Uzgoj morskih trpova

Arbanas, Tin

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Pula / Sveučilište Jurja Dobrile u Puli**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:137:358613

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-25**

Repository / Repozitorij:

Digital Repository Juraj Dobrila University of Pula

Sveučilište Jurja Dobrile u Puli

Sveučilišni preddiplomski studij Znanost o moru

TIN ARBANAS

UZGOJ MORSKIH TRPOVA

ZAVRŠNI RAD

Pula, 2020.

Sveučilište Jurja Dobrile u Puli

Sveučilišni preddiplomski studij Znanost o moru

TIN ARBANAS

UZGOJ MORSKIH TRPOVA

Završni rad

JMBAG: 0303068903, redoviti student

Studijski smjer: Znanost o moru

Predmet: Marikultura

Znanstveno područje: Prirodne znanosti

Znanstveno polje: Interdisciplinarno

Znanstvena grana: Znanost o moru

Mentor: izv. prof. dr. sc. Ana Gavrilović

Pula, 2020.

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, dolje potpisani _____, kandidat za prvostupnika Znanosti o moru ovime izjavljujem da je ovaj Završni rad rezultat isključivo mojega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na objavljenu literaturu kao što to pokazuju korištene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da niti jedan dio Završnog rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz kojega necitiranog rada, te da ikoji dio rada krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za koji drugi rad pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili radnoj ustanovi.

Student:

_____

U Puli 2020. Godine

IZJAVA

o korištenju autorskog djela

Ja, _____ dajem odobrenje Sveučilištu Jurja Dobrile u Puli, kao nositelju prava iskorištavanja, da moj završni rad pod nazivom " _____ __ " koristi na način da gore navedeno autorsko djelo, kao cjeloviti tekst trajno objavi u javnoj internetskoj bazi Sveučilišne knjižnice Sveučilišta Jurja Dobrile u Puli te kopira u javnu internetsku bazu završnih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice (stavljanje na raspolaganje javnosti), sve u skladu sa Zakonom o autorskom pravu i drugim srodnim pravima i dobrom akademskom praksom, a radi promicanja otvorenoga, slobodnoga pristupa znanstvenim informacijama.

Za korištenje autorskog djela na gore navedeni način ne potražujem naknadu.

U Puli 2020. godine

Potpis

_____

Ovaj je rad izrađen na Odjelu za prirodne i znanstvene studije Sveučilišta Jurja Dobrile u Puli, pod voditeljstvom izv. prof. dr. sc. Ana Gavrilović.

Zahvala

Zahvaljujem izv. prof. dr. sc. Ani Gavrilović na pomoći pri pisanju i izradi ovog završnog rada.

Sadržaj:

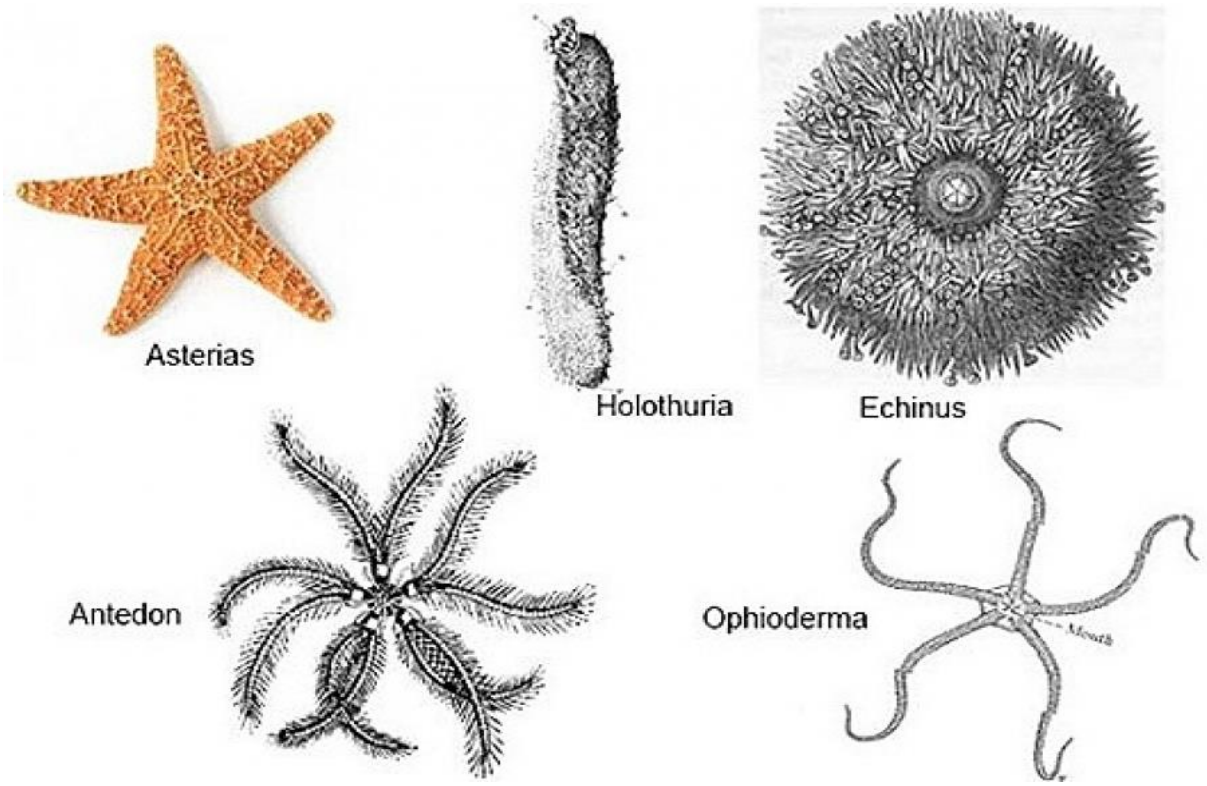
1. Uvod 1
2. Bodljikaši 2
3. Trpovi 5
   3.1. Rasprostranjenost 6
   3.2 Anatomija 6
   3.3. Biologija 8
4. Tehnologija uzgoja trpova 10
   4.1.1 Matični stok (Pogon za kondicioniranje matica) 13
   4.1.2 Mrijest i oplodnja 14
   4.1.4 Uzgoj mlađi u rastilištu 17
   4.2 Industrijski uzgoj 18
   4.2.1 Postrojenja, oprema i sustavi 19
   4.2.2 Tehnike uzgoja i menadžment 23
   4.3 Uzgoj u ribnjacima (pondovima i lagunama) 29
   4.3.1 Infrastruktura i sustavi za uzgoj u ribnjacima 29
   4.3.2 Tehnologija uzgoja do konzumne veličine I održavanje optimalnih uzgojnih uvjeta 31
   4.4 Uzgoj na farmama u moru 33
   4.4.2 Grebeni 34
   4.4.3 Naseljavanje i sakupljanje 37
   4.5 Uzgoj morskih trpova u polikulturi 37
5. Zaključak 38
6. Literatura 39
7. TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA 44
8. BASIC DOCUMENTATION CARD 45

1. Uvod

Morski trpovi (lat. *Holothuroidea*) čine jedno od pet koljena bodljikaša (lat. *Echinodermata*). Trenutno je opisano 1728 vrsta morskih trpova koji se dijele u 236 rodova i 28 obitelji. Rasprostranjeni su širom svijeta, a najveći broj vrsta nalazi se u Azijsko-pacifičkoj regiji. Bentički su organizmi koji se pojavljuju od zone plime i oseke pa sve do dubokomorskih brazdi. Trpovi imaju korisnu ulogu u morskim ekosustavima jer pomažu u razgradnji organskih tvari i detritusa koji se nalaze u sedimentu. Mnoge vrste se koriste u prehrani, većinom u Aziji, zbog svoje visoke nutritivne vrijednosti te vjerovanja da imaju ljekovita svojstva. U posljednje se vrijeme sve više upotrebljavaju kao mamci u ribolovu, postižući sve veću cijenu na tržištu. Zbog svega su navedenog često na meti krivolovaca te im brojnost u zadnjih nekoliko desetljeća opada. Pad brojnosti doveo je do zakonske zaštite određenih vrsta, ali i do naglog razvitka tehnologije uzgoja tržišno najinteresantnijih vrsta. Uvođenje nove vrste u uzgoj, dugotrajan je proces, koji uz poznavanje dizajna uzdojnih sustava zahtijeva i poznavanje morfoloških, ekoloških i fizioloških značajki svake pojedinačne vrste.

2. Bodljikaši

Bodljikaši su isključivo morski organizmi te ih većina živi u bentalu (Habdija i sur., 2011). Obitavaju na svim dubinama, od plitkih mora pa sve do područja hadala (Habdija i sur., 2011). Ekološki su jako važni jer je malo drugih skupina koje su prisutne u tako velikim dubinama (Habdija i sur., 2011). Opisano je oko 6000 recentnih vrsta i 13000 fosilnih vrsta. Recentne vrste dijelimo na šest razreda: Asteroidea (zvjezdače), Ophiuroidea (zmijače), Echinoidea (ježinci), Holothuroidea (trpovi), Crinoidea (stapčari) i Concentricycloidea (slika 1) (Habdija i sur., 2011).



Slika 1. Razredi bodljikaša (https://www.bioscience.com.pk/topics/zoology/item/566-echinodermata-general-characters-and-classification)

Bodljikaši su deuterostomične radijalno simetrične životinje s trodijelnom građom tijela. Pentaradijalna simetrija je glavno obilježje bodljikaša, a razvila se kao prilagodba na sesilni (polusesilni) način života (Habdija i sur., 2011). Razvili su se iz bilateralnih pokretnih organizma što potvrđuju fosilni nalazi (Habdija i sur., 2011). Naime, slobodno

plivajući ličinački stadij ima bilateralnu simetriju sve dok se ne preobrazi tijekom metamorfoze.

Na tijelu bodljikaša postoji 5 radija (ambulakra) i 5 interradija (interambulakra), a nalaze se oko oralno-aboralne osi tijela (Habdija i sur., 2011). Vodožilni sustav celomskog podrijetla stvara ambulakralne nožice čija funkcija je najčešće pokretanje, ali sudjeluju i u izmjeni plinova, ekskreciji i ishrani (Habdija i sur., 2011).

Bodljikaši imaju mezodermalni kostur sastavljen od karbonatnih pločica (osikula) (Habdija i sur., 2011). Stijenka tijela sastoji se od trepetljikave epiderme, ispod koje je deblje vezivno tkivo derma (kutis) koje stvara vapnenačke pločice (osikule) (Habdija i sur., 2011). Svaka osikula ima poroznu mrežastu strukturu (stereom) te je ispunjena stanicama derme i vlaknima (stroma) (Habdija i sur., 2011).

Posebno obilježje bodljikaša je kontraktilno vezivno tkivo koje im daje sposobnost velikom brzinom promijeniti stanje iz mekog u kruto bez mišićne aktivnosti (Habdija i sur., 2011). Taj process je pod kontrolom živčevlja, koje djeluje na ekstracelularni matriks vezivnog tkiva. Imaju jednostavan živčani sustav bez pravog mozga (Habdija i sur., 2011). Živčani sustav se sastoji od dva centralna živčana prstena (gangliona) unutar epiderme iz kojih se pružaju radijalni živci (Habdija i sur., 2011).

Probavni sustav im je jednostavan, a razlikuje se ovisno o načinu prehrane. Ekskrecija se vrši difuzijom amonijaka preko propusnih dijelova tijela (Habdija i sur., 2011). Izmjena plinova obavlja se preko ambulakralnih nožica i raznih specijaliziranih struktura (škrge) (Habdija i sur., 2011).

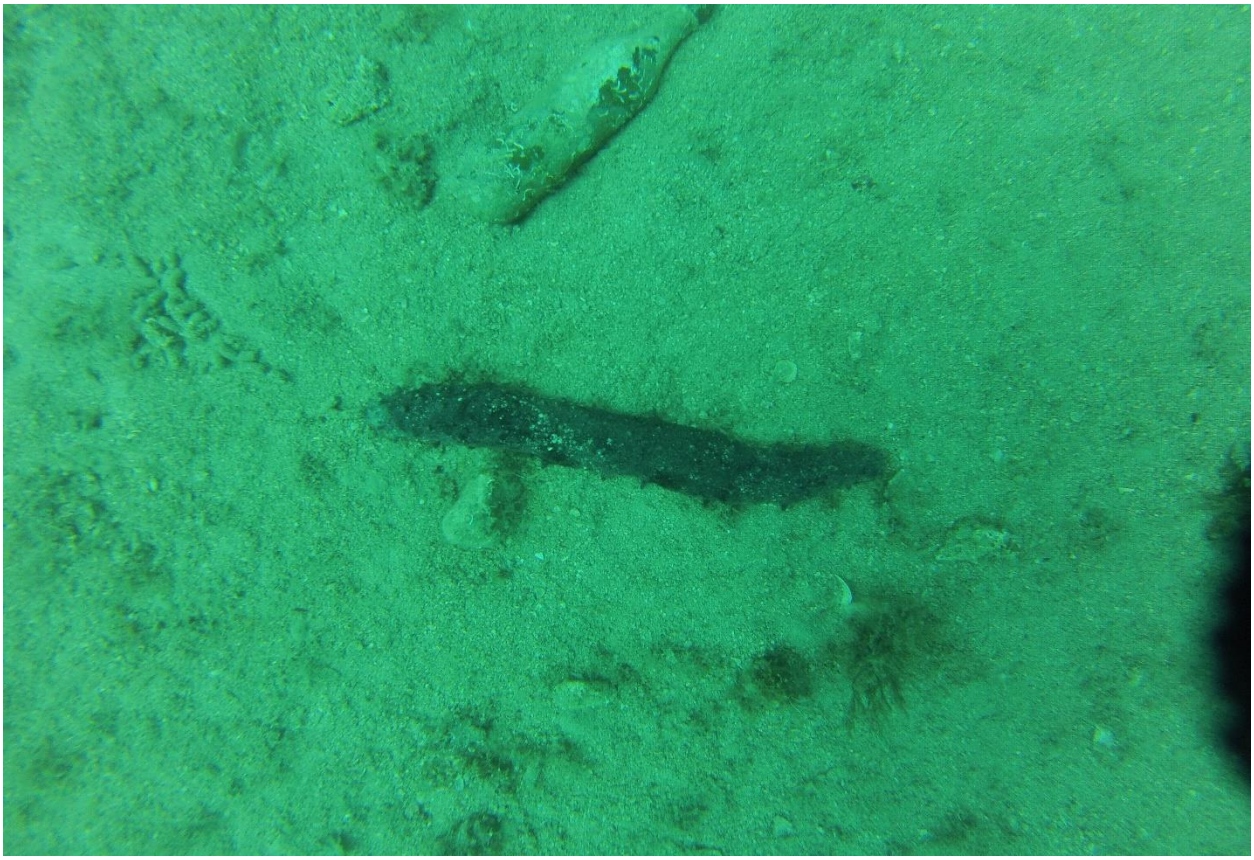
Hemalni i perihemalni sustavi izvedeni su iz celoma i tvore otvoreni i reducirani krvožilni sustav. Sastoji se od središnjeg prstena i 5 radijalnih posuda, a pravog srca nemaju. U prijenosu plinova i metabolita glavnu ulogu imaju celomske šupljine (Habdija i sur., 2011).

Bodljikaši su najvećim dijelom odvojenog spola te se razmnožava spolnim putem. Obično ispuštaju jajašca i spermije u otvorenu vodu gdje se vrši oplodnja, a ličinke imaju složen razvoj. Zajednička planktonska ličinka je bilateralno simetrična diplerula čija je preobrazba karakteristična za svaku skupinu (Habdija i sur., 2011).

Većina bodljikaša ima veliku sposobnost regeneracije. Mnoge vrste mogu regenerirati odstranjene dijelove tijela i probavne organe.

3. Trpovi

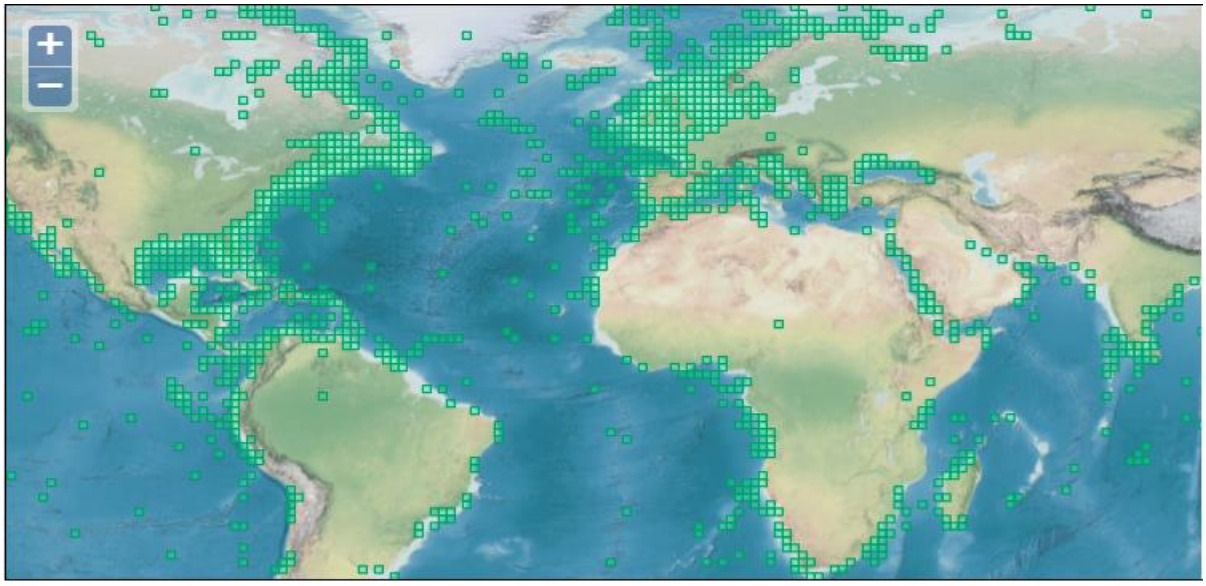
Trpovi su morski beskralješnjaci koji pripadaju, kako je već rečeno, koljenu bodljikaša (Echinodermata), razredu Holothuroidea. Trenutno je opisano 1728 vrsta morskih trpova koji se dijele u 236 rodova i 28 obitelji (https://eol.org/pages/2012). U Jadranskom moru nalazimo 36 vrsta podijeljenih u 8 porodica, od čega su najčešće vrste obični trp, *Holothuria tubulosa* (Gmelin, 1788), mekani trp, *Holothuria forskali* (Delle Chiaje, 1823), plosnati trp, *Stichopus regalis* (Cuvier, 1817) i pravi brizgavac, *Ocnus planci* (Brandt, 1835) (Habdija i sur., 2011). Sukladno Pravilniku o zaštiti trpova (NN 76/1998) u Republici Hrvatskoj sve se vrste trpova ne smiju sakupljati u svrhu prerade, trgovine i drugoga prometa.



Slika 2. Obični trp, *Holothuria tubulosa* na pjeskovitom sedimentu

3.1. Rasprostranjenost

Trpovi su rasprostranjeni širom svijeta, a najveći broj vrsta nalazi se u azijsko-pacifičkoj regiji. Bentički su organizmi koji se pojavljuju od zone plime i oseke sve do dubokomorskih brazdi. U dubinama većim od 8500m čine gotovo 90% ukupne biomase makrofaune (Habdija i sur., 2011).



Slika 3. Rasprostranjenos trpova

http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=123083#distributions

3.2 Anatomija

Trpovi imaju produženo tijelo jer im je oralno-aboralna os mnogo duža od radijalnih osi (Habdija i sur., 2011, str 489). U prirodnom položaju oni su polegnuti na podlogu tako da im je oralno-aboralna os paralelna s podlogom (Habdija i sur., 2011, str 489). Iako se donja strana razlikuje od gornje, ne može se govoriti o trbušnoj i leđnoj strani tijela.

Stijenka tijela je debela kožno-mišićna mješina koja se sastoji od netrepetljikave epiderme i mezodermalnog kutisa u koji su uloženi elementi kožnog skeleta (Bruckner, 2006). To su sitna vapnena tjelešca (osikule) koja su oblikom i veličinom karakteristična za svaku vrstu (Habdija i sur., 2011, str 490). Pločice ili osikule su različitog oblika i uglavnom pravilno raspoređene (Turk, 2011). Donji sloj stijenke tijela čine uzdužni i

kružni mišići pomoću kojih trpovi mogu savijati tijelo u svim pravcima (Habdija i sur., 2011, str 490). Dobro razvijen mišićni sustav omogućuje im dobru savitljivost, a time i dobru pokretljivost (Mušin i Marukić, 2007).

Melanin je pigment koji daje boju gornjoj strani tijela, a nastaje u celomocitima koje su smještene u površinskom sloju stijenke tijela (Turk, 2011). Donja strana tijela je svjetlija. Oko usta se nalaze usna ticala koja se razlikuju ovisno o načinu prehrane, a mogu ih uvući ako se ne hrane (Habdija i sur., 2011, str 490). Ovisno o vrsti ima ih od 10 do 30 (Habdija i sur., 2011, str 490). Veličina trpova kreće se od nekoliko milimetara do 2 metra (Habdija i sur., 2011, str 490).

Unutrašnja tjelesna šupljina, u kojoj su raspoređeni unutrašnji organi, celomska je šupljina obložena trepetljikavim peritonijalnim epitelom mezodermalnog podrijetla (Matoničkin, 1999). Probavni sustav proteže se duž cijelog tijela - od usnog otvora na prednjem dijelu do crijevnog na stražnjem djelu tijela (Matoničkin, 1999). Usta su okružena usnim ticalima (tentakula) koja su šuplja i povezana s vodožilnim sustavom. Iza ždrijela slijedi crijevo koje je mezenterom povezano sa stijenkom tijela (Matoničkin, 1999). U tjelesnoj šupljini crijevo čini petlju. Crijevo završava u nečisnici koje se drže i dva ogranka vodenih pluća (Matoničkin, 1999). Trpovi kroz nečisnicu u vodena pluća uvlače vodu i ponovo je ispuštaju (Matoničkin, 1999). Smatra se da su nečisnica i vodena pluća organi koji obavljaju funkciju disanja, ali i ekskrecije (Matoničkin, 1999). Kod nekih su trpova s nečisnicom povezane Cuvierove žlijezde iz kojih trpovi izbacuju duge ljepljive niti koje služe za obranu od predatora te sadrže toksin holoturin (Habdija i sur., 2011).

Radijalno raspoređen vodožilni sustav je osnovno anatomsko obilježje koljena bodljikaša (Matoničkin, 1999). Pentaradijalna građa tijela trpova najizrazitija je u građi vodožilnog sustava (Matoničkin, 1999). U svakom radiju nalaze se po dva uzdužna reda ambulakrarnih nožica koje služe za kretanje (Matoničkin, 1999). Ti radiji nazivaju se ambulakra, a radiji između njih interambulakra (Matoničkin, 1999). Strana kojom su okrenuti prema dnu funkcionalno je ventralna strana te se naziva trivij (tri ambulakra) (Habdija i sur., 2011). Funkcionalno dorzalna strana uključuje područje dviju ambulakra i naziva se bivij (dva ambulakra) (Habdija i sur., 2011). Ambulakralne nožice u triviju

funkcionalni su organi za kretanje i na vrhovima imaju prionjivu pločicu (Matoničkin, 1999). U biviju su ambulakrarne nožice zdepastije i kraće te nemaju na vrhu prionljive pločice (Matoničkin, 1999). Posebnost ambulakralnog sustava trpova je madreporna pločica koja se otvara u somatocel, a ne na površini tijela kao u ostalim razredima bodljikaša (Habdija i sur., 2011). Kameni kanal im je kratak i povezan s prstenastom cijevi koja nosi jedan ili više Polijevih mjehurića (Habdija i sur., 2011).

Krvožilni sustav je građen od dva sustava žila i kapilara (Matoničkin, 1999). Prvi splet čini prstenasta krvna žila s pet radijalnih krvnih žila koje se nalaze uz vodožilni sustav (Matoničkin, 1999). S tim sustavom je povezan splet kapilara i krvnih sinusa koje su vezani uz crijevo i vodena pluća (Matoničkin, 1999). Dvije glavne žile tog dijela optjecajnog sustava prate crijevo (Matoničkin, 1999). Jedna se nalazi uz mezenterijalnu žilu, a druga nasuprot nje (Matoničkin, 1999). Neke od žila imaju sposobnost ritmičkih kontrakcija (Matoničkin, 1999).

Trpovi imaju vrlo jednostavan živčani sustav s jakim kružnim zadebljanjima iz kojih prolaze radijalni živci (Zavodnik i Šimunović, 1997), a mozga nemaju (Lui, 1994).

Spolni organi trpova nemaju pentameran raspored, nego se nalaze samo u jednom interradiju (Matoničkin, 1999). Spolni otvor je na gornjoj strani blizu usta ili na jednom od ticala (Matoničkin, 1999). Većina trpova je razdvojenog spola, ali su neke vrste i dvospolci (Matoničkin, 1999).

3.3. Biologija

Trpovi žive u velikim skupinama, na svim tipovima podloga. Većina vrsta živi u području bentosa te se kreću pomoću ambulakralnih nožica, ali postoje vrste koje su prilagođene na kretanje u pelagijalu. Trpovi su uglavnom strvinari te se hrane organskom tvari i detritusom iz sedimenta. Određene vrste razvile su razgranata usna ticala s kojima filtriraju organsku tvar iz morskog stupca. Zbog svoje ishrane imaju važnu ulogu u morskim ekosustavima jer sudjeluju u bioturbaciji i pročišćavanju morskog sedimenta. Jedinka morskog trpa može probaviti više od 45kg morskog sedimenta godišnje.

Mnogi trpovi imaju sposobnost evisceracije, izbacivanja cijelog probavila kroz prednji ili stražnji otvor, koje se događa u stresnim situacijama. Neke vrste umjerenih područja u slučaju previsoke temperature ulaze u proces estivacije, kada se prestanu hraniti, izbace probavilo te uspore metabolizam. U povoljnim uvjetima dolazi do regeneracije probavnog sustava te normalizacije staničnih procesa.

Obično su odvojenoga spola te se razmnožavaju ispuštanjem jajnih stanica i spermija u vodeni stupac gdje se događa oplodnja. Jedinka može proizvesti više od tisuću gameta. Nakon oplodnje iz jajeta se razvija slobodno plivajuća bilateralna ličinka aurikularija. Iz oplođenog jajeta razvija se ličinka aurikularija. Iz nje se razvija bačvasta ličinka doliolarija kod koje postoje trepetiljkavi pojasevi oko tijela. Metamorfoza se odvija na kraju plantonskog života, odnosno kada je ličinka potpuno razvijena te se na dno spušta juvenilni trp.

4. Tehnologija uzgoja trpova

Morski trpovi stoljećima se koriste u Kini i ostalim azijskim zemljama koje su pod utjecajem kineske kulture, kao delikatesa i afrodizijak, a često im se prepisuju i ljekovita svojstva (Liao, 1997; Yu i sur., 2010). Zapisi o običajima konzumiranja trpova kao hrane sežu još iz dinastije Ming (1368-1644g.) (Chen, 2003.). Beche-de-mer ili trepang, nazivi su za suhi proizvod morskog trpa koji se najčešće prodaje na azijskim tržnicama morske hrane (Purcell i sur., 2012; Toral-Granda i sur., 2008).

Nekoliko vrsta umjerenih područja i više od 50 tropskih vrsta komercijalno su važne i sudjeluju u globalnoj trgovini (Purcell i sur.,2012). Japanski morski trp, *Apostichopus japonicus* (Selenka, 1867), najcjenjenija je vrsta iz umjerenih područja te mu suhom cijena dostiže i do 2950 američkih dolara za kilu (Purcell i sur., 2012). Od tropskih vrsta najvrijednija je *Sandfish*, *Holothuria scabra*, (Jaeger, 1833.) i suha postiže cijenu između 115 i 640 američkih dolara po kili (Purcell i sur., 2012). Općenito, veće jedinke su traženije i postižu veću cijenu na tržištu. Od ostalih tropskih vrsta, *H. lessoni, H. fuscogilva, H. nobilis, H. whitmaei* postižu relativno visoke cijene.

Slika 4. *Holothuria scabra* Fotografija S. Purcell preuzeto s https://eatlas.org.au/ne-aus-seascape-connectivity/sandfish

Visoke cijene i velika potražnja tržišta za morskim trpom doveli su do prekomjernog izlova u nekim dijelovima svijeta te do kolapsa prirodnih populacija (Purcell i sur., 2012, Purcell i sur., 2013). Kolaps populacija cijenjenih vrsta doveo je do potražnje i eksploatacije u dijelovima svijeta gdje trpovi nisu do sada bili ribolovno značajni. U Mediteranskom moru vrste poput *H. polii, H. tubulosa, H. mammata* i *Parastichopus regalis* postale su mete ribolova radi potražnje zahtjevnog azijskog tržišta i loših zakonskih regulativa (Gonzalez-Wanguemert i sur., 2014, 2015, 2016; Purcell, i sur., 2012). Samo u Turskoj je aktivno oko 120 ribarskih flota koje dnevno vade između 720,000 i 1.080,000 jedinki (Gonzalez-Wanguemert i sur., 2014; Gonzalez-Wanguemert i sur., 2016). U proteklih nekoliko godina svjedoci smo sve češćeg krivolova trpova i na Hrvatskoj strani Jadranske obale gdje organizirane skupine pustoše cijele populacije određenih područja bez razumijevanja značaja trpova za morske ekosustave, o čemu svjedoče sve češći članci na portalima i u novinama. Stoga je donesen Pravilniku o zaštiti trpova (NN 76/1998).

Akvakultura sve više postaje održiva alternativa koja će odgovoriti na zahtjeve tržišta, smanjiti pritisak na divlje populacije i najvažnije, poslužiti kao izvor za obnovu divljih populacija (Bartley i Bell, 2008). Zadnjih 15 godina svjedočimo sve većem interesu za uzgoj morskog trpa te razvoju tehnologije za održivi ugoj (Han i sur., 2016; Purcell i sur., 2012). Od 2004. godine do 2017. godine svjetska proizvodnja je konstantno rasla, s 46,000 tona u 2004. do 224,000 tone u 2017., ali 2018. godine bilježi pad na 177,000 tona (http://www.fao.org/figis/servlet/SQServlet?file=/usr/local/tomcat/8.5.16/figis/webapps/figis/temp/hqp_2039352554102874319.xml&outtype=html). Većina te proizvodnje otpada na dvije vrste, *A. Japonicus* i *H. Scabra,* a uzgaja se još nekolicina tropskih vrsta uglavnom u Indo-Pacifičkim zemljama (Tablica 2). Od 2002. godine Kina je postala prva zemlja koja potrebe svog tržišta zadovoljava samo iz uzgoja (Han i sur., 2016) (Tablica

1), a njihova mrijestilišta godišnje proizvode više od 6 bilijuna juvenilnih jedinki vrste A. Japonicus (Purcell i sur., 2012).

Tablica 1. (Izvor: Purcell i sur., 2012)

Country	Species cultured	Annual production of 1 g juveniles	Use of juveniles	Proponents	Start year to end year
Australia (Northern Territory)	*Holothuria scabra*	62,000+	Sea ranching; pond farming	Tasmanian Seafoods Pty. Ltd.	2004–ongoing
Australia (Queensland)	*H. scabra*	500,000	Sea ranching	Bluefin Seafoods	2003–2009
Australia (Queensland)	*H. lessoni*	330,000	Sea ranching	Bluefin Seafoods	2004–2009
Australia (Queensland)	*H. scabra*	1000	Experimental	QLD DPI&F	2004–2007
Canada	*Parastichopus californicus*	n/a	Pond farming	Sustainable Ecological Aquaculture (SEA)	2009–ongoing
China	*Apostichopus japonicus*	>6 billion	Sea ranching; pond farming	Government and private hatcheries	1990–ongoing
Ecuador	*Isostichopus fuscus*	n/a	Experimental	n/a	2002–2008
Fiji	*H. scabra*	500	Experimental	Hunter Pearls, Fiji MAFF	2008–2010
FSM (Pohnpei)	*H. scabra*	10,000	Experimental	College of Micronesia, Land Grant Program	2009–ongoing
FSM (Yap)	*Actinopyga* sp.	n/a	Stock enhancement	n/a	2007
India (Tuticorn)	*H. scabra*	3000	Experimental	Central Marine Fisheries Research Institute	1988–2006
India (Tuticorn)	*H. spinifera*	na	Experimental	Central Marine Fisheries Research Institute	2001–2006
Iran (Bandar-e Lengeh)	*H. scabra*	na	Experimental	Persian Gulf Molluscs Research Station	2011
Japan	*A. japonicus*	>3 million	Stock enhancement	n/a	1977–ongoing
Kiribati	*H. fuscogilva*	500–8000	Stock enhancement	Kiribati Ministry of Fisheries	1997–2009
Madagascar	*H. scabra*	200,000	Sea farming (pens)	Blue Ventures, TMD, MH.SA	2007–ongoing
Maldives	*H. scabra*	5 million	Sea ranching	Masmeeru Pty Ltd	1997–ongoing
Mexico	*I. fuscus*	300,000	Pond farming	Acuacultura Dos Mil	2008–ongoing
New Caledonia	*H. scabra*	18,000	Experimental	WorldFish Center	2000–2006
New Caledonia	*H. scabra*	450,000+	Sea ranching; pond farming	Société d'élevage aquacole de la Ouenghi	2011–ongoing
New Zealand	*Australostichopus mollis*	n/a	Experimental	National Institute of Water and Atmosphere	2007–ongoing
Palau	*Actinopyga mauritiana*	500,000	Stock enhancement	Government hatchery, Korean technicians	2009–2011
Palau	*Actinopyga miliaris*	50,000	Stock enhancement	Government hatchery, Korean technicians	2009–2011
Philippines (Bolinao)	*H. scabra*	32,000	Sea ranching	University of the Philippines MSI	2001–ongoing
Philippines (Mindanao)	*H. scabra*	15,000	Sea ranching; pond farming	University of the Philippines, DOST, PCARMD	2009–ongoing
Philippines (Bolinao)	*Stichopus horrens*	500	Experimental	University of the Philippines MSI	2009–ongoing
Philippines (Dagupan)	*H. scabra*	20,000	Experimental	NIFTDC-NFRDI	2009–2011
Philippines (Iloilo)	*H. scabra*	11,000	Experimental	SEAFDEC	2010–ongoing
Saudi Arabia	*H. scabra*	n/a	Sea ranching	National Prawn Company	n/a
Solomon Islands	*H. scabra*	n/a	Experimental	WorldFish Center	1996–2000
USA (Alaska)	*P. californicus*	n/a	Experimental	Alutiiq Pride Shellfish Hatchery	2010–ongoing
Vietnam	*H. scabra*	200,000+	Pond farming	RIA3	2001–ongoing

Tablica 2. Godišnja proizvodnja morskih trpova u Kini po provincijama, od 1989. do 2014. (China Bureau of Fisheries, 1990–2015) (Izvor: Han i sur., 2016)

	Shandong P.		Liaoning P.		Fujian P		Hebei P.		National total	
	Culture (*t*)	Capture(*t*)	Culture (*t*)	Capture(*t*)	Culture (*t*)	Capture(*t*)	Culture (*t*)	Capture(*t*)	Culture (*t*)	Capture(*t*)
1989	12.975	7.95	—	69	—	—	—	—	12.975	101.92
1990	0.15	16.478	—	87.5	—	—	—	—	0.15	135.608
1991	1.77	19.436	—	99.5	—	—	—	—	1.77	143.171
1992	5.22	83.565	—	167	—	—	—	—	5.22	264.365
1993	45	55.885	—	293	—	1.01	—	—	45	362.805
1994	170	355.86	—	350	—	0.008	—	—	170.045	706.823
1995	128.03	444.08	179	165	—	0.148	—	—	307.03	616.128
1996	814.85	379.489	—	895	—	—	—	—	814.85	1282.489
1997	424.3	330	599	1016	—	—	—	—	1023.3	1352
1998	396.4	476	945	971	—	15.04	—	—	1341.4	1467.04
1999	479	160	50	146	—	1.817	1	—	530	308.817
2000	821.001	40	2485	584	—	15	—	—	3307.001	645.714
2001	1253	102	3837	230	—	14	1	—	5091	358.44
2002	1844.3	46	4021	390	—	28	—	—	5865.3	470.232
2003	29961	—	7185	—	1	—	—	—	38952	—
2004	40370	—	11529	—	—	—	33	—	53315	—
2005	46017	—	16157	—	238	—	209	—	65283	—
2006	53080	—	21236	—	324	—	1064	—	75725	—
2007	53572	—	22158	—	651	—	515	—	77517	—
2008	60689	—	29034	—	1224	—	1183	—	92567	—
2009	62792	—	36134	—	1338	—	1508	—	102159	—
2010	66300	—	59764	—	1643	—	2128	—	130303	—
2011	71011	—	54954	—	7082	—	4024	—	137754	—
2012	82905	—	64512	—	15459	—	6649	—	170830	—
2013	96523	—	70,687	—	17,555	—	7976	—	193705	—
2014	99560	—	68754	—	22227	—	12145	—	200969	—

4.1 Uzgojni ciklus vrste *A. Japonicus*

4.1.1 Matični stok (Pogon za kondicioniranje matica)

Matice *A. japonicus* skupljaju se krajem svibnja do početka srpnja, kada temperatura mora uz morsko dno dosegne 15–17° C te kada jedinke dosegnu spolnu zrelost (Zhang i Liu, 1998; Xie, 2004; Chang i Chen, 2008; Ke, 2010; Yu i sur., 2010). Skupljaju se jedinke stare 2 godine, tjelesne mase oko 250 grama, čije gonade čine 10% ukupne tjelesne mase (Zhang i Liu,1998; Xie, 2004; Ke, 2010; Yu i sur., 2010). Jedinke s većom tjelesnom masom bolji su odabir za kondicioniranje. Mrijest počinje nakon perioda adaptacije kako bi se jedinke prilagodile na nove uvjete. Nakon 3 dana adaptacije temperaturu vode treba podići i održavati na 16-18°C u trajanju od 7 do 10 dana prije induciranja mrijesta. Izmjena vode, čišćenje, aeracija i uklanjanje oštećenih jedinki trebaju se obavljati svaki dan. Trpovi se hrane umjetnom ili živom hranom baziranom na *Zostera marina, Sargassum thunbergia*, kopepodima i dijatomejama (Luan i sur., 2006). Mrijest se obično iducira temperaturnim šokovima, a započinje nedugo nakon što se inducirane jedinke počnu češće kretati ili krenu pomicati anteriorni dio tijela lijevo pa desno (Zhang i Liu, 1998).

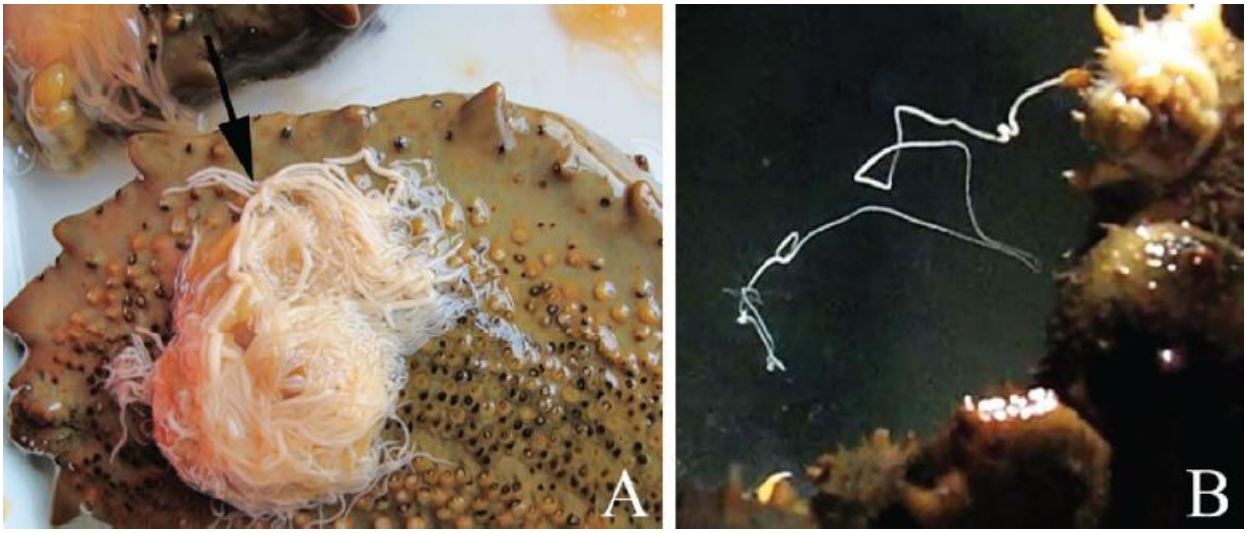
(Han i sur., 2016)

4.1.2 Mrijest i oplodnja

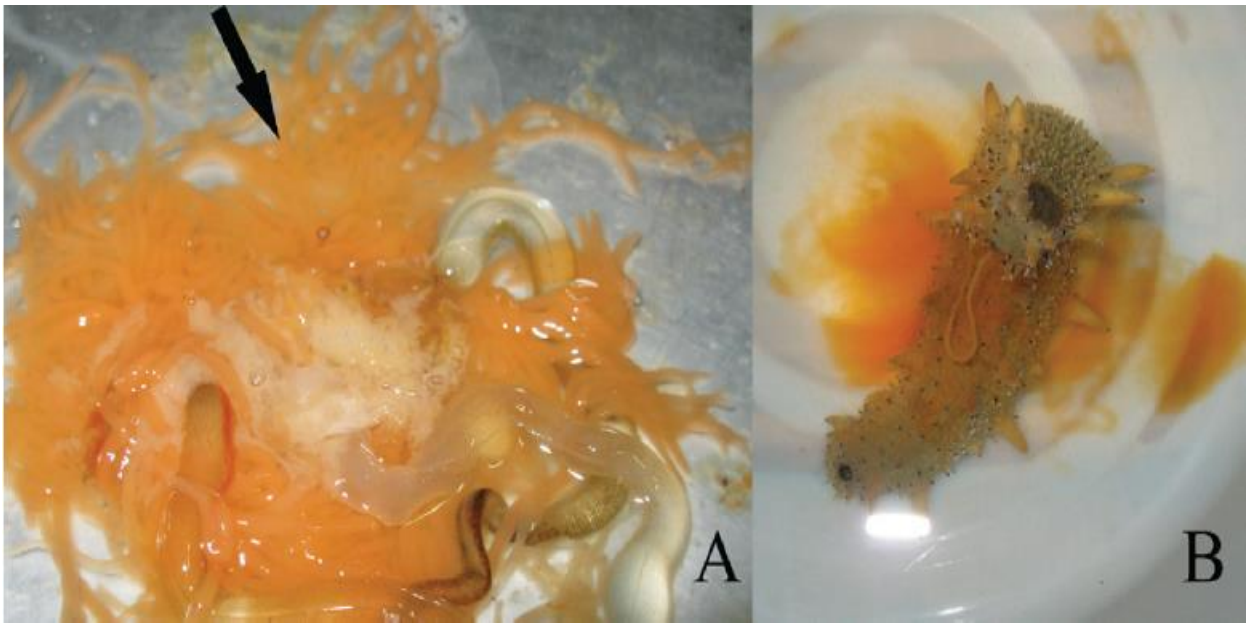
U prirodnim uvjetima, nakon sazrijevanja gonada, mrijest započinje između zalaska sunca i 21.00 sat kada je temperature vode između 18-23° C. Ova saznanja koriste se i u mrijestilištima. Dvije uspješne metode za indukciju mrijesta su termalni šok i sušenje, odnosno izlaganje zraku određeno vrijeme. Termalni šok se postiže povećanjem temperature za 3-5°C nakon čega započinje mrijest (Chang i Chen, 2008; Yu i sur., 2010). Kod metode sušenja, prvo se isprazni bazen te matice ostaju izložene zraku pola sata do sat vremena, zatim se lagano ispiru vodom 40-50 minuta nakon čega se bazen opet puni svježom morskom vodom (Chang i Chen, 2008; Yu i sur., 2010). Općenito, mužjaci ispuštaju spermije pola sata nakon ženki (Xie, 2004) (Slike 5 i 6). Važno je održavati gustoću jajašca ispod milijun jajašca po m^3 (Chang i Chen, 2008).

Razvoj embrija započinje nakon oplodnje kada je promjer oplođene oocite oko 120-130 mikrometara (Chen, 2003). Temperaturu vode treba održavati na 18-23°C, a gustoća ne bi trebala prelaziti 20 komada po mililitru vode (Luan i sur., 2006). Da bi izbjegli padanje jajašaca i embrija na dno bazena tijekom perioda gastrulacije, vodu treba miješati svakih pola sata ili se to radi pomoću aeracije. Embrionski razvoj i faza rasta ličinke najosjetljiviji su dijelovi uzgojnog ciklusa te se tim dijelovima uzgojnog ciklusa treba posvetiti posebna pažnja kako bi se smanjila smrtnost.

(Han i sur., 2016)



Slika 5. (A) Zrele gonade muškog *A. japonicus.* (B) Ispuštanje spermija u vodu. (Izvor: Shilin Liu, 2015)



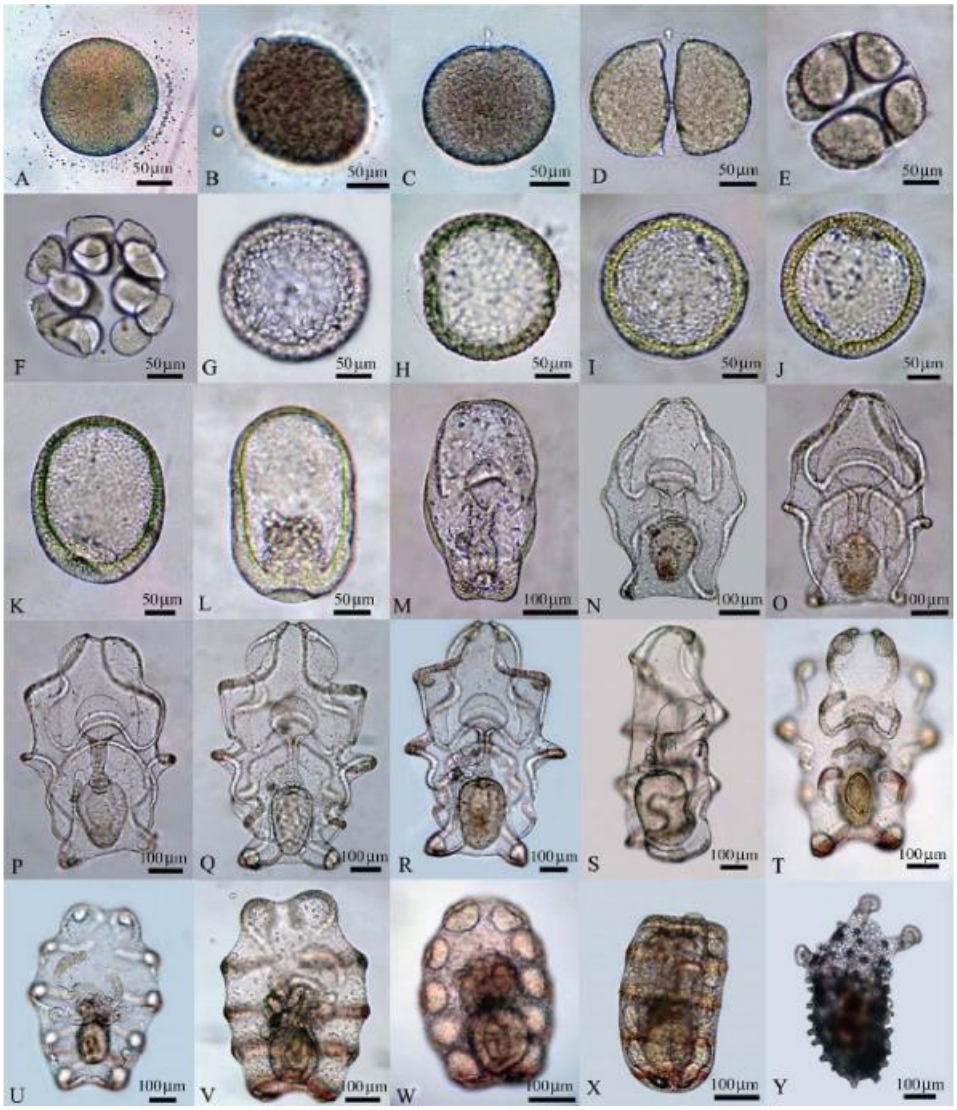
Slika 6. (A) Zrele gonade ženke *A. japonicus.* (B) Ispuštanje oocita u vodu. (Izvor: Shilin Liu, 2015)

4.1.3 Razvoj ličinki, prihvat i metamorfoza

Nakon mrijesta i oplodnje ličinka prolazi kroz stadije gastrule, aurikularije, doliolarije, pentakule i na poslijetku dolazi do juvenilnog stadija, odnosno postličinačkog stadija.

Najveća smrtnost nastupa tijekom stadija aurikularije te kod mlađi u ranoj postličinačkoj fazi od 7 do 10 dana starosti zbog bolesti probavnog trakta (Chen, 2003). Ličinački stadiji hrane se jednostaničnim algama *Dunaliella salina, Phaeodactylum tricornutum, and Chaetoceros simplex,* morskim kvascem i mješavinom diatomeja i krizoficeama (Chen, 2003; Xie, 2004; Wang i sur.., 2008; Yu i sur., 2010). Metamorfoza u juvenilne jedinke odvija se jedan do dva dana nakon postizanja posljednjeg ličinačkog stadija - pentakule. U bazenima za razmnožavanje potrebno je postaviti supstrat za prihvaćanje kada jedinke prestanu plivati. Kada mlađ naraste do veličine 2-3 centimetra, vrijeme je da se prebace u objekte za uzgoj, morske rančeve/farme ili u otvoreno more predviđeno za ponovno naseljavanje (Chen, 2003). Tijekom faze prihvaćanja ličinke važno je strogo upravljanje svih uvjeta okoline. Optimalna temperatura je između 17-19°C. Salinitet treba održavati između 26.2 i 32.7. Otopljeni kisik treba biti preko 5 miligrama po litri, dok bi pH trebao biti između 8.10 i 8.30. Koncentracija amonijaka ne smije prelaziti 0.2 miligramag po litri (Xie, 2004; Chinese Ministry of Agriculture, 2006).

(Han i sur., 2016)



Slika 7. Embrionalni razvoj *A. japonicus*. (A – B) Oplođeni oociti, (C) Razvitak polarnog tijela, (D) Stupanj s dvije stanice, (E) 4-8-stanica, (F) 16-stanični stadij, (G–H) Blastula, (I) Rotirajuća blastula s proširenom ovojnicom, (J) Kasna blastula, (K–M) Gastrula u razvoju, (N–O) Rana aurikularija, (P–Q) Srednja faza aurikularije, (R–T) Kasna faza aurikularije, (U–W) Doliolarija stadij, (X) Pentakula i (Y) Rani juvenilni stadij s ambulakralnim podijama. (Izvor: Qiu, 2013).

4.1.4 Uzgoj mlađi u rastilištu

Juvenilne jedinke *A. Japonicus* uglavnom se hrane bentičkim diatomejama i formuliranom hranom koja se sastoji od smrvljenih svježih makroalgi. Balansirana i

nezagađena prehrana ključna je za rast i preživljavanje (Chang i Chen, 2008). Stalna aeracija vode potrebna je nakon prihvaćanja za podlogu (Yu i sur., 2010). Izmjena vode treba se odvijati dvaput dnevno, po trećinu ukupnog volumena vode u bazenu. Mnogobrojni se kopepodi natječu za hranu u bazenu i oštećuju juvenilne trpove, a triklorfon može biti učinkovit u suzbijanju tih nametnika (Wang i sur., 2005a). Antibiotici također mogu doprinijeti smanjenju izbijanja patogenih mikroorganizama iz supstrata. (Han i sur., 2016)

4.2 Industrijski uzgoj

U Kini se industrijski uzgoj *A. japonicus* najviše odvija u regijama Shandong i Liaoning. Industrijski uzgoj uključuje procese kondicioniranja matica, umjetnu indukciju mrijesta i uzgoj ličinki. Proces se razvio kako bi se osigurala dovoljna količina mlađi za uzgoj u ribnjacima/zemljanim bazenima i morskim rančevima/farmama. Matice uglavnom prikupljaju lokalni ronioci, zatim se prebacuju u bazene s odgovarajućim uvjetima za prilagođavanje i kondicioniranje. Nakon perioda kondicioniranja u kojem se hrane umjetnom i živom hranom najboljih nutritivnih svojstava dolazi do sazrijevanja gonada te potom i mrijesta. Uzgoj ličinki krucijalni je dio cijelog procesa kojem treba posvetiti najviše pažnje i čiji razvoj do potpune optimizacije traje i po nekoliko godina. Nakon metamorfoze, juvenilne jedinke prebacuju se u bazene za daljnji razvoj (Slika 8.). Kada dosegnu određenu veličinu spremne su za prebacivanje u ribnjake/zemljane bazene ili na morske rančeve/farme.

(Zhang i sur., 2015)

Slika 8. Bazeni za uzgoj juvenilnih jedinki (Izvor: Shilin Liu,2015)

4.2.1 Postrojenja, oprema i sustavi

U uzgojne objekte spadaju proizvodne jedinice, sustavi za potporu proizvodnji, odjeli za menadžment i usluge. Postrojenja za uzgoj sadrže prostorije za uzgajanje i kondicioniraje matica, uzgoj embrija i ličinki te pogon za uzgoj algi za hranu. Glavni dijelovi sustava za potporu proizvodnje su sustavi za filtriranje morske vode (slika 9A, B), pumpe za vodu (slika 9C), kompresori /puhalice za dovod zraka (slika 9D), grijači (slika 11) i električne komponente sustava. Napredniji pogoni imaju laboratorije i centre za istraživanje i razvoj s tehničkom podrškom za praćenje kvalitete vode i “sjemena”/gameta, ličinki i mlađi, kao i za prevenciju i liječenje bolesti.

(Zhang i sur., 2015)

Slika 9. Tipični filtracijski sustavi i pumpe koji se koriste za uzgoj *A. japonicus*. (A) Taložnica (sprijeda) i pješčani filtri (straga) za izdvajanje suspendiranih čestica iz vode. Vjetrogeneratori se sve češće koriste za dobivanje električne energije u objektima za akvakulturu *A. japonicus*. (B) Pješčani filter za mehaničku filtraciju.(C) Unutarnja pumpa za recirkulaciju vode u sustavu (D) Zračne pumpa (Izvor: A,B,C - Shilin Liu, 2015; slika D: Yucen Bai, 2015).

4.2.1.1 Vodoopskrbni sustav

Uzgojni ciklus zahtijeva vodu visoke kvalitete s filtracijom koja se sastoji od pješčanih tornjeva, dekantacijskih (taložnih) bazena, tankova s pjeskom za filtriranje i stanice za UV sterilizaciju. Pumpa se sastoji od prve pumpe koja crpi vodu iz mora i provodi ju kroz sedimentacijski tank (slika 9A) te od druge pumpe koja dovodi vodu u pješčani filter (slika 9B). Koriste se različite vrste crpki, uključujući potopne pumpe (protok 200 $m^3 h^{-1}$) i cjevovodne, odnosno recirkulacijske pumpe (koriste se za održavanje cirkuacije vode u

samom uzgojnom stavu s protokom 500 $m^3 h^{-1}$) (slika 9C). Cijevi od lijevanog željeza sa SPUA oblogom protiv hrđanja koriste se za unos morske vode, dok ostali dijelovi sustava koriste polietilenske cijevi. Na dnu svakog bazena za uzgoj juvenilnih jedinki, kao i sustava za uzgoj algi, nalazi se odvod za ispuštanje vode koji se nalazi 50 centimetara ispod razine dna bazena (slika 10).

(Zhang i sur., 2015)

Slika 10. Odvod za ispuštanje vode iz bazena. (Izvor: Yucen Bai, 2015)

4.2.1.2 Sustav za grijanje

Kada je ljeti temperatura morske vode visoka, može se koristiti bez prethodnog zagrijavanja, ali u proljeće i jesen mora se prethodno zagrijati prije upotrebe u bazenima. *A. Japonicus* izrazito je osjetljiv na fluktuacije u temperaturi vode te se ona mora učestalo kontrolirati kako bi se izbjegao stres. U ovom sustavu se koriste bojleri na ugljen za podizanje temperature vode na 80°C (slika 11A i B). Toplina se prenosi u tankove kroz ploče za izmjenu topline do temperature između 15 i 17°C (slika 11 C). U svakoj prostoriji s bazenima za uzgoja nalaze se klima uređaji za održavanje konstantne temperature u zatvorenom.

(Zhang i sur., 2015)

Slika 11. (A, B) Bojler i (C) izmjenjivač topline za sustav vodoopskrbe koji se koristi za uzgoj *A. japonicus.* (Izvor: A i B od Yucen Bai, 2015; slika C od Shilin Liu, 2015)

4.2.1.3 Sustav opskrbe kisikom

Većina postrojenja koristi pumpe za dovod zraka u uzgajališta kroz cijevi. Zrak prolazi kroz PVC cijevi do svakog bazena putem fleksibilnih plastičnih crijeva. Funkcije prozračivanja su: održavanje odgovarajuće razine kisika od 4 do 6 miligrama po L u morskoj vodi, poticanje oksidativne razgradnje organskih tvari i nitrifikacije, ravnomjerno raspršenje ličinki i algi, ograničenje proizvodnje toksičnih tvari npr. razvoja cvatova bakterija i razmnožavanje protozoa.

(Zhang i sur., 2015)

4.2.1.4 Električni sustav

Sustav električne potpore važna je infrastruktura za uzgojne centre i druge objekte i opremu. Prostorija za raspodjelu električne energije čini jezgru ovog sustava. Najveća potražnja za električnom energijom dolazi od pumpi, bojlera, puhalica i grijača.

(Zhang i sur., 2015)

4.2.2 Tehnike uzgoja i menadžment

4.2.2.1 Uzgoj algi

Glavne vrste algi koje se koriste kao hrana u uzgojnom ciklusu *A. japonicus* su *Closterium* (dijatomeji), *Chaetoceros, Chlorella, Isochrysis galbana i Pyramimonas*. Uzgojni ciklus se može podijeliti u tri faze: održavanje matičnih kultura, nasađivanje i rast kulture i uzgoj u velikim volumenima (Zhang i sur., 2004). Obično u postrojenjima za uzgoj *A. japonicus* postoji prostorija za uzgoj algi koju čine svjetlosni inkubatori i male staklene posude (erlenmajerice) za održavanje startnih kultura. Faza proizvodnje provodi se u neovisnoj prostoriji u kojoj je na raspolaganju mnogo polica (slika 12). Staklenke od 5000 mililitara napunjene su otopljenim hranjivim tvarima (solima) posebno pripremljenim za alge. Staklenke, dezinficirane prije nasađivanja, se prekrivaju s dezinficiranim pokrovom i aeriraju kako bi se kultura drala u suspenziji. Za kulturu velikih razmjera koriste se bijele plastične bačve/tankovi od 500 do 1000 litara i betonski spremnici. Spremnici su uvijek veličine 10 m^3 i imaju efektivnu dubinu od 1 metra. Prostorije za uzgoj algi trebaju biti dobro izolirane i osvijetljene za održavanje iznad 25 ° C i 3000 luxa. Bitno je neprestano miješati kulture algi. Hranjive tvari potrebne za rast i razmnožavanje algi su N, P, Fe, Si kao i vitamini. Formulacije i doziranje su specifični za svaku vrstu. Koncentracija algi u mililitru vode određuje se pomoću hemocitometra. Obično se gustoća algi u spremnicima za uzgoj kreće oko 200–300 $\times 10^6$ stanica mL^{-1}. Kultura algi se potom pumpa u spremnike ličinke s *A. japonicus* kroz specijalizirane

cijevi. Također, gustoća algi u bazenu za uzgoj *A. japonicus* treba se održavati između 10 000 I 80.000 stanica mL^{-1} (s povećanjima od 10 000 stanica mL^{-1} dnevno dok se ne dostigne faza doliolarije).

(Zhang i sur., 2015)

Slika 12. Koncentrirane kulture različitih vrsti alga u sobi za uzgoj startnih kutura (Izvor: Yucen Bai, 2015)

4.2.2.2 Matice, mriještenje i uzgoj ličinki

Razmnožavanje *A. japonicus* u industrijskom (komercijalnom) uzgoju može se podijeliti u pet stupnjeva: kondicioniranje matica, prikupljanje gonada (mrijest) i oplodnja, uzgoj ličinki, uzgoj mlađi (juvenilnih jedinki) i zimovanje. Spremnik koji se koristi za matice obično je velik 4 m^2 (2 m × 2 m) i dubok 1,2 m (slika 13). Matice se sakupljaju iz divljih populacija, morskih farmi/rančeva ili zemljanih bazena/pondova/ribnjaka. Matice treba održavati na gustoći od 20 do 30 jedinki po m^{-3} i temperaturi između 13 i 16 ° C dok ne dođe vrijeme za kondicioniranje, odnosno stimulaciju razvoja gonada. Matice se hrane hranom bogatom hranjivim tvarima kako bi se ubrzao razvoj gonada. Budući da se *A. japonicus* dobro hrani na 13-16 ° C, treba održavati ovu temperaturu do 10 do 20 dana

prije mrijesta. Temperaturu treba zatim polako povećavati na 17–19 ° C do očekivanog perioda indukcije mrijesta. Općenito, kada akumulirana temperatura dosegne 800 °C/dan, gonade *A. japonicus* će sazriti i jedinke će se prirodno mrijestiti (Wei, 2008). Tijekom postupka kondicioniranja matica može se koristiti prirodna ili umjetna hrana u količini od 3 do 5% vlažne mase *A. japonicus* dnevno. Tipična prehrana za *A. japonicus* uključuje alge u prahu pomiješane s morskim muljem u težinskom omjeru 1:8–1:16. Količina hrane koja se dodaje svaki dan je određena veličinom matica i biomasom. Održavanje mračnog okruženja važno je tijekom tog razdoblja. Uz to, hranjenje treba prekinuti 3–5 dana prije očekivanog dana indukcije mrijesta. Kako kroz sustav za kondicioniranje voda uglavnom ne protječu (stacionarni sustavi), pola morske vode trebalo bi mijenjati jednom dnevno i kontinuirano aerirati. Ako dođe do smrtnih slučajeva, leševi se moraju ukloniti odmah te se može razmotriti tretman penicilinom. Budući da se *A. japonicus* uvijek mrijesti u sumrak ili tijekom noći teško je kontrolirati količinu oslobođenih gameta (Wang i sur., 2004). To bi moglo uzrokovati da vrlo velika količina muških gameta (sperme) naruši kvalitetu vode (zamuti vodu) i ujedno uzrokuje polispermiju (oplodnju oocita većim brojem spermija). Takvi gameti se neće pravilno razvijati ili neće preživjeti te ih treba odbaciti. Tehničari trebaju kontinuirano nadzirati bazene tijekom noći potencijalnog mriještenja i ukloniti matice iz tanka kad su sakupili dovoljno spermatozoida i oocita. Na taj način održavaju dobar omjer između gameta kako bi se osigurala optimalna stopa oplodnje i preživljavanja. Umjetne metode se također koriste za induciranje mrijesta *A. japonicus*. To uključuje temperaturni šok, UV metodu uranjanja u morsku vodu, isušivanje i stimulaciju tekućom vodom. Postoje dvije uobičajene tehnike oplodnje: prirodna oplodnja nakon mrijesta (kad se muške i ženske gamete prirodno miješaju u zemljanom bazenu) i kontrolirana oplodnja u spremniku ili ribnjaku (za vrijeme koje će tehničar kontrolirati količinu spermatozoida za oplodnju). Najbolja temperatura za oplodnju je oko 20–21 ° C, a željena gustoća spermatozoida između 3 do 5 po oociti. Vodu u spremniku za oplodnju treba miješati da se spriječi aglomeracija oplođenih oocita i sedimentacija. Matice treba odmah ukloniti, a oplođene oocite prebaciti u spremnike za daljnji razvoj što je brže moguće nakon prebrojavanja broja oocita.

Gustoća za početnu inkubaciju ranih embrionalnih stadija je općenito 10 embrija/jajašca po mL^{-1}, a optimalna temperatura između 20 i 24° C. Vodu u ribnjaku treba miješati svakih 30–60 min i malo aerirati. Bitni elementi u ovoj fazi uključuju kontrolu gustoće i temperaturu na temelju razvojne brzine. Kad se iz oplođenog jajašca razviju ličinke, one koji se nalaze u srednjem i gornjem sloju vodenog stupca imaju najveće šanse za uspješan razvoj i preživljavanje. Treba ih odabrati za prebacivanje u bazene za ličinački uzgoj, a one sa dna odbaciti. Od 26 do 40 sati nakon fertilizacije u bazenima se ličinki mogu utvrditi stadiji aurikularije. Temperaturu u ovoj fazi treba prilagoditi na 18-22 ° C, a gustoću održavati između 0,3 i 1,5 ličinke ml^{-1}. Prehrana u ovom stadiju sastoji se od jednostaničnih algi (*Chaetoceros muelleri*, *Nitzschia closterium* i *Phaeodactylum tricornutum*) ili alternativno od kvasca *Rhodotorula marina*. Nakon prebacivanja najzdravijih ličinki u veće spremnike (duljine 5 m, širine 2,5 m i dubine 1,8 m), 1/3 vodu treba ispumpati. Nakon toga, nova voda se dodaje svakodnevno tijekom prva 2-3 dana dok spremnik nije pun. Tijekom rane faze rasta, 1/3 vode mijenjat će se jednom i potom 1/2 vode svakodnevno do kraja ličinačkog dijela uzgojnog ciklusa. Sifon i spremnik za filtriranje/prosijavanje (sa svilenom mrežom promjera 0,125 mm) koristi se za promjenu vode. Tankovi/spremnici se neprekidno tresu kako bi se izbjeglo drobljenje ličinki na mreži. Osim za vrijeme izmjene vode i hranjenja, spremnike treba aerirati i miješati svaki dan. Tijekom ove faze neophodno je nadzirati kvalitetu vode nekoliko puta dnevno. Kad se želudac ličinke adekvatno napuni i količina algi u morskoj vodi dosegne gustoću od 60 000 stanica mL^{-1} , opskrba hranom smatra se dovoljnom. Ako je želudac ličinki blijed, a alge u morskoj vodi teško pronalaze mikroskopkim pregledom, opskrbu hranom treba povećati. Vrijeme prvog hranjenja važan je korak za uspješnost uzgojnog ciklusa. Kako bi se izbjegla smrtnost i postigao adekvatan rast i razvoj, ličinke *A. japonicus* u komercijalnom uzgoju trebale bi se hraniti u roku od 48 sati od otvaranja probavnog trakta (Sun i Li, 2012). Promatranje i nadzor oblika želuca, razvoja tjelesne šupljine, otkrivanje bilo kakve deformacije i razvoj lipidnih sfera bitni su dijelovi svakodnevnog upravljanja ovim postupkom.

(Zhang i sur., 2015)

Slika 12. Betonski bazeni koji se koriste za kondicioniranje matica. (Izvor: Shilin Liu, 2015)

4.2.2.3 Naseljavanje ličinki i uzgoj mlađi (juvenila)

Kada se ličinke razviju u napredne aurikularije i kad se pojave doliolarije u bazene treba postaviti ploče za naseljavanje. Za to se koriste čiste plastične mrežaste košare koje sadrže kvadratne valovite ploče (Liu i sur., 2008). Kad ličinke pentaktule razviju svoje prvo stopalo (ambulakralni podij), nalaze se u procesu metamorfoze od pelagičnog u bentoški životni oblik, odnosno na prelazu iz ličinke u mlađ (juvenilni oblik). U to vrijeme dugačke su oko 300–500 µm. Mlađ ove vrste se uzgaja u protočnim sustavima s brzinom izmjene vode koja osigurava dvije potpune promjene vode svaki dan. Hrana im se uglavnom sastoji od bentoskih diatomeja (*Cylindrotheca fusiformis*), morskog mulja (sakupljeno dređom) i umjetnih hranila napravljenih od algi u prahu, mesa školjaka, složenih vitamina i minerala. Prikladna temperatura vode je 24–27 ° C prije nego što rane juvenilne jedinke prerastu duljinu od 5–6 mm. Tada se temperatura postupno smanjuje na 19–23 ° C dok ne dostignu duljinu od 2 cm. Temperatura se ponovno spušta na 10–15 ° C kada mlađ dostigne duljinu od 5 cm. Intenzitet svjetla ispod 300

luxa prikladan je tijekom dana s ambijentalnim fotoperiodom. Otopljeni kisik mora biti iznad 4 mg L^{-1}, a salinitet treba držati iznad 25 psu za juvenile *A. japonicus* svih veličina.

(Zhang i sur., 2015)

4.2.2.4 Zimovanje

Mrijest se obično događa na proljeće, no prve jedinke bit će spremne tek na jesen za nasađivanje u ribnjake/zemljane bazene ili morske farme (neke će se čak prodavati i sljedeće proljeće, godinu dana nakon mrijesta). Tako će dio jedinki *A. japonicusa* morati proći zimsko razdoblje u uzgajalištu. One se čuvaju u prvobitnim spremnicima za uzgoj ličinki. U tom razdoblju oko 1/3 – 1/2 vode treba se mijenjati svakodnevno. Tijekom tog razdoblja potrebno je aerirati vodu i održavati temperaturu između 6 i 10 ° C. Jačina svjetlosti je ista kao u uzgoju ličinki. Glavna prehrana uključuje meso školjkaša u prahu i alge u prahu u količini oko 1,5–4% vlažne mase jedinki. Dnevno dodavanje hrane treba podijeliti na 40% od ukupne količine ujutro i 60% navečer. Nepravilno ili prekomjerno hranjenje i oštre promjene temperature vode mogu izazvati evisceraciju kod jedinki. Spremnici se moraju redovno čistiti te se oštećene jedinke moraju uklanjati. Umjesto prodaje juvenilnih jedinki uzgajalištima, neki se objekti odlučuju za uzgoj dijela jedinki do komercijalne veličine u zatvorenim bazenima. To je takozvani sustav tvorničkog uzgoja. *A. japonicus* uzgojeni u zatvorenim prostorima s kontrolom optimalnih uvjeta uzgojne sredine rastu brže od onih koji se uzgajaju u vanjskim uzgajalištima. Tehnike koje se koriste iste su kao i za uzgoj juvenilnih jedinki. Temperaturu vode treba održavati između 10 i 17 ° C, s najboljim rezultatima na 10–11 ° C. Svakodnevna potpuna promjena vode je ključna. Hrane se dvaput dnevno, ujutro i navečer, koristeći pripremljenu hranu u količini između 1 i 10% njihove mokre mase. Važno je ukloniti feces i ostatke neiskorištene hrane.

(Zhang i sur., 2015)

4.3 Uzgoj u ribnjacima (pondovima i lagunama)

4.3.1 Infrastruktura i sustavi za uzgoj u ribnjacima

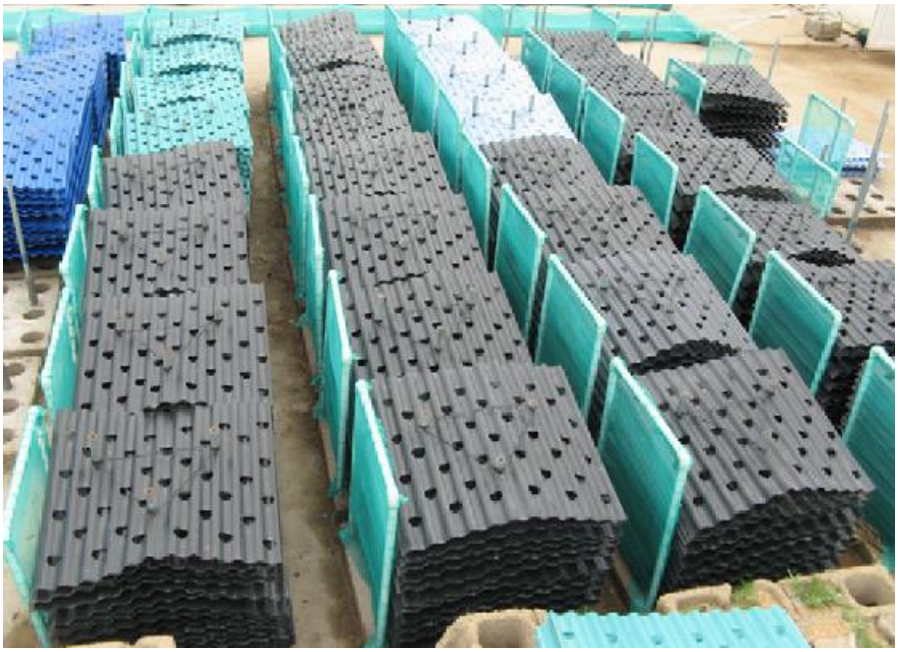
4.3.1.1 Ribnjaci

Ribnjaci koji se koriste za uzgoj A. japonicus dolaze u dva modela. Jedni su napravljeni od modificiranih ribnjaka za kozice, a drugi su locirani u blizini mora, kako bi se voda mogla izmjenjivati prilikom plime i oseke. Budući da je *A. japonicus* bentoski organizam, održavanje odgovarajućih ekoloških uvjeta u ribnjacima ključno je za uspješan uzgoj (Qiao i Cheng, 2005). Ribnjaci za uzgoj *A. japonicusa* uvijek su kvadratni ili pravokutni, od 1,3 do 6,0 ha i duboki 2–3 metra. Sustavi vodoopskrbe i odvodnje su pažljivo dizajnirani i izgrađeni; ili plima mijenja vodu kroz velike prolaze kao u sustavima brana ili se za izmjenu vode koriste crpke. Ulazi i izlazi za vodu obično su prekriveni odgovarajućom mrežicom kako bi se spriječio unos potencijalnih grabežljivaca i bijeg *A. japonicus* (Liu i sur., 2002).

Pri konstrukciji uzgojnih jedinica za održavanje optimalne kvalitete vode (ekoloških uvjet) bitna je i vrsta dna, odnosno supstrata na dnu. Mekani supstrat nije pogodan za uzgoj *A. japonicus*. Dno ribnjaka treba biti obloženo cementom ili kamenim pločama te prekriveno pijeskom. Ako je dno ribnjaka sastavljeno od debelog sloja mulja, nemoguće ga je temeljito očistiti. Dno ribnjaka treba u potpunosti očistiti nakon 4–5 godina korištenja kada se organska tvar nakupila iznad razine poželjne za održavanje kvalitete vode za *A. japonicus*. Umjetni grebeni ključni su element koji se koristi za preobražavanje dna ribnjaka i jamči veći uspjeh rasta (Qiao i Cheng, 2005). Također mogu povećati stopu preživljavanja i kvalitetu proizvoda. Umjetni grebeni pružaju zaštitu juvenilnim trpovima i povećavaju dostupnost prirodne hrane kao što su alge koje obraštaju grebene. Za staromodne umjetne grebene koriste se kamenje, cigle i crijepovi, a trebaju se postaviti mjesec dana prije nasađivanja trpova, kako bi se isprali od nečistoća i kako bi se na njih nakupio biofilm, koji služi za biološku filtraciju (Chang i

sur., 2004; Xue, 2007). Morsku travu i makroalge također bi trebalo nasaditi kako bi poslužile kao izvor hrane (Yu i sur., 2010). Poželjno je da materijali za umjetne grebene budu porozni i višeslojni da bi se osiguralo dovoljno naseljivog prostora za *A. japonicus*. Staromodnim umjetnim grebenima nedostaje znanstveni dizajn i jednostavno su napravljeni slaganjem kamenja i ploča. Zbog svoje jednostavne strukture, hrana koju nude nije optimalna, a iskorištenost prostora ograničava veći prinos. Zhang i suradnici (2011) dizajnirali su višeslojnu trodimenzionalnu strukturu umjetnog grebena (slika 13) kojom su riješili problem prostora i opskrbe hranom. Te su strukture napravljene od betonske baze i više slojeva naboranih ploča koje se lako koloniziraju bentoskim mikroalgama i makroalgama.

(Zhang i sur., 2015)



Slika 13. Višeslojni trodimenzionalni umjetni grebeni. (Izvor: Libin Zhang, 2015)

4.3.2 Tehnologija uzgoja do konzumne veličine I održavanje optimalnih uzgojnih uvjeta

Uzgoj *A. Japonicus,* kao i svake druge vrste trpova i drugih vodenih organizama, uključuje dezinfekciju ribnjaka, predkondicioniranje vode, naseljivanje jedinki za uzgoj i menadžment.

4.3.2.1 Priprema ribnjaka za uzgoj: dezinfekcija i obogaćivanje ribnjaka

Većina ribnjaka *A. japonicus* su prenamjenjeni ribnjaci za uzgoj kozica, duboki oko 2-3 metra, međutim te ribnjake potrebno je iskopati do dubine od 3 do 5 metara prije no što se mogu koristi za uzgoj *A. japonicus*. Kada je ribnjak spreman za upotrebu mora se dezinficirati 1-2 dana dodavanjem vapnenog praha (oko 20–30 g/ m^2) u morsku vodu koja se zatim prazni te se ribnjak ispire slatkom vodom. Nakon toga, ribnjak se ponovo napuni morskom vodom i organskim gnojivom ili ureom. Ukupni iznos od gnojiva treba pratiti i po potrebi dodati više organskog gnojiva (Zhang, 2012). Korisne alge će početi rasti i razmnožavati se kad kvaliteta vode bude stabilna, što je otprilike 10–15 dana. Tada se mogu naseliti jedinke *A. japonicus.*

(Zhang i sur., 2015)

4.3.2.2 Naseljavanje juvenilnih jedinki

S obzirom na prethodno napisano, postoje tri glavna izvora jedinki za naseljavanje *A. japonicus*: jesenske jedinke, proljetne jedinke i prirodne jedinke. Jesenske jedinke odnose se na one koje se sakupljaju iz rastilišta u rujnu, duljine su 2-4 centimetara te se najčešće koriste. Proljetne jedinke su one koje su uzgajane u prethodnoj godini i prošle su period zimovanja, a njihova duljina je 5–6 centimetara. Prirodne jednike su one koje se izlovljavaju u divljini te su veće od ostalih. Preporučuje se aklimatizacija jedinki nekoliko sati prije njihova premještanja u ribnjake, držanjem u betonskom bazenu na ekvivalentnoj temperaturi i slanosti. Jedinke većih dimenzija mogu se distribuirati izravno na umjetne grebene. Ako je duljina jedinki manja od 2 cm, smještaju se u svezane vrećice s konopcima na dno. Nakon što mlađ sama izađe iz vreća, prazne vreće se uklanjaju (Qiao, 1988). Određivanje početne gustoće jedinki važan je korak koji će imati veliki utjecaj na uspješnost uzgojnog ciklusa. Prikladna gustoća ovisi o

mnogim aspektima, uključujući veličinu ribnjaka, dubinu vode, materijal, strukturu, količinu i dizajn umjetnih grebena u ribnjaku, prosječna veličina jedinki, salinitet i prosječnu godišnju temperaturu morske vode te kvaliteta hrane i sposobnost tehničara (Qiao i Cheng, 2005). Gustoća nasada prilagođena je početnoj veličini mlađi. Gustoća naseljavanja jesenskih jedinki je između 7,5–15 jedinki po m^2, proljetnih jedinki između 4,6 i 12 jedinki po m^2, a prirodnih jedinki 3–4,5po m^2 (Lin i sur., 2003). Općenito, niža gustoća naseljivanja donosi veće stope preživljavanja pod istim uvjetima, a za veće jedinke potrebno je više prostora i adekvatnih izvora hrane.

(Zhang i sur., 2015)

4.3.2.3 Upravanje uzgojem

Slično drugim vrstama akvakulture, upravljanje objektima za uzgoj *A. japonicus* usredotočeno je na praćenje i kontrolu kakvoće vode, hranjenje, prevencija i liječenje bolesti. Ono što je jedinstveno kod uzogoja *A. Japonicus* je to da se dno ribnjaka također mora kontrolirati zbog bentoskog načina života ove vrste. Praćenje i kontrola kakvoće vode jedan je od najvažnijih elemenata akvakulture *A. japonicus*. To uključuje pažljivu kontrolu temperature vode, slanosti, razine otopljenog kisika, prozirnosti, boje vode i pH. Optimalna temperatura za konzumiranje hrane i rast je između 14 i 15 °C. Promjena vode je ključna za kontrolu kvalitete vode i treba je prilagoditi prema godišnjem dobu i određenoj situaciji, odnosno uvjetima u uzgajalištu. Stalni protok preporučuje se prije sredine lipnja. Kad temperatura vode dostigne 18 °C može se mijenjati brzinom od 20% dnevno. Izmjenu vode treba povećati na 50% dnevno kad temperatura vode dosegne 26 °C sredinom kolovoza. *A. japonicus* prilagođen je relativno uskom rasponu saliniteta i osjetljiv je na fluktuacije. Preporuča se crpljenje kišnice s površine ribnjaka kako bi se spriječile nagle promjene slanosti vode, osobito ljeti. Također je bitno dodati novu morsku vodu nakon kiše. Dodatak hrane u vanjskim ribnjacima rijetko je potreban kako bi se zadovoljile potrebe za rast *A. japonicus*. Opskrba prirodnom hranom kao što su mikroalge, bentoske dijatomeje, bakterije, protozoe i organske tvari često je dovoljna za podmirivanje njihovih potreba (Zhang i sur., 1995.). Umjetna hrana koja se koristi za nadohranjivanje sadrži najčešće riblji prah

pomiješan s morskim blatom, oko 3% ukupne vlažne mase *A. japonicus* jednom u svaka 2-3 dana. Međutim, u razdoblju neposredno nakon nasađivanja jedinki, bentonske alge osiguravaju odgovarajuću razinu hrane te se nadohranjuju ne više od jednom tjedno (Lin i sur., 2003). Godišnji ciklus hranjenja je sljedeći: jednom tjedno prije sredine lipnja; od sredine lipnja do početka listopada se ne hrane jer je *A. japonicus* u fazi aestivacija; jednom svaka tri dana nakon početka listopada.

(Zhang i sur., 2015)

4.3.2.4 Prevencija i liječenje bolesti

Bolesti su se u ovom tipu uzgoja *A. Japonicus* pojavile u zimu 2003. i proljeće 2004. godine, uključujući „gnjilenje kože“ koja uključuje primarnu bakterijsku infekciju praćenu sekundarnim gljivičnim i parazitskim infekcijama (Wang i sur., 2005). Bolest „gnjile kože“ uglavnom je uzrokovana lošim upravljanjem uzgojnog ciklusa i posljedično smanjene otpornosti organizama na bolesti. Tomu su svakako pogodovali loša kvaliteta vode koju je u ovom obliku dizajna bilo nemoguće održavati s obzirom na gustoću nasada. Odnosno, ovakav dizajn sustav gustoća nasada je bila prekomjerna (Chang i sur., 2006). Općenito, rješenje većine problema nalazi se u znanstveno osmišljenim uzgojnim metodama. Posebne mjere uključuju redovno čišćenje dna ribnjaka, niske/konzervativne gustoće naseljivanja, naseljavanje jedinki u pravilno vrijeme i na odgovarajućoj temperaturi vode, što više izbjegavati upotrebu antibiotika u fazi razvoja ličinke, pomno nadzirati promjenu u kvaliteti vode i pravovremeno reagirati na promjene te poboljšanje mikrobnog okruženja sedimenta ribnjaka dodavajući aktivne bakterije (Qiao i Cheng, 2005).

(Zhang i sur., 2015)

4.4 Uzgoj na farmama u moru

Za održivi razvoj ove industrije mnoga su poduzeća počela raditi umjetne grebene, od kamenja u epikontinentalnim morima gdje je kvaliteta vode visoka, i razvijati

rančeve/farme vrste *A. japonicus* na područjima koja prvobitno nisu bila povoljna za ugoj (Zou i Ma, 2006). Iako rastu sporije nego uz primjenu prethodno navedenih tehnoloških sustava, *A. japonicus* akumulira više bioaktivnih hranjivih sastojaka što je dobro za ljudsko zdravlje (npr. mukopolisaharid, fukoidan, saponin i glikofingolipid (Song et al., 2006) i ne pokazuju značajne razine lijekova ili drugih toksičnih tvari u tkivima. Uvjeti potrebni za uzgoj *A. japonicus* u plitkim obalnim područjima uključuju pronalaženje odgovarajućih obalnih područja, postavljanje umjetnih grebena ako se tamo ne nalaze prirodno te pristup objektima za upravljanje jedinkama za naseljavanje i jedinkama koje su dosegle komercijalnu veličinu brodovima i čamcima koji se koriste u svakodnevnom upravljanju, kao i obližnje pristanište uz obalu.

(Zhang i sur., 2015)

4.4.1 Odabir obalnih područja

Pregled kakvoće vode, hidroloških uvjeta, vrsta morskog dna i rasprostranjenost ostalih prisutnih morskih organizama pomoći će odrediti odgovarajuće mjesto i razdoblje nasađivanja. *A. japonicus* uspijeva u područjima gdje su struje spore i neometane, voda čista, na kamenitom dnu s puno makroalgi ili pjeskovito-muljevitom dnu na kojem raste morska trava Zostera (Sun i Chen, 2006). Također treba izbjegavati mjesta s dotokom slatke vode. Poželjno je da površina rančeva bude što veća, s gustoćom populacije od 3 do 15 jedinki po m^2 (Yu i sur., 2010). Predlaže se nasađivanje juvenilnih jedinki većih od 3mm kako bi se postigla veća stopa preživljavanja (Xie, 2004).

(Zhang i sur., 2015)

4.4.2 Grebeni

4.4.2.1 Prirodne stijene

Najjednostavniji i najčešće korišteni materijali za izgradnju umjetnih grebena su velike prirodne stijene ili kamenje. Te se stijene gomilaju na dnu i pružaju tvrdu podlogu na kojima mogu rasti alge koje zauzvrat tvore okoliš pogodan za *A. japonicus*. Nedostatak

ove metode uzgoja je da se ne može postići visoka proizvodnja (Sun i Chen, 2006), a stijene su postavljene nasumično što čini sakupljanje jedinki težim za ronioce.

(Zhang i sur., 2015)

4.4.2.2 Grebeni od ljuštura kamenica

Yang i sur. (2011) dizajnirali su greben od ljuštura kamenica (slika 14). Na taj način riješen je tehnički problema postavljanja kamenitih grebena u uvalama prekrivenim sitnim muljem. Ovaj umjetni greben je sastavljen od polietilenskih vrećica s 20–75 kg ljuštura kamenica. Težina ovog sustav je dovoljno lagana da ne može potonuti u mulj. Može pružiti hranu i prikladno sklonište za *A. japonicus*. Jeftini su za napraviti te imaju produženi vijek trajanja, više od 10 godina.

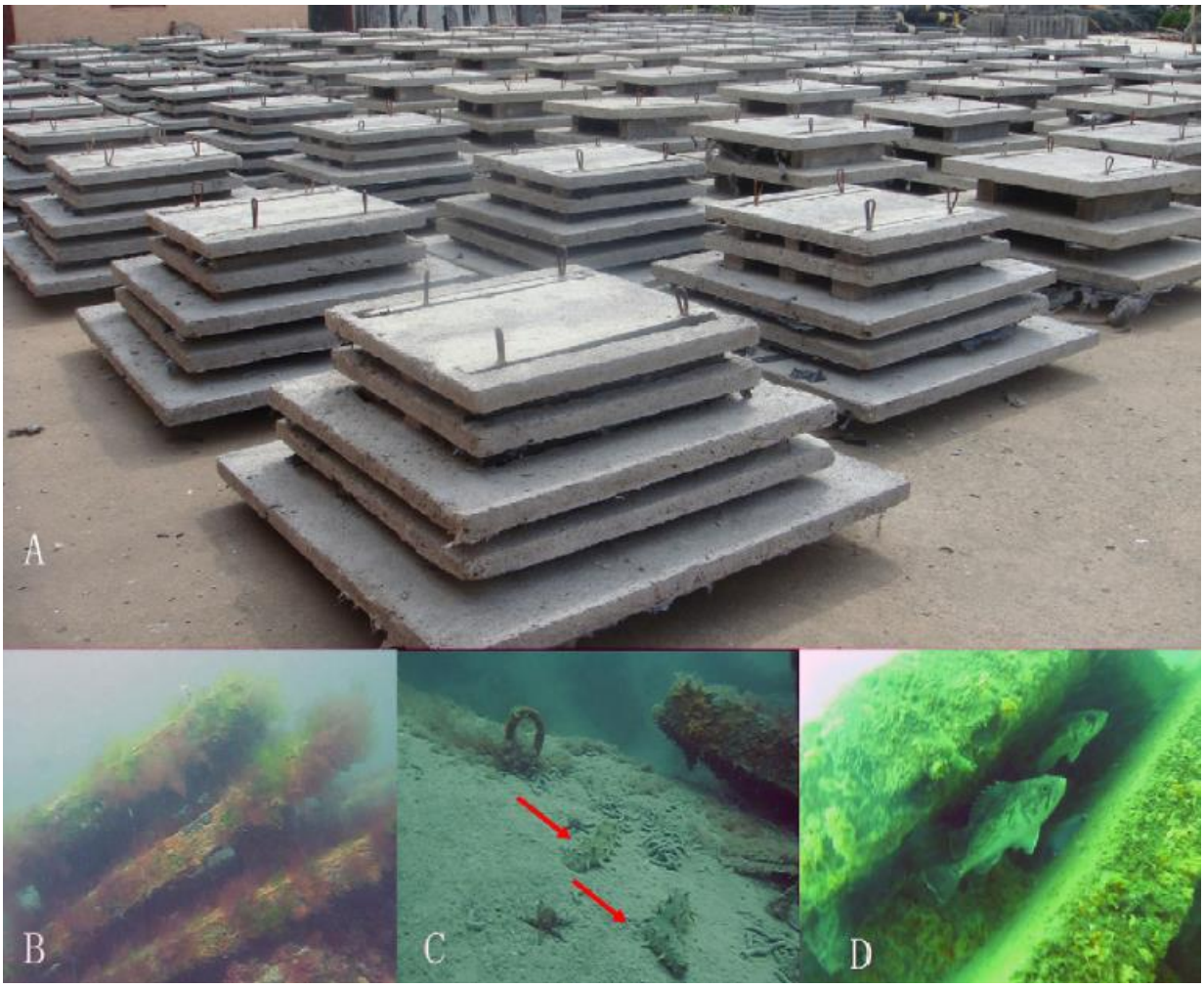
(Zhang i sur., 2015)

Slika 14. Grebeni od ljuštura kamenica u polietilenskim vrećama. (https://www.wjhg.com/content/news/Oyster-shell-reefs-help-restore-Choctawhatchee-shoreline-425406014.html)

4.4.2.3 Višeslojni kombinirani greben

Xu i suradnici (2011) dizajnirali su višeslojni sustav grebena (slika 15A) koji ima tri glavne svrhe: razvoj morskih trava (slika 15B), sklonište za A. japonicus (slika 15C), i povećanje količine komercijalno važnih riba (Slika 15D). Greben se sastoji od 3 do 5 slojeva cementnih ploča i dva cementna stupa piramidalne strukture.

(Zhang i sur., 2015)



Slika 15. Višeslojni greben za uzgoj *A. japonicus* u morskim rančevima. (A) Višeslojna betonska struktura prije postavljanja u more. (B) Makroalge koje rastu na umjetnom betonskom grebenu. (C) *A. japonicus* vidljiv na umjetnom grebenu (strelice). (D) Između betonskih slojeva umjetnog grebena nalazimo mnoštvo riba (Izvor: Qiang Xu, 2015).

4.4.3 Naseljavanje i sakupljanje

Za naseljavanje mlađi u obalna područja potrebna je specijalizirana oprema i brodovi. Međutim, sakupljanje se oslanja na ručni rad ronioca tako da je ronilačka oprema od ključne važnosti. Potrebne su redovite pomorske operacije za održavanje morskog ranča/uzgajališta *A. japonicus*. Svakodnevno upravljanje uglavnom se vrti oko uklanjanja grabežljivca i drugih prijetnji, uključujući širenje smeđih morskih algi *Scytosiphon* sp. i prisustvo grabežljivih morskih zvijezda. *Scytosiphon* sp. raste u intertidalnoj zoni i njeno preveliko razmnožavanje ili smanjenje brojnosti može dovesti do pogoršanja kakvoće vode u kasno proljeće. U to vrijeme juvenilne jedinke *A. japonicus* se skrivaju u šumama morske trave kako bi izbjegale svjetlost kad uđe u razdoblje estivacije. Što se tiče morskih zvijezdača, one mogu gutati cijele juvenilne *A. japonicas.*

(Zhang i sur., 2015)

4.5 Uzgoj morskih trpova u polikulturi

Mnoge organizme u kaveznom uzgoju (npr. ribe, škampi, školjkaši) treba učestalo nadohranjivati umjetnom prehranom. Višak hrane i feces organizama taloži se na morskom dnu što dovodi do akumulacije organskih tvari. Prekomjerno taloženje organske tvari dovodi do povećane potražnje za kisikom u sedimentu što može uzrokovati promjenu u sastavu bentičkih zajednica. Organska tvar koja se taloži izmjenom morske vode dovoljan je izvor hrane, stoga trpovi ne zahtijevaju dodatnu prehranu. Dodatna hrana i detritus mogu ubrzati stopu rasta trpova i održati veću gustoću nasada te trpovi mogu biti uzgajani s organizmima koji zahtijevaju dodatno hranjenje i koji proizvode dodatni organski materijal koji se taloži na dnu. Zajednički uzgoj trpova i drugih organizama na istom uzgojnom području ima pozitivne učinke na okoliš jer trpovi uklanjaju višak hrane i feces s morskog dna, što poboljšava kvalitetu vode.

(Han i sur., 2016)

5. Zaključak

Morski trpovi iznimno su cijenjena visokonutritivna hrana i važan dio zdravih morskih ekosustava. Sve veći kolaps prirodnih populacija doveo je u azijskim zemljama, odnosno područjima s najvećom potražnjom, do naglog razvitka tehnologije uzgoja ove skupine organizama. Kako je jedna od komercijalno najvažnijih vrsta *A. japonicus,* u Kini je detaljno istražena te je razvijeno nekoliko različitih tehnoloških sustava za uzgoj trpova. Industrijski uzgoj, odnosno najveća proizvodnja po jedinici površine dobiva se uzgojem u recirkulacijskim sustavima. Uzgoj o zemljanim ili betonskim bazenima te lagunama daje različite prinose, u ovisnosti o stupnju tehnološke modernizacije sustava. Uzgoj na morskim farmama daje nutritivno najkvalitetnije jedinke s obzirom na to da gustoća nasada nije velika, a odvija se u trpovima potpuno prirodnom okruženju.

6. Literatura

1. Bartley, D. M., & Bell, J. D. (2008). Restocking, stock enhancement, and sea ranching: Arenas of progress. Reviews in Fisheries Science, 16, 357–365.
2. Bruckner A. W. (2006). Proceedings of the cites workshop on the conservation of seacucumbers in the families Holothuriidae and Stichopodidae. NOAA Technical Memorandum NMFS-OPR 34, Silver Spring, MD 244: 33.
3. Chang, Y. Q., and J. X. Chen (2008). The status of mariculture in northern China. FAO Fish. P., 11: 271–284.
4. Chang, Y., Sui, X., Li, J. (2006). The current situation, problems and prospects of the *Apostichopus japonicus* aquaculture. Fish. Sci. 4, 98–201.
5. Chen, J. X. (2003). Overview of sea cucumber farming and sea ranching practices in China. B^eche-de-mer Inf. Bull., 18: 18–23.
6. Chen, J. X. (2003): Overview of sea cucumber farming and sea ranching practices in China. Beche-de-mer Inf. Bull., 18: 18–23
7. González-Wangüemert, M., Aydin, M., Conand, C. (2014). Assessment of sea cucumber populations from the Aegean Sea (Turkey): first insights to sustainable management of new fisheries. Ocean Coast. Manag. 92, 87–94.
8. González-Wangüemert, M., Domínguez-Godino, J.,(2016). Sea cucumbers as new marine resource in Europe. Front. Mar. Sci
9. González-Wangüemert, M., Valente, S., Aydin, M. (2015). Effects of fishery protection on biometry and genetic structure of two target sea cucumber species from the Mediterranean Sea. Hydrobiologia 743, 65–74.
10. Gonzalez-Wanguemert, M., Valente, S., Henriques, F., Domınguez-Godino, J., & Serrao, E. (2016). Setting preliminary biometric baselines for new target sea cucumbers species of the NE Atlantic and Mediterranean fisheries. Fisheries Research, 179, 57–66.
11. Habdija I., Primc Habdija B., Radanović I., Špoljar M., Matoničkin Kepčija R., Vujčić Karlo S., Miliša M., Ostojić A., Sertić Perić M. (2011): Protista-Protozoa, Metazoa-Invertebrata. Alfa d.d.

12. Han, Q., Keesing, J. K., & Liu, D. (2016). A review of sea cucumber aquaculture, ranching, and stock enhancement in China. Reviews in Fisheries Science & Aquaculture, 24, 326–341.
13. http://www.fao.org/figis/servlet/SQServlet?file=/usr/local/tomcat/8.5.16/figis/webapps/figis/temp/hqp_2039352554102874319.xml&outtype=html
14. http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=123083#distributions
15. https://eatlas.org.au/ne-aus-seascape-connectivity/sandfish
16. https://eol.org/pages/2012
17. https://morski.hr/2017/11/14/nestaju-trpovi-organizirani-kriminalci-pustose-dno-jadrana/
18. https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/1998_05_76_1028.html
19. https://slobodnadalmacija.hr/more/tajno-oruzje-mestara-za-komarce-trp-i-jezinac-lako-su-dostupni-a-vrlo-su-dobri-mamci-540669
20. https://www.bioscience.com.pk/topics/zoology/item/566-echinodermata-general-characters-and-classification
21. https://www.wjhg.com/content/news/Oyster-shell-reefs-help-restore-Choctawhatchee-shoreline-425406014.html
22. Ivo Matoničkin, Ivan Habdija, Biserka Primc-Habdija (1999). Beskralješnjaci - Biologija viših avertebrata. Školska knjiga.
23. Jia, J. S., and J. X. Chen (2001). Sea farming and sea ranching in China. FAO Fish. Tech. Paper, 418.
24. Ke, Y. F. Research of sea cucumber (2010). Qingdao: Ocean University of China Press.
25. Liao, Y. L. (1997): Editorial Committee of Fauna Sinica, Academia Sinica Fauna Sinica, Phylum Echinodermata Class Holothuroidea. Beijing: Science Press.
26. Lin, Z., Zheng, J., Cao, Z. (2003). Technology in the *Apostichopus japonicus* aquaculture. Shandong Fish. 8, 1–2.
27. Liu, J., Ma, X., Han, Z., Ji, G., Lu, J., Liu, Z. (2008). Technology of the factory *Apostichopus japonicus* aquaculture in the north of China. Anhui Agric. 3, 185–186.

28. Liu, S., Sun, J., Ru, X., Hamel, J.-F., Mercier, A. (2015). Chapter 7. Broodstock conditioning and spawning. In: Yang, H., Hamel, J.-F., Mercier, A. (Eds.), The Sea Cucumber *Apostichopus japonicus*. History, Biology and Aquaculture, Academic Press, 101–110.
29. Liu, X., Xu, H., Li, Y. (2002). Technology of the *Apostichopus japonicus* aquaculture in ponds. Fish. Modern. 4,16–18.
30. Luan, S., H. L. Sun, and J. Kong (2006). Heritability of auricularia larval body length for sea cucumber *Apostichopus japonicus* Selenka. J. Fish. Sci. China, 13(3): 378–383.
31. Lui A. (1994). Zoologija, Školska knjiga, Zagreb
32. Ministry of Agriculture (2006). Standardized production of pollutionfree sea cucumber. Beijing: China Agriculture Press.
33. Mušin D., Marukić M. (2007). Iz morskih dubina, vlast. Nakl., Korčula.
34. Purcell, S. W., Mercier, A., Conand, C., Hamel, J. F., Toral-Granda, M. V., Lovatelli, A., & Uthicke, S. (2013). Sea cucumber fisheries: Global analysis of stocks, management measures and drivers of overfishing. Fish and Fisheries, 14(1), 34–59.
35. Purcell, S.W., C. A. Hair, and D. J. Mills (2012): Sea cucumber culture, farming and sea ranching in the tropics: Progress, problems and opportunities. Aquaculture, 368–369: 68–81
36. Qiao, J. (1988). Pond cultural study of the sea cucumber *Stichopus jadponicus* Selenka. Mar. Sci. 4, 1–5.
37. Qiao, J., Cheng, B. (2005). The situation and expectation of artificial pond culture for *Apostichopus japonicus* Selenca. Mar. Sci. 9, 80–82.
38. Qiu, T., Zhang, T., Hamel, J.-F., Mercier, A. (2015). Chapter 8. Development, settlement, and post-settlement growth. In: Yang, H., Hamel, J.-F., Mercier, A. (Eds.), The Sea Cucumber *Apostichopus japonicus*. History, Biology and Aquaculture, Academic Press, 111–132.
39. Song, D., Ji, A., Liang, H., Wang, W., Chen, Y. (2006). Progress of the studies on the bioactive substances in the *Stichopus japonicus*. Chinese J. Biochem. Pharmaceut. 27, 316–319.

40. Sun, D., Chen, A. (2006). The technology development of the bottom culture and stock enhancement of *Apostichopus japonicus* in shallow sea. Shandong Fish. 1, 3–4.
41. Sun, X., Li, Q. (2012). Effects of temporary starvation on larval growth, survival and development of the sea cucumber *Apostichopus japonicus*. Mar. Biol. Res. 8, 771–777.
42. Toral-Granda, V., A. Lovatelli, M. Vasconcellos (2008): Sea cucumbers: A global review of fisheries and trade. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
43. Tseng, C. K. (1979). On sea ranching in the Exclusive Economic Zone of China. Beijing: Ocean Publishing House.
44. Turk T. (2011). Pod površinom mediterana, Školska knjiga.
45. Wang, J. Q., X. N. Sui, G. M. Gu, and W. H. Cong (2008). Effects of combination of various feeds and feeding rates on growth and survival of juvenile sea cucumber *Apostichopus japonicus*. Fish. Sci. (Dalian), 27(2): 55–58.
46. Wang, X., Wang, L., Yang, M., Sun, Y. (2004). The *Apostichopus japonicus* cultural technology in controlled temperature factory farming. China Fish. 5, 55–57.
47. Wang, Y. G., X. J. Rong, C. Y. Zhang, and S. F. Sun (2005a). Main diseases of cultured *Apostichopus japonicus*: prevention and treatment. Mar. Sci., 29(3): 1–7.
48. Wang, Y., Zhang, C., Rong, X., Jie-Jun, C., Shi, C., Sun, H., Yan, J. (2005). Diseases of cultured sea cucumber, *Apostichopus japonicus*, in China. FAO Fisheries Technical Paper, 297–310.
49. Wei, G. (2008). Key technologies in factory breeding of *Apostichopus japonicus*. J. Aquaculture 1, 50–52.
50. Xie, Z. M. Aquaculture and restocking technology for sea cucumbers and urchins. Beijing: Jindun Publishing House (2004).
51. Xu, Q., Yang, H., Liu, B., Zhang, L., Liu, Y., Yu, Z., Xing, K., Liu, Q. (2011). A kind of multi-layer combined artificial reef for bottom sowing culture in shallow sea. China patent. ZL200910017421.4. 2011-06-08.

52. Xue, Q. R. (2007): Aquaculture technology status and existing problems of sea cucumber in China. Shandong Fish., 24(11): 14– 16.
53. Yang, H., Zhang, L., Qu, G., Zhang, T., Xu, Q., Li, J., Qiu, T., Wang T., Shen Z.(2011a). An auxiliary equipment to build the oyster shell artificial reef and its usage. China patent. ZL201010113501.2. 2011-05-11.
54. Yu, D. X., H. L. Sun, S. Q. Chen, Y. Zhang, C. L. Liu, and J. Tan. (2010): Healthy Aquaculture Technology of Sea cucumber (second edition). Beijing: Ocean Press.
55. Zavodnik D., Šimunović A. (1997). Beskraljeţnjaci morskog dna Jadrana, Svjetlost Sarajevo.
56. Zhang, B., Sun, D., Wu, Y. (1995). Preliminary analysis on the feeding habit of *Apostichopus japonicus* in the rocky coast waters of Lingshan Island. Mar. Sci. 3, 11–13.
57. Zhang, C., Wang, Y., Rong, X., Sun, H., Dong, S. (2004). Natural resources, culture and problems of sea cucumber worldwide. Mar. Fish. Res. 25, 89–97.
58. Zhang, L. Q., and Y. H. Liu. Aquaculture techniques of sea cucumber and sea urchin. Qingdao: The Press of Ocean University of Qingdao (1998) .
59. Zhang, L., Song, X., Hamel, J.-F., Mercier, A. (2015). Chapter 16. Aquaculture, stock enhancement, and restocking. In: Yang, H., Hamel, J.-F., Mercier, A. (Eds.), The Sea Cucumber *Apostichopus japonicus*. History, Biology and Aquaculture, Academic Press, 289–322.
60. Zhang, L., Yang, H., Xu, Q., Xing, K., Zhao, P., Lin, C. (2011). A new system for the culture and stock enhancement of sea cucumber, *Apostichopus japonicus* (Selenka), in cofferdams. Aquaculture Res. 42, 1431–1439.
61. Zhang, Z., (2012). Key technologies and measures of high and stable yield of pond culture of *Apostichopus japonicus*. Shandong Fish. 2, 20–21.
62. Zou, J., Ma, Y. (2006). Effectiveness analysis of the sea ranching culture adopting artificial reefs. Chinese Fish. Econ. 5, 66–67.

7. TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Jurja Dobrile u Puli Završni rad

Sveučilišni preddiplomski studij Znanost o moru

Uzgoj morskih trpova

Tin Arbanas

SAŽETAK

Morski se trpovi u zemljama Azije, koje su pod utjecajem kineske kulture, koriste u prehrani već stoljećima te se smatraju delikatesom i afrodizijakom. Velika potražnja za tom delikatesom dovela je do naglog pritiska na prirodne populacije trpova, kako u Aziji, tako i u ostalim djelovima svijeta. Trpovi kao bioturbatori imaju važnu ulogu u zdravlju sedimenata i važan su kotačić stabilnih morskih ekosustava. Kolaps prirodnih populacija potaknuo je nagli razvitak tehnologija uzgoja tržišno najinteresantnijih vrsta. Uvođenje nove vrste u uzgoj dugotrajan je proces, koji uz poznavanje dizajna uzgojnih sustava zahtjeva i poznavanje morfoloških, ekoloških i fizioloških značajki svake pojedinačne vrste. U Kini je *A. Japonicus* najcjenjenija je vrsta na tržištu, zbog čega je tehnologija uzgoja ove vrste trpa za sada najbolje razvijena. U ovom radu opisane su ekološke i fiziološke značajke te različiti tehnološki sustavi za uzgoj trpa.

8. BASIC DOCUMENTATION CARD

Juraj Dobrila University of Pula Bachelor thesis

University Undergraduate Study Programme – Marine Sciences

Uzgoj morskih trpova

Tin Arbanas

ABSTRACT

Sea cucumber has been used for centuries in Asian countries, which are influenced by Chinese culture, for its nutritive value and is considered a delicacy and aphrodisiac. The high demand for this delicacy has led to a sudden pressure on the natural populations of sea cucumber, both in Asia and in other parts of the world. Sea cucumbers as bioturbators play an important role in sediment health and are an important wheel of stable marine ecosystems. The collapse of natural populations has induced the rapid development of breeding technologies of the most commercially interesting species. The introduction of a new species into breeding is a long-term process, which, in addition to knowledge of the design of breeding systems, also requires knowledge of the morphological, ecological and physiological characteristics of each individual species. In China, A. Japonicus is one of the most valued species on the market, which is why the breeding technology of this species of sea cucumber has been most developed so far. This paper describes the ecological and physiological characteristics and various technological systems for growing.