo il litorale Ionico Pugliese. Bollettino dei Musei degli Istituti di Biologia dell'Università. 60–61, 79–89.
- Reiswig, H. M. (1971): Particle feeding in natural populations of three marine Demosponges. Biol. Bull., 141, 568–591.
- Reiswig, H. M. (1974): Water transport, respiration and energetic of three tropical marine sponges. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 14, 231–249.
- Reiswig, H. M. (1975): Bacteria as food for temperate water marine sponges. Can. J. Zool., 53, (5), 582–589.
- Ruppert, E. E., Barnes, R. D. (1994): Invertebrate Zoology, 6th Edition. Saunders College Publishing, Toronto, New York, Tokyo. 69–93.
- Stone, A. R. (1970): Growth and reproduction of *Hymeniacidon perleve* (Montagu) (Porifera) in Langstone Harbour, Hampshire. J. Zool. London, 161, 443–459.
- Storr, J. F. (1964): Ecology of the Gulf of Mexico commercial sponges and its relation to the fishery. U. S. Fish. Wildl. Serv. Sci. Rep. –Fish., 466, 73 pp.
- Vacelet, J. (1991): Statut des éponges commerciales en Méditerranée. U: Boudouresque, C. F., Avon, M. I Gravez, V. (ur.), Les Espèces Marines Protéger en Méditerranée. GIS Posidonie publ., Fr., 35–42.
- Van Treeck, P., Eisinger, M., Muller, J., Paster, M., Schuhmacher, H. (2003): Mariculture Trials with Mediterranean sponge species. The exploitation of an old natural resource with sustainable and novel methods. Aquaculture, 218, 439–455.
- Verdenal, B., Vacelet, J. (1990): Sponge culture on vertical ropes in the Northwestern Mediterranean Sea. U: Rützler K (ur.), New Perspectives in Sponge Biology. Smithsonian Institute Press, Washington, 416–424.

Primljeno: 10. 1. 2005.

Prihvaćeno nakon ispravka: 20. 6. 2005.