

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra zoologie a rybářství



**Produkce sladkovodních perel se zaměřením na
potenciální využití v evropských podmínkách a
environmentální rizika**

Bakalářská práce

Autor práce: Veronika Sommerová

Vedoucí práce: Ing. Karel Douša, Ph.D.

©2015 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Produkce sladkovodních perel se zaměřením na potenciální využití v evropských podmínkách a environmentální rizika" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 10.4. 2015

Poděkování

Ráda bych poděkovala Ing. Karlu Doudovi.Ph.D. za odborné vedení mé práce za připomínky a rady udělené v průběhu zpracování.

Souhrn

Cílem této bakalářské práce je provést literární rešerši produkce sladkovodních perel v celosvětovém měřítku se zaměřením na potenciální využití *Anodonta woodiana* ve středoevropských podmínkách. Dalším obsahem práce je experimentální část, jež se zabývá výskytem perlotvorných populací *A. woodiana* v Čechách a Polsku a na základě těchto nasbíraných dat vyhodnocení těchto populací jako vhodných či nevhodných k produkci perel.

První část bakalářské práce je zaměřena na obecné informace, které se zabývají obecnou anatomii mlžů, historií produkce perel v celosvětovém měřítku, stavbou schránky, přesným popisem metody implantace, transplantace pláště a jader, technologií chovu mořských a sladkovodních mlžů a jeho srovnáním. Významnou součástí textu je také popis druhu *A. woodiana* a jeho invazivního působení ve střední Evropě.

Druhá část bakalářské práce je založena na vlastních datech. Jejím obsahem je metodická část s informacemi o několika středoevropských studovaných populacích druhu *A. woodiana*, jejich popisu a dále porovnání populací z hlediska výskytu perel. Navazující podkapitolou jsou výsledky exaktního testu.

Ze 14 000 druhů mlžů se k produkci perel využívá jen minimální počet. Důležitým aspektem pro tvorbu perel je produkce prismatického krystalu, který se vytváří ve vnitřní vrstvě lastur v tzv. hypostraku. Z historie je nejstarším nálezem perla z oblasti Jižní Afriky stará 75 000 let. Důležitým mezníkem v produkci kulturních perel se stal objev fyziologie tvorby perel uvnitř mlže, jež objevil Tokichi Nishikawa roku 1907. V roce 1905 Kokichy Mikimoto představuje první sférickou kulturní perlu. Ovšem dávno před nimi byla Čína, která se specializuje na produkci sladkovodních perel. V roce 1984 dosáhla produkce 80 tun za rok.

Ke kvalitní produkci je nutná znalost implantace. Ta zahrnuje: sběr jedinců a jejich výběr, ošetření, implantaci s výběrem donor recipient, ošetření implantovaných měkkýšů a uložení do připravených technologií farem. Technologie se liší dle lokalit. Mořská produkce zahrnuje chov na otevřeném moři či v kádích na pobřeží, v mělkých či hlubokých vodách, v klecích či individuálně na jednotlivých systémech. V současnosti je světovou velmocí Austrálie s výnosy až 200 milionů dolarů. Ale sladkovodní produkce je ekonomicky výhodnější a rychlejší co se tvorby perel týče. Využívá k chovu umělé nádrže o několika

hektarech či rybníky. Doba od implantace do výlovu je kolem 1 roku. Kdežto u mořské produkce je interval až 5 let závislý na podmínkách prostředí. Díky časové nenáročnosti a finanční dostupnosti je Čína předurčena stát se pro rok 2015 světovým lídrem. Ovšem významným problémem je znečištění, které chov sladkovodních mlžů produkuje. Nejčastěji využívanými sladkovodními druhy jsou *Hyriopsis* a *Cristaria*.

V roce 1834 byl poprvé objeven druh *A. woodiana*. K produkci perel je také vhodný, protože stejně jako ostatní perlotvorné druhy produkuje prismatický krystal. V České republice se vyskytuje od roku 2008. Vyniká vysokou adaptabilitou a schopností se množit více než jednou za rok. Dnes je jeho výskyt běžný na Moravě a jižních Čechách. Podobně jako ostatní druhy i tento využívá ke svému rozmnožování kaprovité ryby. Proto se předpokládá, že s rybami došlo k introdukci do střední Evropy.

Hlavními faktory pro potenciální produkci perel je možnost produkce více perel od jednoho jedince, vysoká adaptabilita a rychlý růst. Výsledky bakalářské práce ukazují, že všechny tyto podmínky jsou potvrzeny i ve středoevropských podmínkách. Statistické vyhodnocení ukázalo také signifikantní rozdíly mezi populacemi z hlediska produkce přirozených perel, což naznačuje, že se jednotlivé populace z hlediska potenciálního využití pro produkci perel významně odlišují. Ze šesti studovaných lokalit byl zaznamenán největší výskyt přirozených perel v řece Kyjovce. Tato lokalita předčila i místa v Polsku.

Z rešerše literatury vyplývá, že jsou stále málo známé dopady druhu *A. woodiana* na evropské ekosystémy a rizika šíření z případných chovných nádrží. Případné zavedení chovů v Evropě by mohlo v současné době způsobit závažné komplikace a v této oblasti je potřeba více nových poznatků.

Klíčová slova: Historie kulturních perel, *Anadonta woodiana*, enviromentální rizika invazivního druhu, produkce sladkovodních perel

Summary

The aim of this thesis is to make a literary summary of a production of freshwater pearls in worldwide measure with focus on the potential use of *Anodonta woodiana* in European conditions. The work contains an experimental part as well which is about an occurrence of freshwater population *A. woodiana* in the Czech Republic and Poland and on the basis of these information about the evaluation which will be chosen as an useful and unuseful population for breeding of pearls.

The first part focuses on general information. It is about anatomy of bivalves, history of pearls in worldwide measure, composition of shell, accurate description of method implantation, transplantation of mantle and nucleus, breeding technology of marine and freshwater bivalve and their comparison. Significant part is a description of the species *Anodonta woodiana* and its invasive effect in the Czech Republic.

The second part of the thesis is based on own data. It contains methods with information about several Central European populations studied species *A. woodiana*, describe them and compared populations in terms of the occurrence of pearls. The following subchapter are results of exact test.

Only a minimum number of bivalves from 14 000 species is used for pearl production. An important aspect for the formation of pearls is an ability to produce the prismatic crystal that is formed in the inner layer of the shells so called hypostracum. From history, the oldest finding of a 75.000 years old pearl is in the area of South Africa. An important milestone in the production of cultural pearls represents a discovery of physiology creation of pearls inside mollusks, which Tokichi Nishikawa discovered in 1907. In 1905, Kokichy Mikimoto introduces the first spherical cultural pearl. But China was long before them, it specializes in the production of freshwater pearls. In 1984 production of China was 80t per year.

The knowledge of implantation is necessary for the quality of production of pearls. It includes collection of individuals and their choice, treatment, implantation with selection of donor recipient, treatment of implanted mussels and placing them in the prepared technologies farms. The technology varies by location. Sea production includes offshore and inshore farming in shallow or deep waters, in cages or on individual systems. At present, the world superpower is Australia with revenues up to \$200 million. But freshwater production is more economical and faster with respect to the formation of pearls. It uses artificial breeding tanks of several hectares or ponds. The time from implantation to harvesting is about 1 year.

Whereas in marine production is interval up to 5 years which depends on the environmental conditions. Thank to time consumption and affordability China is predestinated to become a world leader for 2015. The pollution is the significant problem which freshwater bivalves produce. The most frequent freshwater species are *Hyopsis*, *Cristaria* and *Anodonta woodiana*.

A. woodiana was discovered in 1834. For production of pearls is suitable because this species like the others freshwater species produce a prismatic crystal. Since 2008 this kind occurs in the Czech Republic. It excels in high adaptability and ability to reproduce more than once per year. Today it's common occurrence is in Moravia and southern Bohemia. Like other species mussels use for reproducing cyprinids. Therefore it is assumed that *Anodonta woodiana* has been reintroduced with fishes to the Central Europe.

The main factors for potential production of pearl are the ability to produce more than one pearl from single individual, high adaptability and rapid growth. The results of the thesis show that every conditions are confirmed in European conditions. Statistical evaluation showed also significant differences between populations in terms of production of natural pearls, suggesting that the individual populations in terms of potential use for the production of pearl differ significantly. Of the six studied locations was recorded the highest occurrence of natural pearls in the river Kyjovka. This location is more better than places in Poland.

From the research of literature suggest that there are still little known impacts of *A. woodiana* on European ecosystems and the threats of spread of potential breeding tanks. Potential introduction of farming in Europe could currently cause severe complications and this area we need more new knowledge.

Keywords: History of cultural pearls, *Anodonta woodiana*, environmental threats of invasive species, production of freshwater pearls

Obsah

1	Úvod	10
2	Cíl práce.....	11
3	Literární rešerše.....	11
3.1	Měkkýši	11
3.2	Složení schránky perlotvorných druhů	14
3.3	Historie perel	16
3.3.1	Amerika	17
3.3.2	Evropa	17
3.3.3	Historické údaje o vzniku perel	18
3.3.4	Produkce perel dle metody Kokichi Mikimota	19
3.3.5	Historie sladkovodních perel	20
3.4	Implantace měkkýšů.....	20
3.4.1	Mořská produkce	21
3.4.1.1	Výběr jedinců	21
3.4.1.2	Ošetření.....	22
3.4.1.3	Preparace kusu pláště z donora	22
3.4.1.4	Jádro a implantace	22
3.4.1.5	Rekonvalescence	23
3.4.1.6	Péče po rekonvalescenci	23
3.4.1.7	Čas potřebný do doby výlovu	24
3.4.2	Sladkovodní produkce	24
3.4.2.1	Výběr jedinců	24
3.4.2.2	Ošetření.....	24
3.4.2.3	Implantace.....	25
a.	Implantace pod plášť.....	25
b.	Implantace pláště	25
c.	Implantace do gonád.....	26
3.4.2.4	Rekonvalescence	26
3.4.2.5	Výlov a produkce.....	26
3.5	Technologie chovu.....	26
3.5.1	Mořská produkce	27
3.5.1.1	Rafty	27

3.5.1.2	Chov na otevřeném moři	28
3.5.1.3	Podvodní platformy- rampy	29
3.5.1.4	Systém za využití přihrádek.....	29
3.5.1.5	Systém klecí přímo položených na mořském dně.....	29
3.5.1.6	Chov v tancích	29
3.5.1.7	Podmínky chovu mořských druhů.....	30
3.5.2	Sladkovodní produkce	30
3.6	Druhy používané pro sladkovodní produkci perel.....	31
3.6.1	<i>Hyriopsis cumingii</i>	31
3.6.2	<i>Cristaria plicata</i>	31
3.6.3	<i>Anodonta woodiana</i>	31
3.6.3.1	Environmentální rizika chovu <i>Anodonta woodiana</i>	33
3.7	Perspektivita chovu	34
4	Experimentální část	35
4.1	Materiál a metody.....	35
4.2	Výsledky.....	36
4.3	Diskuse	39
5	Závěr	41
6	Bibliografický záznam	42

1 Úvod

Oblíbenost a atraktivnost perel sahá už do doby před více než 4 500 lety (Lucas a Southgate, 2011). První historické zmínky pochází z Bible, Koránu či Véd (Alagarswami, 1987). Velmi brzy se také objevují první vědecké teorie, jak perly vznikají, které vyústily v trend produkce kulturních perel. Už ve 12. století začali Číňané s využíváním sladkovodních mlžů pro produkci perel. I dnes využívají druhy jako *Hyriopsis* či *Cristaria*. V roce 1984 přinesl výnos až 80 tun perel (Alagarswami, 1987).

Zdokonalování metod produkce následně probíhalo zejména v Japonsku. Kokichi Mikimoto roku 1905 představil první kulturní perlu Akoya z mořského druhu *Pinctada fugata* (Chia a kol, 2005). Trh s produkcí v letech 1966 vyšplhal až na 130 tun (Alagarswami, 1987).

V současnosti se hlavním producentem stává Austrálie se zisky kolem 200 milionů Dolarů. Dle predikce pro rok 2015 má tuto pozici převzít Čína (Anon, 2014)

Sladkovodní perly patří k výhodné a kvalitní alternativě k mořské produkci. Z hlediska technologie chovu se jedná o nenáročnou investici. Vše se uskutečňuje v rámci nádrží na pevnině (Lal, 2007). Proto jsou rizika oproti chovu mořských druhů minimální. I cena a rychlost produkce jsou lepší. Mořské perly typu Akoya či Black pearl mohou být 2x dražší než sladkovodní. I možnost použití jednoho mlže vícekrát a implantace více než jednoho jádra předurčuje sladkovodní perlotvorné mlže k vyššímu budoucímu využití.

Asijský druh *Anodonta woodiana* je introdukovan do Evropy od roku 1979 (Beran, 2008). Jedná se o velmi adaptabilní jedince. Vyniká rychlým růstem a schopností vytvářet prismatický krystal (Rahayu a kol., 2013). Velikost a schopnost odolávat vnějším podmínkám jej předurčila k tomu, že je v Číně poměrně hojně využíván k produkci sladkovodních perel.

2 Cíl práce

Cílem práce je provést literární rešerši produkce sladkovodních perel v celosvětovém měřítku se zaměřením na potenciální využití druhu *Anadonta woodiana* v podmínkách střední Evropy. Práce zahrnuje popsání metody produkce sladkovodních perel, srovnání mořské a sladkovodní produkce a vyhodnocení populací druhu *A. woodiana* nacházejících se na území ČR a Polska. Nedílnou součástí práce je vyhodnocení potenciálních rizik souvisejících s produkcí perel.

3 Literární rešerše

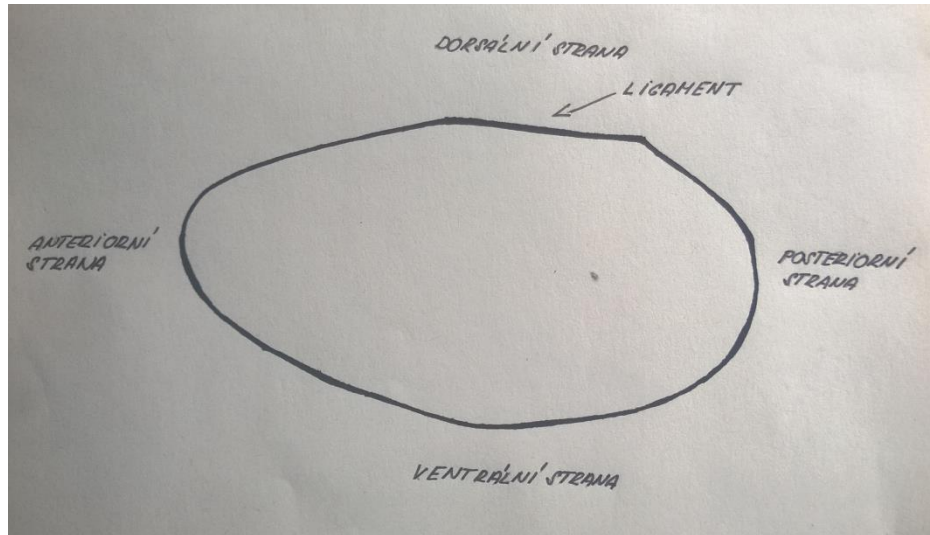
3.1 Měkkýši

Dle Pondera a Lindberga (2008) jsou měkkýši starobylou skupinou živočichů. Vyvinuli se před asi 500 miliony lety v polovině éry Kambria. Dle současných nálezů dosáhli svého maximálního rozvoje ve třetihorách.

Kmen měkkýši s 50 000 druhů, je jedním z druhově nejpočetnějších v živočišné říši (Gosling, 2008). Mlži jsou jedním ze šesti tříd patřící do tohoto kmene (Gosling, 2008). Jejich počet dosahuje kolem 14 000 druhů, z nichž pouhých 2 000 obývá sladkovodní prostředí (Ponder a Lindberg, 2008). Dle Berana a kol. (2005) žije vodních měkkýšů v České republice 76 druhů z toho 26 druhů mlžů.

Měkkýši jsou bezobratlí živočichové (Khanna a Yadav, 2004). Oporu těla tvoří schránka z uhličitanu vápenatého. Mlži mají lasturu sestávající ze dvou schránek spojený elastickým vazem ligamentem (Gosling, 2008). U některých druhů nechybí ani zámek (Stanley, 1970). Ten se skládá z lišt či zubů, které do sebe při zavření lastury přesně zapadají. Mlži přirůstají od ligamentu směrem ven po celém okraji lastury. Podle počtu přírůstků, lze určit stáří jedince (Gosling, 2008). Část u zámku je nazývána jako embryonální lasturka a je to nejstarší část schránky (Horsák, 2013). Samotný ligament lze využít jako determinační znak, neboť u některých druhů není přesně uprostřed. Delší strana od vazy nazývá posteriorní a kratší anteriorní. Dále potom část u embryonální lasturky je dorsální a část dorůstající je ventrální (Obr.:1).

Obr.: 1 (pravá miska lastury)



Gosling (2008) popisuje schránku jako třívrstevnou strukturu : periostrakum, ostrakum a vnější hypostrakum. Vždy s převažujícím obsahem uhličitanu vápenatého a dalších složek jakou je aragonit (perleť) či kalcit (prizmatický krystal).

Horsák (2013) uvádí tělo mlžů složené z nohy a útrobního vaku. Noha slouží k pohybu- lezení, plavání, hrabání. A je tvořena svalovinou. Tělní orgány se nachází ze hřbetní strany v útrobním vaku (Purchon, 2013). Srdce ledviny gastrointestinální trakt a pohlavní ústrojí. Tělo je kryto silně žláznatou pokožkou, která bohatě vylučuje sliz. Slouží k pohybu a ochraně těla. Tělo je po stranách kryto pláštěm, který vylučuje pomocí speciálních buněk schránku. Plášť je velmi křehký až průhledný, v místě kolem okrajů a sifonů je tmavší, aby byl chráněn proti UV paprskům (Gosling, 2008).

Stanley (1970) popisuje svalovinu tvořenou kožně svalovým vakem. Tvořící adduktory (svěrače) a retraktory (zatahovače), adduktory slouží k uzavření dvoumiskové schránky a retraktory k zatahování nohy či u plžů tykadel do schránky (Horsák, 2013).

Cévní soustava měkkýšů je otevřená. Krev se nazývá hemolymfa (Gosling, 2008). Krevním barvivem bývá nejčastěji hemocyan a díky mědi je zbarvena modře (Horsák 2013). Krevní tělíska tvoří hemocyty, jaderné buňky, které mohou být volně v plasmě, nebo v plášti či jiných orgánech, díky tomu jsou velmi důležitým mechanismem v reparaci, dopravě cenných látek a extrakci látek (Gosling, 2008). Hemocyty patří do skupiny buněk dělicích se

podle granulí (Gosling, 2008). Mezi ně patří například granulocyty, které mají antibakteriální a antiparazitickou funkci a tvoří obrannou linii imunitního systému (Gosling, 2008). Tok hemolymfy tělem měkkýše začíná sběrem v tělní dutině a následným nasátím srdce, pokračuje do osrdečníku a dále do těla. Co se týče ceolomové dutiny je redukována a nachází se pouze v oblasti osrdečníku (perikardu). V osrdečníku je uloženo srdce, které je spojeno s ledvinami-metanefridie (Gosling, 2008). Někdy nazývány jako Bojanův orgán (Beran, 1998). Oba tyto orgány slouží k filtraci krve. Srdce má nejčastěji dva segmenty, a to komoru a různý počet síní. Aorta směřuje k cerebrálnímu gangliu. Horsák (2013) popisuje, cévu s chlopní uloženou v noze mlžů, ta umožňuje posun a hrabání v substrátu. Krev díky této chlopní nejen lépe odtéká zpět k srdci, ale také vytváří podtlak.

Vylučovací soustavou měkkýšů jsou metanefridie. Ty jsou opatřeny vývodem pro primární močovod (Horsák, 2013).

Měkkýši mají průchozí trávicí soustavu. U mlžů je potrava filtrována pomocí žáber, které mají jinak dýchací funkci (Wilbur a Younge, 2013). V těchto místech se drobné organické částičky pomocí slizu dostávají až k labiálním palpyjím, které přefiltrované částice dopraví do úst (Wilbur a Younge, 2013). Potom putuje skrz zkrácený jícen do žaludku (Horsák 2013). Zde se nachází gelovité, tuhé, krystalické tělísko podobné provázku, které víří potravu uvnitř a pomáhá tak s trávením (Wilbur a Younge, 2013). Toto krystalické tělísko může mít i více jak 5 cm, záleží na velikosti mlže (například u jedince *A. woodiana* dlouhého 31cm, bylo nalezeno 12 cm tělísko). A takto promíchaná potrava, klesá podle hmotnosti a třídí se v obrvené části žaludku. Lehké částičky jsou tráveny chemicky a těžší nestravitelné jsou skrz střevo vyvrhnuty ven z plášťové dutiny (Horsák, 2013). Chemické trávení probíhá pomocí enzymů například: amyláza, celulóza a β -laktosidáza (Gosling, 2008). Nakonec střevo je pomocí srdeční kontraktility peristaltikováno. Zajímavou funkcí trávicí soustavy je důležitý příjem uhličitanu vápenatého, který je potřebný pro stavbu schránky (Gosling, 2008).

Nervová soustava mlžů je primitivní. Horsák (2013) uvádí, že se skládá pouze ze shluků ganglií připomínající trojúhelník spojený konektivy a dvou nervových pruhů, vedoucích pedálně a pleuroviscerálně.

Smyslovými orgány mlžů jsou statocysty, umožňující zaznamenávat polohu těla (Beran, 1998). Jsou uloženy v noze. Dále potom osfradia a chemoreceptory vedoucí do plášťové dutiny, ty slouží k detekci kvality vody a ochraně před predátory (Gosling, 2008). Sluch, zrak nebo čich není u mlžů vyvinut.

Dýchací soustava leží v plášťové dutině. Mlži mají od primitivních ktenidií až vláknité lamelovité žábry (Purchon, 2013). Ty mohou být v různém počtu, u našich domácích

druhů a druhu *A. woodiana* se jedná o jeden pár v každém lupenu /misce, který zasahuje téměř do celé délky útrobního vaku. V tomto orgánu nejen, že dochází k dýchání samotnému, ale slouží také jako úložiště pro oplozená vajíčka (marsupium). Další již zmíněnou funkcí je filtrace potravy a její posun pomocí slizu k labiálním palpyjím.

Rozmnožování mlžů probíhá ve vodě, kdy samec vypustí spermie a samice je nasaje (Beran, 1998). Vývoj probíhá přes larvu, larvy mlžů našich zástupců velkých mlžů (čeled' Unionidae, Margaritiferidae) jsou glochidia (Beran, 1998). Většinou jsou mlži gonochoristé, ale hermafroditický způsob života je také častý. Například Hinzmann a kol. (2013) uvádějí, že se hermafrodité druhu *A. anatina* vyskytují v pomalu tekoucích nebo zcela stojatých vodách a gonochorističtí jedinci naproti tomu obývají ve větší míře vody tekoucí. Zatímco Horsák a kol. (2013) se přímo zmiňují o schopnosti našich mlžů měnit pohlaví v závislosti na okolních podmínkách a počtu přítomných samic a samců. Vzácně se u některých druhů vyskytuje samoplození.

Mlži mají pohlavní buňky uloženy v noze mezi svalovinou a gastrointestinálním traktem (Purchon, 2013). Buňky se nacházejí v lumenech, kde sekvenčně dozrávají ve zralé, oplození schopné elementy (Hinzmann a kol., 2013). Samotné rozmnožování probíhá způsobem, kdy samec vypustí do vody spermatozoa a samice je pomocí obrveného přijímacího otvoru nasají. K oplození dochází v druhém žaberním listu. V tomto místě, jež se nazývají marsupia, jsou oplozené oocyty skladovány a zrají až do stadia larvy (glochidium). Ve vhodných teplotních podmínkách je samice vypustí. Takto vypuštěná obrvená glochidia, naleznou svého rybího hostitele, kde se usadí v oblasti žáber či ploutví a parazitují zde několik dní či týdnů, v závislosti na druhu. Některé tropické druhy mohou parazitovat i na obojživelnících (Horsák, 2013). Následní juvenilové žijí bentickým způsobem života jako dospělí jedinci. Pod mikroskopem má plně vyvinutý juvenil schránku sestávající ze dvou ligamentem srostlých misek, ve které je patrná pohyblivá noha a plášť (Gosling, 2008).

3.2 Složení schránky perlotvorných druhů

Struktura schránky spočívá ve třívrstevné formaci, vždy s převažujícím obsahem uhličitánu vápenatého a dalších složek jakou je aragonit (perleť) či kalcit (prizmatický krystal) (Waller a Yochelson, 1978). Uhličitán vápenatý, aragonit a kalcit drží při sobě a vytváří tzv.: biologický matrix z makromolekul (Gosling, 2008). V základním pojetí třech vrstevnatých linií jsou tedy: vnější periostrakum, prizmatická vrstva ostrakum a vnější vrstva hypostrakum (Horsák, 2013).

Z konkrétnějšího pohledu je periostrakum (konchiiová vrstva) tenká vrstva organických látek skládající se z proteinu konchinu (Gosling, 2008). Tato vrstva je barevná a lesklá, někdy vybíhá do hustých chloupků a lamel. Je vylučována okrajem pláště a během růstu nijak nezesiluje a může se během věku olupovat (Beran, 1998). Mimo jiné udává zbarvení mlže, které se skládá ze 4 pigmentů- karotenoidy, melaniny, porfyriny, indigoidy (Beran, 1998). Barva mlže je také závislá na věku, prostředí a v neposlední řadě je ovlivňována geny (Gosling, 2008).

Střední vrstva ostrakum (prizmatická vrstva) je vylučována ve formě kalcitu (Gosling, 2008). Tvoří husté hranoly, které se na sebe silně přiklánějí a jsou spojeny tenkou vrstvou konchinu (Beran, 1998). Ostrakum je vylučován stejně jako periostrakum okrajem pláště a v průběhu života nezesiluje.

Poslední vrstvou je vrstva perlová- hypostrakum, která přirůstá na vnitřní straně vrstvy ostrakum (Gosling, 2008). Ve většině případů, se skládá z aragonitu, méně pak z kalcitu a tvoří lupínky (Beran, 1998). Vytváří perleťový vzhled podobný například porcelánu, výjimkou není ani průhledný vzhled této vrstvy. Tuto část tvoří vylučované buňky pláště. U mlžů je největší koncentrace produkovaných buněk v oblasti paliální linie pláště (Gosling, 2008). Jedná se o tenký pruh podél celé lastury, který je přirostlý asi 2 cm od vnějšího okraje. V této oblasti se u perlotvorných druhů vyskytují nejčastěji perly.

Makromolekuly matrixu a uhličitanu vápenatého, který tvoří formy aragonit a kalcit (Addadi a Weiner, 1997) je tvořen polysacharidy a fibrózními bílkovinami, tyto materiály slouží podobně jako pojivový materiál a spojují části polygonálních krystalů aragonitu (Addadi a Weiner, 1997). Addadi a Weiner (1997) popisují princip, jakým perlová vrstva přirůstá. V matrixu je velké množství pórů, které umožňují růst krystalů. Skrz tyto póry proudí voda, ionty a proteiny. Proto mohou krystaly růst mimo kmenové buňky pláště, které jsou zodpovědné za tvorbu základních surovin kalcitu či aragonitu (Addadi a Weiner, 1997). Mimo jiné dalším důležitým poznatkem je i fakt, že matrix je pro ionty přímo propustný. Další výhodou matrixu je obsah fibrózních bílkovin, které umožňují jistý stupeň pružnosti a zabraňují tak lámání vytvořeného polygonálního krystalu. Bílkoviny v matrixu mají velmi jemnou strukturu. Jednou z nejvýznamnějších složek jsou glykoproteiny nacházející se ve vrstvě matrixu a ve vrstvě krystalů. Tyto látky jsou důležitými regulátory růstu krystalů. Jednou z důležitých funkcí aminokyselin proteinů matrixu, je kontrola a regulace uhličitanových iontů, a struktura fibrózních proteinů (Rahayu a kol., 2013). Velikost matrixu se liší v závislosti na druhu měkkýše (Addadi a Weiner, 1997). Složení perlotvorné vrstvy je důležité pro zhodnocení kvality při produkci perel

Ma a kol. (2009) popsali rozdíl ve složení a kvalitě mořských a sladkovodních druhů, kdy aragonit je jednou z nejvíce zastoupených látek v prismatické vrstvě sladkovodních druhů a naopak v případě mořských druhů je to kalcit.

3.3 Historie perel

Už od starověku patřily perly ke vzácnému klenotu. Nejprve je lidé nenacházeli ani nehledali vědomě, obvykle je našli spolu s potravou.

Lucas a Southgate (2011) píší o dochovaném nálezu z Mezopotámie (4 500 př.n.l.). Již v tomto případě je zcela jednoznačné, že šlo o dekorativní předmět. Další zmínky o nálezu perel, pochází asi 3 500 let před našim letopočtem (Alagarswami 1987). Důležitý je fakt, že pro každou tehdejší civilizaci měly perly i více než hmotný význam. O perlách samotných se lze dočíst jak v Bibli, Koránu tak Indických Védách. Perly se odjakživa uctívaly, používaly ve mších a byly součástí pohřebních rituálů v rakvích.

Alagarswami (1987) se zmiňuje o hrobech v Iránu, kde byly nalezeny perly z období kolem roku 2 300 před našim letopočtem. V neposlední řadě byly perly ukazatelem bohatství a blahobytu. V roce 2004 byl v jeskyni v Blombos v Jižní Africe byla objevena perla 75 000 let stará, jedná se o nejstarší nález vůbec (Lucas, Southgate 2011). Obecně existují stovky legend ze všech náboženství, které se perel týkají (Alagarswami, 1987). Všechny civilizace perly uctívaly, považovaly za klenot, za symbol moci, síly a zdraví.

Ani doklady o historických vědeckých výzkumech nejsou výjimkou. Jedni z prvních byli Řekové, konkrétně Theophrastus, ten také poprvé použil pojmenování Margarita. Zajímavé je, že tento pojem se v Řecku dochoval do 18.-19.století. Například tehdy jmenovaný druh *Mytilus margariferus*. Věda o perlách Margaritologie byla známá po celé Evropě. Dodnes se v některých zemích Evropy pojmenovávají dívky Margarita či Pearl (Lucas a Southgate 2011).

Středověké vyobrazení Madony či Ježíše Krista, ztělesňovaly čistotu a nevinnost. V této době byly také objeveny první sladkovodní perly a to v řece Mossele. Sám panovník Konrad II (1024-1039) vlastnil korunu ozdobenou perlami. Tato koruna je dodnes vystavována ve Vídni v Umělecko- historickém muzeu (Kunsthistorisches Museum). V následujících stoletích byly perly dále brány jako symbol moci a síly. Z části severní Itálie a Německa se během 12.-13. století staly centrem obchodu s perlami (Lucas a Southgate 2011)

Kryštof Kolumbus při své třetí cestě (1498) do Ameriky našel perly u pobřeží Venezuely. Během následujících let počal rozkvět perel do takové míry, že se tomuto období říkalo „Pearl

Age“. Ze Španělska se dostávaly perly do celé Evropy. Z doby vlády Královny Elizabeth I. (1558-1603) pochází několik maleb s královnou v šatech ozdobených tisícem perel. Tyto samé perly měla v roce 1947 Královna Elizabeth II ve svůj svatební den.

Císař Rudolf II sídlící v Praze vlastnil korunu posetou perlami. Tato koruna vyrobená v roce 1602 představovala pro Habsburky symbol světské síly (Alagarswami 1987).

3.3.1 Amerika

Díky obchodování s perlami se do 18.století některé perlotvorné druhy mlžů takřka vyhubily. Tento úbytek jinak v té době hojných druhů byl zaznamenán především v Americe. Neboť tam došlo k velkým výlovům na březích řeky Mississippi. V Americe nepoužívali mlže pouze pro zisk perel. Během roku 1891 John Boepple, otevřel malé krámky kolem řeky Mississippi (Neves 1999). Tento člověk prodával knoflíky, které vyráběl z lastur mlžů žijících ve vodách Mississippi a Valley. Do roku 1898 vzniklo 49 továren ve více než 18 zemích kolem Mississippi (Tucker a Theiling, 1998). V té době začínal oděvní průmysl. Bylo proto nezbytné najít levnější variantu knoflíků, než byly knoflíky z lastur mořských mlžů. Proto na březích výše zmíněných řek vznikly závody na zpracování knoflíků. Požadavkem na bezchybný knoflík bylo: bílá perleť a vysoká kvalita schránky. Pro tyto účely se osvědčily druhy: *Fusconaia flava*, *Alasmidonta marginata*, *Anodonta suborbiculata*, *Arcidens confragosus* (Tucker a Theiling, 1998). Díky masivním odlovům došlo až k lokálním vyhubením těchto druhů.

Technika zpracování byla primitivní, nejprve se mlži spařili v otevřených nádobách, následně se lastury leštily, řezaly a vrtaly. Tento polotovar byl odesílán do části východních států Ameriky. Během tohoto procesu se obvykle v odpadu našly přírodní perly.

Po Občanské válce v Americe (1861-1865) se popularita přesunula z Evropy do Ameriky (Lucas a Southgate 2011). Díky tamním objevům sladkovodních perel. Nicméně v roce 1940 došlo k první výrobě plastů a tím k ukončení výroby knoflíků z lastur mlžů.

Do roku 1999 zaměstnávala produkce kulturních perel 230 000 lidí (Neves 1999). V roce 1916 otevřel francouzský klenotník Jacques Cartier obchod v New Yorku na 5th Avenue (Lucas a Southgate 2011). V tomto obchodě prodával zatím pouze přírodní perly.

3.3.2 Evropa

V Evropě během 18. století poklesla popularita perel, důvodem nebyl jen úbytek perel a vysoká cena, ale také stále se rozšiřující obchod s diamanty.

Od 19. století se do Evropy dostávaly perly z Ceylonu. A díky době ekonomického rozvratu si drahé šperky mohla dovolit už i střední třída obyvatel. V roce 1850 byla do Evropy dovezena první tmavá perla z Francouzské Polynésie (Lucas a Southgate 2011). Coco Channel používala bílé perly na černém oblečení.

Po světové ekonomické krizi v roce 1929 klesla poptávka, to pokračovalo až do roku 1950. Až v roce 2004 ceny a popularita perel opět vzrostly. Od 21. století se perly staly natolik populárními a žádanými, že se začaly prodávat všemožné tvary a barvy. Díky technikám produkce kulturních perel je dnes nošení šperků zdobených perlami zcela běžné.

Perlotvorný druh *Margaritifera margaritifera* se dříve hojně vykytoval v oligotrofních evropských řekách. Je velmi citlivý na kvalitu vody, proto slouží jako indikátor. Díky vzrůstajícímu zemědělství, znečištění vody a přeměně biotopů se jeho výskyt rapidně snížil (Patzenhauerová a kol, 2011). V ČR je posledním místem výskytu Šumava a Ašský výběžek. Do 14. století byly české perly velmi ceněné. Jednalo se pouze o přírodní perly (Šuhaj, 2008).

3.3.3 Historické údaje o vzniku perel

Ještě do počátku 20. století, bylo velmi málo údajů o skutečném vzniku perel. Během počátku 16. století počaly první vědecké teorie (Alagarwami 1987). Podle ní byla perla žlučový kámen či přebytek tekutiny, který se zvětšoval, ale mlž se jej nedokázal zbavit a tak se vlivem času z tohoto tělíska vyvinula perla. Další vysvětlením bylo, že perla je nevytvořené vajíčko, neidentifikovatelná organická hmota, písek nebo také parazité vajíček. Během následujících století došli tehdejší vědci k dalším názorům. Perla byla považovaná za parazita, přesněji larvu tasemnice. Alagarwami (1987) popisuje larvu- cestodes, která formuje jádro uvnitř mlže a tím vytváří perlu.

Mahadevam a Nayar (n.d.) uvádějí vědeckou práci Williama Abbotta Herdmanna z let 1903-1906 který, dle svých extenzivních výzkumů v oblasti Cejlonského pobřeží zjistil pravděpodobný vznik perel. Ale ani ta nebyla natolik podrobná, aby skutečný původ perel vysvětlila.

Alagarwami (1987) se zmiňuje o jediném a dodnes vysvětlujícím tvrzením z Japonska z roku 1907 od Tokichi Nishikawy. V té době to byla nejpřijatelnější teorie tzv.: Pearl-sac theory. Podle ní se perla tvoří z nahlučeného množství buněk pláště mlže. Tyto buňky migrují na místo, kde se nachází cizí tělísko, díky němuž dochází ke stimulu a buňky začnou tvořit perlový váček (pearl sac), kolem cizí látky. Perlový váček sekretuje perleť a po vrstvách obaluje vniklé těleso. Tvorbou perleť se mlž chrání proti tělísku, neboť zaobljuje

ostré hrany a jiné jinak nepříjemné části těchto vniklých tělísek. Nishikawa tedy zjistil, jak se tvoří přírodní/ přirozené perly. Identifikoval místa, kde se perly nejčastěji tvoří a to v plášti a i v jiných měkkých částech těla mlže, například v gonádách. Nevýhodou těchto přirozených perel je jejich málokdy pravidelný tvar, drobnost a vzácnost.

S přirozenými perlami se obchodovalo po celém světě. Znamé lovkyně perel z Japonska, nesoucí jméno Ama se potápěly do značných hloubek a tyto perly hledaly. Obchodování s perlami počalo v Číně, Indii, Římě, Řecku a Persii. Nejznámějšími místy mezinárodního obchodu byl Mannarský záliv a Perský záliv. Centrem obchodu s perlami pro Orient bylo Bombay. Během expanze do Ameriky se díky perlám zvýšilo bohatství v Evropě. Teprve v roce 1916 Japonec Kokichi Mikimoto představil techniku výroby kulturních perel (Alagarwami 1987).

3.3.4 **Produkce perel dle metody Kokichi Mikimota**

Alagarwami (1968) poskytuje informace o Kokichi Mikimotovi (Japonsko), který jako první u mořských druhů využívá informace o principu utváření perel uvnitř lastury, který spočívá v sekreci perletě kolem cizího vniklého tělesa. Jako jádra používal různé materiály kusy lastur a korálů nebo různé typy kovů. Bohužel bez značně kladných výsledků. Teprve o tři roky později poznává Kakichi Mitsukiriho, který mu radí s výběrem druhu Akoya oyster – *Pinctada fugata* (Chia a kol, 2005). Nicméně roku 1892 jejich chov podlehl přemnožení řas, které jsou odpovědné za vznik tzv.: Red tide (Alagarwami, 1968). Tato epidemie zlikvidovala kompletně celý Mikimotův chov Akoya. O rok později se Mikimotovi začíná dařit. Jelikož jako materiál začal používat jádra ze sladkovodních mlžů dovezené z USA a kus pláště z donora stejného druhu jako recipient (Chia a kol., 2005). Roku 1893 přinesl první úspěch v podobě 5 perel (Alagarwami, 1968). Tuto metodu si nechal 1896 patentovat (Chia a kol., 2005). A začal pracovat na technice sférických perel. Následně roku 1899 v Ginza-Tokyo Mikimoto otevírá svůj první obchod (Chia a kol., 2005). Poté co otevřel svou druhou farmu, zasáhla opět vlna Red Tide

Nicméně v roce 1905 Mikomoto zaznamenal první úspěch v kultuře sférických perel (Chia a kol., 2005). Toho roku si také Mikomoto tuto techniku nechává patentovat. V této době také jeho zeť Tokichi Nishikawa a Tatsuhei Mise objevili princip vzniku perel, který tedy spočíval v utváření perletě kolem cizího tělesa, ten je zpočátku obalován perlovým váčkem, který se skládá z kmenových buněk odpovědných z tvorby perletě, které se začnou

tvořit uvnitř tohoto váčku a obalují tak cizí tělísko. Po určité době dá tento proces vzniknout perlu (Chia kol., 2005). Tohoto principu se využívá doposud.

Chia a kol. (2005) zmiňují Mikimotův úspěch, kdy v roce 1907 otevřel první velké zpracování šperků v Japonsku, to bylo krátce po tom, co otevřel obchody po celém světě. V roce 1938 se produkce Akoya perel vyšplhala na 4 tuny. Během války se odbyt snížil a narostl opět až v roce 1948. V roce 1966 se produkce vyšplhala na 130 tun (Alagarswami, 1983).

3.3.5 Historie sladkovodních perel

Dávno před tím, než Mikimoto objevil techniku na produkci mořských perel, v Číně byla produkce sladkovodních perel zcela běžná.

Alagarswami (1987) uvádí příklad, který dokládá, že již ve 12. století lidé od jezera Tahu prodávali perly na trzích. Mlže měli v bambusových klíčkách pod hladinou ve vodních nádržích, kde zhruba rok setrvali. Samotná implantace spočívala ve vložení předmětu pod plášť, kde se po čase začaly množit buňky pláště, které produkovaly perleť. Číňané byli oproti Japoncům značně kreativnější, neprodávali pouze perly, ale také drobné sošky obalené perleť. Čína roku 1960 Japonskou produkci mnohonásobně převýšila. V Japonsku v roce 1635 u jezera Biwa používali *Hyriopsis schlegelii*. Jejich technika implantace pozbývala umělé jádro. Jejich know how spočívalo v pouhém vložení kusu pláště z donora, zřejmě stejného druhu. Výsledkem byly „natural pearls“ jejichž nevýhodou byl nepravidelný tvar. V současnosti běžně užívaná metoda (Lal, 2007). Každoroční produkce v Japonsku s využitím této technologie přinesla v roce 1977 5,5 tun perel (Alagarswami, 1987). Jejich výše produkce ovšem není nijak výjimečná, jen v roce 1984 vyprodukovali Číňané kolem 80 tun perel (Alagarswami, 1987). V Bangladéši využívají k produkci *Parreysia corrugata* a *Lamellidens marginalis*. V 60. letech probíhal výzkum, ve kterém z 98 mlžů získali kolem 165 kg perel (Alagarswami, 1987). Co se týče sladkovodní produkce využívají se jádra z mlžů z USA, nebo jiný materiál z kalcitu (Lal, 2007).

3.4 Implantace měkkýšů

V současné době se využívají techniky, které umožňují produkci kvalitních kulatých perel s dostatečnou tloušťkou perleť. Rozdíly přípravy a samotného postupu se liší

v závislosti na druhu jen nepatrně. Za využití donora a umělého jádra je produkce perel nejúspěšnější.

3.4.1 Mořská produkce

Mořská produkce zahrnuje dvě základní periody. První z nich je výběr jedinců, kteří budou využiti k produkci perel. A poslední periodou je chov těchto implantovaných kusů a jejich následný výlov (Lal, 2007).

3.4.1.1 Výběr jedinců

Podle velikosti, váhy, věku a celkového zdravotního stavu se vybírají ti nejlepší jedinci. Tito jedinci- recipienti jsou vybráni pro implantaci. Tato část je velmi důležitá a zahrnuje jisté zkušenosti chovatele. Chovatel musí vědět, který druh zvolit, protože například v případě *Pinctada mazatlantica* je nutné přizpůsobit chov na délku kolem 12 měsíců, neboť produkuje velmi pomalu tenké vrstvy perletě (Lal, 2007).

Základní podmínkou pro výběr tyto hlavní ukazatele:

Věk (roky)	1,5-2
Váha (g)	25
Velikost (mm)	40-45

Lal (2007)

Nicméně existují výjimky, kdy se běžně používají i 20g jedinci. Kteří jsou používáni pro produkci perel menší velikosti, které dosahují kolem 2-3mm v průměru (Lal, 2007). Pohlavně dospělí mlži se vybírají hned z několika důvodů, mezi které patří velikost gonád a dobrá orientace, kam vložit jádro a kus pláště z donora. A další je i selekce kusů ve fázi před vypuštěním glochidií. Protože larvy zabírají místo pro vložení jádra a kusu pláště (Alagarwami, 1987). Na některých farmách, kde probíhá chov v hlubokých vodách, využívají rozdílné teploty vody. Proto mlže s glochidii nechávají na určitý čas v teplejší vodě. Vlivem zrychleného metabolismu dojde k vypuštění glochidií (Alagarwami,1987). Takto vybraní jedinci jsou zbaveni ektoparazitů, mezi které patří houby či trematodní infekce. Nakonec se důkladně očistí a jsou připraveni pro další fázi v laboratoři (Lal, 2007).

3.4.1.2 Ošetření

Před tím než se mlži implantují se narkotizují. Protože by během procesu mohlo dojít k úhynu zvířete. K těmto účelům se používá mentol, který se v krystalech nechá rozpustit ve slané vodě. V nádržích s tímto roztokem se mlži ponechají zhruba 60-90 minut (Lal, 2007). Po této době mohou být mlži lehce otevřeni, vlivem uvolněných svalů držících lasturu k sobě. Dlouhá expozice v roztoku s mentolem a také dlouhá doba mimo vodu může způsobit otoky pláště, zvýšenou sekreci ochranného hlenu a smrt jedince. Proto je nezbytné jednotlivé kusy během následujících 10-15 minut podrobit implantaci, omýt čerstvou mořskou vodou a vložit do plastického boxu plného mořské vody. Donorové, ze kterých se získávají kusy pláště, nejsou ošetřováni (Lal, 2007).

3.4.1.3 Preparace kusu pláště z donora

Kus pláště z oblasti paliální linie je základním materiálem pro získání perel. K těmto účelům se využívají stejně velké jedinci jako jsou recipienti. Operace vede k otevření jedince, pak se z levé i pravé misky odeberou části pláště z oblasti paliální linie (Alagarswami, 1987). Zhruba 5cm dlouhý pruh a široký 0,5cm (Lal, 2007). Tyto části se očistí od hlenu na dřevěných destičkách. Nakonec se jednotlivé proužky nakrájí na stejně velké dílky a potřou se roztokem eosinu s mořskou vodou (Alagarswami, 1987).

Lal (2007) uvádí roztok azuminu a eosinu. Nicméně tato opatření udrží buňky pláště živé a schopné dělení. Kritériem pro velikost dílků pláště je rozměr jádra a také požadovaná velikost budoucí perly. Obecně se z jednoho proužku nakrájí asi 25 dílků (Lal, 2007). Takto připravené kousky jsou ponechány celou dobu aplikace ve sterilizované vodě. Nesmí zaschnout. Doporučuje se všechny části pláště spotřebovat do 15 minut (Lal, 2007).

3.4.1.4 Jádro a implantace

Hlavním výrobcem a dodavatelem jader pro perlotvorný průmysl je stále Japonsko. To zpracovává lastury sladkovodních druhů, jako jsou *Pleurobema coccineum* či *Megalonaias nervosa* (Tucker a Theiling, 1998). Tyto druhy se chovají v USA. Velikost jádra by se měla pohybovat kolem 2-7 mm v průměru.

Implantace mlže probíhá ve speciálním držáku, kdy se za pomoci kleští otevrou obě misky a háčkem vpraví do oblasti gonád jedno nebo více jader. V místě gonád se provede řez, do kterého se vloží kus pláště donora a následně se do tohoto místa vloží jádro (Alagarswami, 1987). Místo řezu se nachází ve ventrální části gonád (Lal, 1987). Jádro musí

být v těsné blízkosti s vnějšími buňkami pláště, tak aby se kolem mohly tvořit vrstvy perletě (Lal, 2007). V případě, že se implantují dvě jádra nebo více je běžné, že jedno jádro je větší než ostatní. Velikost jádra v implantaci na produkci jedné perly dosahuje 6-7mm v průměru (Lal, 2007). U možnosti dvou vkladených jader se první větší implantuje v blízkosti trávicího traktu (GIT) a druhé k hepatopankreasu (Lal, 1987). Jejich průměr je u GIT 6mm a u hepatopankreasu 4mm (Lal, 2007). Někdy se vkládá až 20 jader, z nichž se produkují malé perly velikosti 2-3mm známé jako „keshi“. Ty se používají pro farmaceutický průmysl (Alagarswami, 1987). Celá procedura zabere nejvíce 2 minuty (Alagarswami, 1987). Za jeden pracovní den (8 hodin) udělá v průměru 250-300 mlžů každý z pracovníků (Alagarswami, 1987).

3.4.1.5 Rekonvalescence

Po implantaci se jedinci přesunou do nádrží s čerstvou slanou vodou s mírnou cirkulací na 2-3 dny. V této fázi jsou stále v laboratoři pod dohledem (Lal, 2007). Pro dostatečnou regeneraci tkáně jsou tři dny plně vyhovující. Po této době se zdraví jedinci přesunou do moře. Během 3 týdnů v novém prostředí se kolem jádra začínají množit buňky pláště a vytvoří tak perlový váček „pearl-sac“ (Alagarswami, 2007). V tomto okamžiku se začíná tvořit perleť. Nakonec se jedinci vyšetří pomocí fluoroskopie, tak aby se zjistilo v jaké fázi je implantové těleso a zda se skutečně tvoří odpovídající vrstvy perletě vzhledem k době, kterou jedinci strávili v úseku rekonvalescence (Lal, 2007).

3.4.1.6 Péče po rekonvalescenci

Po prohlídce a protřídění kusů, kteří se podrobili rekonvalescenci, jsou mlži vkládáni do košů a podle technologického typu farmy umístěni na požadované místo (Lal, 2007). Z praktického důvodu se do jedné klece o rozměru 40x40x15cm vejde 125 kusů o 30-35mm, 100 kusů o 45-50mm a 75 kusů o 55-60mm (Lal, 2007). Obvyklý počet je 50-75 kusů s rozměry 40-45mm. Tento počet i velikost klece je ideální, jelikož obsádka nevykazuje známky snížení oxygenace ani snížení růstu (Lal, 2007). Nakonec jednou měsíčně probíhají kontroly všech klecí. Před posledními třemi měsíci, než dojde k výlovu se u jednotlivců s 8 mm jádrem provádí X- ray test (Alagarswami, 1987). Tento test slouží k odhalení nepřijatých jader. V tropických a subtropických částech světa je ukládání perletě, vlivem zvýšeného metabolismu rychlejší, nicméně perleť nemá takovou hustotu a tvrdost jakou mají perly například z chovů v Japonsku, kde jsou vody značně chladnější. I to je další důvod proč je Japonsko tak špičkovým producentem svých Akoya perel (American Pearl, 2005-2012).

V zimních měsících jsou jedinci přesouváni do teplejších areálů. Co se barvy perel týče je třeba zohlednit několik faktorů, které barvu podmiňují, jedná se chemické složení vody, rozpuštěné ionty a potravu (Alagarwami, 1987).

3.4.1.7 Čas potřebný do doby výlovu

Tvorba perletě kolem jádra zabere obecně časové rozmezí kolem 6 měsíců až třech let. I zde je důležitá závislost mezi velikostí jádra, teplotou vody a hloubce, ve které jsou jedinci chováni. Pro jádra menší než 4mm v průměru postačí okolo 6 měsíců, 7 mm jádro prodlužuje dobu na celý rok. A nakonec jedinci s jádrem přes 8 mm jsou v klecích ponecháni až 3 roky (Alagarwami, 1987). Úspěšnost celého chovu dosahuje u jedinců s jedním jádrem kolem 62,8% a v případě více jader 68,3% (Lal, 2007).

3.4.2 Sladkovodní produkce

Sladkovodní produkce zahrnuje několik zásadních postupů, mezi něž patří: kolekce vybraných jedinců, ošetření, implantace, rekonvalescence a výlov. Celý proces je podobný metodám, které se využívají u chovu mořských druhů (Lal, 2007).

3.4.2.1 Výběr jedinců

Pro budoucí produkci perel je stejně jako v případě mořské produkce zapotřebí vybrat zdravé a odolné jedince. K odchovu mlžů se jako účelné používají nádrže, rybníky, řeky nebo kádě s měkkým polo-písčitým dnem s velmi mírným prouděním, které je vhodné pro růst juvenilů (Lal, 2007). Bohužel vzhledem k ohrožení a poklesu populací některých druhů zejména stále se zvyšujícím znečištěním přirozeným výskytům mlžů, není v dnešní době možné odebírat přirozeně rostoucí jedince z volné přírody. Kritérii výběru pro další operace jsou: věk, pohlavní fáze, velikost a zdraví (Lal, 2007). Z těchto údajů je nutné použít jedince ve věku kolem 1,5-2 let s váhou okolo 25g a více, tak aby nebylo obtížné jedince v následujících krocích implantovat (Lal, 2007). Pro výběr jsou vhodné jedinci v klidové fázi reprodukční aktivity (Lal, 2007).

3.4.2.2 Ošetření

Ošetření sladkovodních druhů je snadnější, než v případě mořských. Po mechanickém očištění, které plně postačuje, se jedinci přesouvají na 2-3 dny do čisté vody. Následně se nechávají ve vodě ošetřené hydroxidem vápenatým (7,5mg/l) po dobu 3 dnů, poté následuje závěrečná fáze, kdy se použije 1% roztok chlornanu sodného, který v součinnosti

s předešlými použitými chemikáliemi, zajistí ochranu proti infekcím (Lal, 2007). Po této fázi jsou opět na dobu 3 dnů vkládáni do nádrží s čistou vodou. A závěrečnou fází je podání antibiotik v podobě chloramfenikolu v množství 100mg/l na dobu 24 hodin. (Lal, 2007). Poté jsou v nádržích v hustotě o 1 jedinci na litr vody (Lal, 2007).

3.4.2.3 Implantace

Podobně jako implantace mořských druhů se u sladkovodních využívají jádra (nejlépe ze schránek mlžů), vaječné skořápky v podobě prášku či jiný přilnavý materiál. Vždy je nejdůležitější, aby celý proces trval co nejkratší dobu (Panha a Kosavititkul, 1997). Využití přirozených materiálů je nejvhodnější, protože imunitní systém mlže jej přijme snáze než jiný syntetický materiál (Xu a kol, 2011). Je známé, že s věkem roste i odolnost, která je maximální ve věku kolem 4 let. To se týká především *Hyriopsis cumingii* (Xu a kol, 2011).

Další důležitou součástí je kus tkáně donora, pro tyto účely postačují jedinci přibližně stejného věku jako v případě věku recipienta. Kusem tkáně je část paliální linie o velikosti 3x3mm (Dan a Ruobo, 2002). Počet vložených částí tkáně donora je individuální a závislé na velikosti recipienta. Nicméně u 10 cm velkého jedince lze bez potíží vložit až 30 plátků (Dan a Ruobo, 2002). V případě sladkovodní produkce existují tři možnosti, kam vkládat jádra a plátky z paliální části pláště donora. Před implantací se stejně jako u mořské produkce musí implantovaný jedinec fixovat v držáku (Lal, 2007).

- a. Implantace pod plášť**
- b. Implantace pláště (dvě možné varianty)**
- c. Implantace do gonád**

a. Implantace pod plášť

Tato metoda je velice snadná a velmi úspěšná. Jádro o velikosti 4-6 mm se vkládá po otevření obou schránek pod plášť. Je nutné za pomoci nástroje opatrně odhrnout plášť v anteriorní části. Je možné takto odhrnout plášť z obou lastur. Po implantaci stačí jen přitlačit odhrnutou část na jádro a jedince zavřít. V této metodě se nevyžívají kusy pláště donora (Lal, 2007).

b. Implantace pláště

Zde se využívá dvou možných metod. Implantace bez jádra a implantace s jádrem.

- *Implantace bez jádra*

Do vnějšího okraje se pod plášť vkládá jen plátek pláště z donora (Dan a Ruobo, 2002). Obvykle v oblasti posteriorního okraje pláště ve ventrální části (Lal, 2007). Výsledkem této metody jsou perly nepravidelného tvaru (Lal, 2007).

- *Implantace s jádrem*

Do vytvořené kapsy pod plášť se vkládá jádro malého průměru (2mm) a plátek z pláště donora. Implantovaným místem je opět posteriorní okraj pláště (Lal, 2007). Vyprodukované perly jsou drobné, ale pravidelného tvaru (Lal, 2007).

c. Implantace do gonád

Pomocí špachtle se jemně zatlačí na labiální palpy a žábry a následně se skalpelem provede řez, do kterého se vloží plátek a jádro o průměru 2-4mm (Lal, 2007). Je velmi důležité, aby během procesu nedošlo k proříznutí trávicího traktu a aby bylo jádro v kontaktu s vnějším okrajem pláště.

3.4.2.4 Rekonvalescence

Bezprostředně po implantaci jsou jedinci po dvou vkládáni do nylonových sítěk, které jsou v hloubce 0,2m v nádržích s čistou vodou. V této fázi dochází k regeneraci. Používá se chloramfenikol s antibiotickými účinky (Lal, 2007). Po 3-4 dnech se do nádrží přidává fytoplankton a řasy. Kontroly probíhají denně, tak aby se zamezilo kontaminaci z možných úhynů (Lal, 2007).

3.4.2.5 Výlov a produkce

Na konci chovu, který trvá zhruba rok, se jedinci vyloví, pomocí nožů otevřou a vyjmou perly. Perly se čistí třídí dle velikostí a leští (Lal, 2007).

3.5 Technologie chovu

Důležitým aspektem v chovu mlžů je fakt, že se jedná o živočichy žijící v sedimentu na dně (Gosling, 2008). Živí se filtrací a potřebují dostatek čisté nezávadné vody. Co se týče chovů sladkovodních perlotočivých druhů je v tomto případě mnoho pozitiv oproti chovu mořských druhů. V Číně jsou pro tyto účely využívány umělé nádrže, rybníky nebo jezera. Obecně v Číně je chov mlžů poměrně značně znečišťující, oproti tomu mořská produkce, především ve Francouzské Polynésii kde je negativní dopad malý. Zde se na

pobřeží nachází čisté farmy, na lanech v moři jsou po několika kusech za sebou připevnění mlži, o které se pravidelně starají a kontrolují pracovníci farem. Negativem mořské produkce oproti sladkovodní je fakt, že je poměrně rizikový, co se ekonomické stránky týče (Rahayu a kol.,2013). Chov v moři, či oceánu, je oproti chovu v umělých nádržích riskantní. Další nevýhodou je délka chovu, která v nejlepším případě zabere 1,5 roku (Rahayu a kol., 2013).

3.5.1 Mořská produkce

Existuje několik typů chovu, které se doposud používají. V podstatě není rozdíl, v tom, zda se chov zabývá sladkovodními druhy nebo druhy mořskými. Při výběru vhodného chovného zařízení se zohledňuje chovaný druh, okolní podmínky a počet chovaných kusů (Lal, 2007).

Dalším neméně důležitým problémem jsou cyklické změny. Proto některé farmy své chovy nechávají daleko v moři od pobřeží, což má ale také svá negativa. Farmář nemá tak dobrý přehled o zdravotním stavu chovu. I fyzická a časová náročnost je v tomto případě větší než u chovů na pobřeží (Lal, 2007).

3.5.1.1 Rafty

Touto technikou počal svůj chov už Mikimoto kolem roku 1890 (Alagarswami , 1987). Jedná se o jednu z nejpoužívanějších metod vůbec, v Japonsku zvanou Ikada (Alagarswami, 1968). Během desetiletí se ovšem tato možnost chovu značně zdokonalila. Tento chov je možný na volném moři i v zálivech. Vývoj metody umožnil chov mlžů ve vodě za pomoci vodních sloupů- raftů, které plují na volné hladině. Rafty jsou spojeny k sobě a vytváří tak na hladině žebříkovitou konstrukci. Obvykle se používá 7 dlouhých sloupů a 10 malých (Alagarswami, 1968). Velikost raftů se pohybuje kolem 6x5 m (Lal,2007). Rafty se obvykle vyrábějí ze dřevěných sloupů o průměru 10cm a zužující se k okrajům na 6 cm průměr. Sloupy jsou k sobě přivázány lany z kokosových vláken, řetězy či kotvami. Rafty jsou ze spodu opatřeny na každém rohu 4 plováky, což umožňuje větší nadnášivost. Velikost plováku je kolem 88- 90cm s průměrem 53-55cm (Alagarswami, 1968). Proto jsou rafty zhruba 50cm nad hladinou a neponořují se (Lal,2007). K raftům jsou na 10 místech přivázány klece či sítě z odolných materiálů, jako je ocel či nylon. Klece se skládají ze dvou rámečků vyplněných zelenou nebo černou sít'ovinou či pletivem a průměru okolo 5-7mm. Oba rámečky jsou stejně velké 60x45cm. Do těchto konstrukcí se vkládají již implantovaní mlži v 6 nebo 8 řadách v závislosti na jejich velikosti. Mlži se poskládají ventrální stranou vzhůru a anteriorní tak, aby se tato strana překrývala s dalším mlžem v řadě posazeným. Takto

posazení mlži mají možnost se k sobě připojit pomocí byssových vláken. Maximální počet mlžů v jedné kleci dosahuje kolem 48 jedinců. V tomto počtu mají mlži dostatek prostoru a živin, které potřebují ke svému růstu. Ten je zajištěn průtokem vody. V takovém počtu mohou jedinci filtrovat vodu bez značného omezení. Nakonec se rámce přiloží k sobě a ve všech 4 rozích se svážou vinylovým pevným drátem, tak aby pevná konstrukce zamezila posunu jedinců a nezměnila se tak jejich formace v kleci (Alagarwami, 1968). Klece se nakonec přivazují k raftům, obvykle jedna klec na jedno vinylové lano, ale jsou případy, kdy se na jedno lano navazuje i 5 klecí. Jedním běžně chovaným druhem v tomto typu je *Pinctada maxima* chovaná v Japonsku. V Indii se touto technikou také nechali inspirovat, ovšem využívají v tomto chovu osamocená kotviště a samostatné sloupy - rafty. V dalších letech se kladl důraz na zvýšení odolnosti a větší schopnosti raftů plout na hladině. Také se vyměnil materiál, ze kterého byly vyráběny plováky. Do roku 1960 se v Japonsku používaly dřevěné barely, ty byly vyměněny za styrofonové. Jindy se používají prázdné barely od nafty se skelnou vatou natřené antikorozií ochranou (Lal,2007). Hloubka v Japonských zálivech, kde se nacházejí chovy, dosahuje přibližně 10-20m. Klece se zavěšují do hloubky od 2- 6m (Alagarwami, 1987). V Austrálii, Papui Nové Guinei používají také raftový systém v zálivech, za využití druhu *Pinctada maxima*. Ale vzhledem k poměrně agresivním přílivům, které jsou v těchto lokalitách běžné, jsou k raftům připevněny ocelové kotvy. Někdy se k raftům přivazují lana, na kterých jsou jedinci už navázání za sebou pomocí vinylového drátku v intervalu 7-8cm. Počet jedinců takto uvázaných je obvykle kolem deseti. Tato praxe je populární pro druhy *Pinctada maxima* a *Pinctada margaritifera*, limitující je ovšem velikost mlžů, která nesmí přesáhnout 9cm (Alagarwami, 1987). Takto se perlotvorné druhy chovají v Austrálii a Francouzské Polynésii.

3.5.1.2 Chov na otevřeném moři

Jedná se o typ chovu označovaný jako „*Long lines*“, který sebou nese značné riziko. Proto se používá pevná konstrukce z dlouhých lan (20m), která jsou připojená na plastové plováky. Plováky jsou sférické nebo cylindrické a spojené lany k sobě. Celý tento systém je pevně ukotven a uvázan, tak aby plováky měly mezi sebou pravidelné řádky a nedotýkaly se navzájem. K lanům které drží konstrukci pohromadě jsou přivázána další lana s klecemi, ve kterých jsou mlži (Lal,2007). Tento chov je poměrně běžný v Seto Inland moři v Japonsku (Alagarwami, 1987).

3.5.1.3 Podvodní platformy- rampy

Pro druh *Pinctada margaritifera*, který je běžně chovaný v lagunách Francouzské Polynésie, se používají podvodní rampy s tácy se sítěmi (Lal,2007). Ty jsou vztyčeny v hloubce kolem 6 m. Celý systém drží kvádry, které jsou ukotveny na dně. Tuto metodu chovu používají i v Austrálii pro druh *Pinctada maxima* (Alagarswami, 1987). Principem je navrtání otvoru v blízkosti byssových vláken, potom se jedinec za pomoci vinylového drátku přiváže k lanům obaleným asfaltem, která jsou zavěšena k platformám. Jedinci jsou vertikálně za sebou přivázaní k lanům ve vzdálenosti kolem 8cm, stejně jako u metody, která byla popsána výše.

3.5.1.4 Systém za využití přihrádek

V zahraničí známý pod termínem „*Rack system*“. Touto možností chovu se mohou vydat chovatelé pouze v lokalitách s velmi klidnou vodou a hloubkou kolem 2-4m. Obvyklá velikost jedné přihrádky je 10x10m. Všechny regály jsou ze dřevěných sloupů, vertikálně ve vodě ve vzdálenosti asi 1m. Horizontálně skrz tyto přihrádky jsou připevněné další sloupy za pomoci kokosových lan. Celý systém je asi 0,5m vynořený z vody. K těmto přihrádkám je připevněno až 400 klecí s jedinci (Lal, 2007).

3.5.1.5 Systém klecí přímo položených na mořském dně

V mořích s kamenitým dnem se používají klece, které se pokládají přímo na dno (Lal, 2007). Tento typ se používá pro druh *Pinctada maxima* v Austrálii a pro *Pinctada margaritifera* ve Francouzské Polynésii v lagunách Tuamotu Archipelago (Alagarswami, 1987).

3.5.1.6 Chov v tancích

Mlži se mohou chovat mimo moře. Systém známý jako „*Onshore*“. Používají se tanky napuštěné čerstvou mořskou vodou s kapacitou kolem 50t. tento systém je výhodnější, protože zde nedochází k takovým ztrátám jako na volném moři či v zálivech (Lal, 2007). Není tu možnost napadené predátory ani poškození systému vlnami. Nevýhodou jsou časově náročné kontroly vody a pracnost, která je spojena s udržením vhodných podmínek pro chované jedince. V těchto podmínkách se mohou chovat pouze jedinci před implantací. Jedinci, kteří jsou schopní vzhledem k jejich věku k implantaci se chovají v systémech, které byly popsány výše (Lal, 2007).

3.5.1.7 Podmínky chovu mořských druhů

Je nezbytné zajistit fyzikální i chemické podmínky tak, aby se omezily ztráty a zvýšila produkce. V tomto případě je nutná salinita kolem 30ppt, pH 7-8 a teplota 25-31°C (Lal, 2007). Hloubka, ve které jsou ponořené klece je v hlubokých vodách 10m a v zálivech 2-4m. Hloubka je zásadní neboť přílišná koncentrace slunečních paprsků může omezit množení buněk produkujících perleť tedy prizmatické vrstvy obklopující implantované těleso. Také bahnitě či příliš písčité dno je nevyhovující, protože může znečišťovat a ucpávat žábry a zamezit tak filtraci. Čistá voda a kvalitní oxygenace je důležitá k přínosu živin a planktonu. Proudění vody je nezbytné odvádí zplodiny a nečistoty, které jedinci produkují. Mlži potřebují plankton nejen kvůli potravě, ale také díky němu syntetizují konchiolin z dusíkaté látky, který plankton obsahuje. Mořská voda hraje nezastupitelnou roli v produkci vápníku a i dalších organických substancí. Množství těchto elementů zajišťuje i barvu perletě. Například krémové a zlaté perly obsahují více stříbra a mědi, zatímco v pleťových a růžových perlách je vyšší množství sodíku a zinku. Pro udržení správné kondice jedinců jsou každých 100 dnů nutné kontroly (Lal,2007)

3.5.2 Sladkovodní produkce

Sladkovodní perlotvorné chovy mají mnoho pozitiv oproti chovu mořských druhů. Po implantaci se mlži vkládají do nylonových sáčků – dva kusy na sáček v hloubce 1m (Lal, 2007). Celá klec visí na provazu, který je připevněn k bambusu nebo PET lahvi plovoucí na hladině. V rámci produkce sladkovodních perel se využívají umělé nádrže. Hustota obsádky je obvykle 20 000-30 000 ks/ha. V tomto prostředí žijí jedinci 12-18 měsíců (Lal, 2007). Během této doby se provádí pravidelné kontroly klecí a odstraňují se případní mrtví jedinci. V těchto nádržích nesmí růst rostliny, které plují nebo se vznášejí na hladině. Jejich růst by zamezil pronikání světla do vody a mohl by tak ohrozit výskyt důležitého fytoplanktonu a zooplanktonu. Ten je nenahraditelným zdrojem potravy pro mlže. Filtrují ho spolu s dalšími anorganickými částicemi skrz žábry až do trávicího traktu. Obsah planktonu lze zvyšovat pomocí přidaných organických a anorganických hnojiv (Lal, 2007). V oblastech v Číně, kde je produkce sladkovodních perel populární, dochází vlivem měnícího se počasí k obdobím sucha. Je proto nutné v tuto dobu často doplňovat vodu z připravených nádrží (Lal, 2007). Bohužel chov sladkovodních druhů v Číně je ohrožen vlivem stále postupujícího znečišťování vod.

3.6 Druhy používané pro sladkovodní produkci perel

3.6.1 *Hyriopsis cumingii*

Hyriopsis cumingii je druh sladkovodního mlže vyskytující se především v Asii (He a Zhuang, 2013). Výskytem jsou jezera a řeky s mírně tekoucí vodou: Dongting Lake, Poyang Lake, Taihu Lake (Dan a Ruobo, 2002). Patří do čeledi *Unionidae*. Jedná se o mlže s velkou hnědo-olivovou lasturou. Zajímavostí je výskyt lastur s křídly v posteriorním segmentu, který se vyskytuje pouze u subadultů. Zatímco dospělci mají křídla výrazně redukována (He a Zhunag, 2013).

Alagarwami (1968) uvádí především druh *Hyriopsis* jako nejvyužívanější pro produkci perel. V anglickém literatuře bývá pojmenován jako Triangle sail mussel (Dan a Ruobo, 2002).

3.6.2 *Cristaria plicata*

Dan a Ruobo (2002) využívají k pojmenování druhu *Cristaria plicata* anglické znění jako Wringle comb. Patří do čeledi *Unionidae*. Vyskytuje se v Asii a to především ve stojatých řekách: Yangtze řeka a Žlutá řeka (He a Zhuang, 2013). Barva lastur je olivová až hnědá. Zvláštností je výskyt křídel v posteriorní části (He a Zhuang, 2013). V Číně se s oblibou využívají k produkci sladkovodních perel (Dan a Ruobo, 2002).

3.6.3 *Anodonta woodiana*

Škeblice asijská- *Anodonta (Sinanodonta) woodiana*, je mlž většího vzrůstu s hnědo-oranžovou eliptickou lasturou pocházející původně z jihovýchodní a východní Asie, přesněji z Indočíny, Korey, Japonska, Taiwanu a Přímořského kraje východního Ruska (Douda a kol., 2011). Patří do čeledi *Unionidae*. Poprvé byla objevena v roce 1971 v Indonésii, kde stejně jako v Evropě obývá slepá ramena, tůňe, rybníky a větší pomalu tekoucí řeky, kde žije bentickým způsobem života. V Asii bohatě obývá řeky Amur a Yangtze (Soroka a Zdanowski, 2001). V evropských podmínkách byla poprvé objevena v roce 1979 v Rumunsku, 1984 v Maďarsku, 1995 na Slovensku, 1998 v Polsku a v roce 2005 v Německu (Beran, 2008).

Tento druh vyniká rychlým růstem a výbornou adaptabilitou, proto se vyskytuje i na místech se znečištěnou, chladnou, teplou i méně okysličenou vodou (Soroka a Zdanowski, 2001). Kromě toho je schopný produkovat perleť a prismatický krystal, stejně jako klasické perlotvorné druhy: *Margaritifera margaritifera*, *Hyriopsis myersiana* (Rahayu a kol., 2013).

V některých studiích bylo dokázáno v porovnání s druhem *Margaritifera* rychlejší přírůstek perletě. Tohoto fenoménu je bohatě využíváno v Číně, kde je *Anodonta woodiana* hojně používána pro produkci sladkovodních perel. Další výhodou chovu je, že se dokáže rozmnožovat více než jednou za rok (Rahayu a kol., 2013). Na Taiwanu k rozmnožování dochází během léta, ovšem v Indonésii k tomu může dojít kdykoliv během roku (Rahayu a kol., 2013). Ideální délka chovu a tedy tvorba perly je pouhých 8 měsíců, kdy se v případě produkce blistrů pohybuje jeho tloušťka kolem 6 μ m (Rahayu a kol., 2013).

Stejně jako ostatní druhy sladkovodních mlžů i *A. woodiana* potřebuje pro úspěšný růst v raných stádiích života kaprovité ryby (Douda a kol., 2013). Glochidie parazitické larvy žijí v oblasti žáber a ploutví po dobu několika dní (Douda a kol., 2011). Následní juvenilové žijí bentickým způsobem života na dně, kde filtrují vodu.

Podle Soroka a Zdanonowski (2001) má tento druh v oblasti teplotně ovlivněných jezer v Polsku (Koninské jezero) pozitivní efekt na vodní ekosystém, protože je schopen akumulovat těžké kovy z vody a filtrovat větší část organických látek a tím přispívá k čištění a zkvalitnění vody. A především pak mladí jedinci jsou schopni akumulovat a čistit vodu intenzivněji než starší jedinci a to proto, že prodělávají intenzivní růst. Spolu s dalšími druhy mlžů bylo zjištěno, že za hodinu dokáží přefiltrovat přes 1 600 litrů vody (Soroka, Zdanowski, 2001).

V našich podmínkách byla *Anodonta woodiana* objevena v roce 1996 v Břeclavi v řece Dyje – Morava. Jedná se jednoznačně o introdukovaný druh. Jednou z možností výskytu v České republice je pravděpodobně trh s kaprovitými rybami z Číny, na kterých hojně parazitují glochidie. Nejčastějšími druhy ryb z této kategorie jsou potom: Tolstolobik bílý *Hypophthalmichthys molitrix*, Tolstolebec pestrý *Aristichthys nobilis* a Amur bílý *Ctenopharyngodon idella* (Beran, 2008).

Poprvé v Čechách byl výskyt hlášen v roce 2008 v Hněvkovické přehradě. Dalšími místy výskytu se staly řeka Kyjovka na Moravě, která je obvyklým místem výskytu tohoto druhu, dále Žehuňský rybník ve středních Čechách rybník Vilímek u Humpolce a pravděpodobně většina rybníků v jižních Čechách. V současné době je jen otázkou času, kdy se druh rozšíří na celém území České republiky. V každém případě je u druhu zaznamenána preference teplejších vod a maximální nadmořské výšky 158-205 m n.m. (Beran, 2008).

I v těchto případech existuje několik výjimek. Podle Berana (2008), byli nalezeni jedinci v nadmořské výšce kolem 250 m i 367 m, rekord byl potom nález tohoto druhu v nadmořské výšce 529 m. Také existuje případ z Koninského jezera v Polsku, kde se v umělé části s chladnější vodou vyskytují jedinci, kteří jsou maximálně přizpůsobeni vnějším

podmínkám (Soroka a Zdanowski 2001). Konkrétně v oblasti Koninského jezera byl první nálezy hlášen v roce 1993 (Sorokoa a Zdanowski, 2001). V této lokalitě je průměrná teplota vody v létě i přes 30°C a průměrný průtok dosahuje zhruba 15 m³ s⁻¹. Vzhledem ke stabilním a vhodným podmínkám dosahuje hustota abundance i přes 50 kg m⁻². Což je při průměrné velikosti 150 mm u 5-letých jedinců velká biomasa. Největší hustota osídlení je hlášena z Maďarska v řece Koros s výší 20-25 000 kg ha⁻¹. V řece Temže je současná hustota osídlení kolem 3 000 kg ha⁻¹. Co se velikosti týče největší jedinec tohoto druhu byl objeven ve Francii a činil 270 mm. V porovnání s nálezem z Hong Kongu 163 mm, lze předpokládat, že se tomuto druhu v Evropě velice daří (Soroka a Zdanowski 2001).

Dle získaných informací lze předpokládat, že vlivem oteplování ve Střední Evropě se bude druh *A. woodiana* dále rozšiřovat.

Spolu s druhem *A. woodiana* žijí na našem území i další invazivní druhy vodních měkkýšů. Konkrétně 8 druhů: *Potamopyrgus antipodarum*, *Physella acuta*, *Gyraulus paryus*, *Menetus dilatatus*, *Ferrissia fragilit*, *Corbicula fluminea*, *Dreissena polymorpha* (Beran, 2008).

3.6.3.1 Environmentální rizika chovu *Anodonta woodiana*

Douda a kol. (2011) uvádějí minimální omezení pro další invazi druhu *A woodiana* ve středoevropských podmínkách, kdy hlavní příčinou je adaptace na místní hostitelské druhy ryb a schopnost reprodukce v místních vodách. Díky těmto faktům se předpokládá potenciál pro pokračující invaze druhu do všech vodních ekosystémů v Čechách i dalších středoevropských zemí. Dalším důkazem o schopnosti adaptace je lokalita Koninského jezera, kde byly zkoumány dvě populace a to ve studené části a teplé části jezera. Jedinci ze studené části byli po přemístění do teplé části schopni rychlé adaptace (Soroka a Zdanowski, 2001). Je nutné si uvědomit, že úmyslný chov *A. woodiana* bez vhodné technologie, která by nezamezila úniku glochidií, by jen podpořila další rozšíření. Neboť agresivita a schopnost růstu je vyšší než mají místní druhy mlžů a ti nejsou schopni konkurence. Riziko se zvyšuje i díky nekompletním znalostem, které jsou zatím známy o druhu. Problémem je také minimum informací, které jsou dostupné o technologiích chovu sladkovodních perlotvorných mlžů například z hlediska dopadu na znečištění vody.

3.7 Perspektivita chovu

Chov perlotvorných druhů je jednou z mnoha možností rozvoje akvakultury, která přináší zisk. V oblasti Pacifiku na ostrově Tahiti využívají, již výše zmíněný chov „*Long lines*“ (Lal, 2007). Podrobná ekonomická analýza ukázala, že při prvotním kapitálu 202,076 USD jsou roční provozní náklady 293,726USD. Kdy největší náklady připadají na počáteční fáze odchovu juvenilů. Jenže zisk tohoto typu chovu dosáhl 102,945 USD (Fong a kol, 2007). Proto je v současné době stále oblíbenější chov sladkovodních druhů, jelikož jeho výnosy převyšují náklady. V Asii, kde se hojně uplatňuje chov sladkovodních druhů je i přes omezení znečištění při produkci dosaženo zisku v hodnotě přes 4 miliony USD (452 milionu CNY) a to v oblasti Dongtinghu (Yang a kol, 2010). Ovšem nejnovější statistiky přinesly informace o výnosech dosahujících 200 milionů USD patřící Austrálii, která se tímto stala lídrem v celosvětové produkci. Nejbližší predikce pro rok 2015 předpokládají, že tento stav překoná Čína, která je schopna prodávat perly za nízkou cenu (Anon, 2014).

4 Experimentální část

4.1 Materiál a metody

Během července- listopadu 2013 proběhl sběr dat, který se týkal vyhodnocování výskytu perel v druhu *Anodonta woodiana*. Bylo studováno 6 lokalit, z toho 2 v Polsku a 4 v České republice. Mlži vyskytující se mimo za hranicemi ČR pocházely z oblastí středního Polska Koninských jezer (Lichenske jezero) - dva odběry a jižního Polska Spytkowicz- S . Odlovem jedinců v ČR se stala místa na Moravě (řeka Kyjovka-K) a jižních Čechách (Vyskok-V, rybník Rod-R a Opatovický rybník-T). Výběr výše uvedených lokalit je v závislosti s výskytem druhu *A. woodinana* v České republice, který byl popsán v rešerši bakalářské práce.

Po odlovu byli jedinci převezeni do laboratoře katedry Zoologie a rybářství České zemědělské univerzity v Praze-Suchdol, kde probíhalo vyhodnocování jednotlivých mlžů. Všichni jedinci byli otevřeni pomocí kleští a následně prozkoumáni na přítomnost perel. Kromě zmíněného sbírání perel proběhlo u lokality K měření délky, šířky, výšky a šíře lastur.

Nasbíraná data byla statisticky vyhodnocena. Pomocí Fisherova exaktního testu se hodnotila četnost výskytu jedinců s přítomností perly mezi populacemi. Dle Spearmanova koeficientu pořadového čísla korelace byly řešeny: souvislost mezi velikostí jedince a výskytem perel a souvislost mezi silou lastury a výskytem perel. Posledními řešenými otázkami byly: odlišnost velikostí perel mezi populacemi K a S. a souvislost mezi velikostí jedinců, tloušťkou jedinců a velikostí perel.

Vzhledem k poloze uvedených lokalit je nutné zohlednit, že všechna místa výskytu byla níže položena a je v nich tepleji, proto jsou zde mlži přemnožení. Dalším poznatkem je fakt že, populace se mezi sebou významně lišily. Polské populace měly tvrdou, pevnou a silnou schránku, některé kusy až 4 mm. Mimo to, byla schránka velmi tmavá až tmavě oranžová. A noha mlže byla vždy tmavě pigmentovaná. Také výskyt blisterů byl bohatší, skoro každý jedinec měl uvnitř schránky zvlněnou nebo jinak deformovanou perleťovou vrstvu. Oproti tomu české populace až na výjimku z řeky Kyjovka měly velmi tenké a křehké schránky zbarvené spíše světle až slabě zeleně. Někteří jedinci byli až nápadně podobní druhům jako *Anodonta anatina* či *Anodonta cygnea*. Mlži uvnitř nebyli nijak pigmentováni a měli klasickou okrovou až béžovou barvu. Blistery nebyly téměř nalezeny. Jedinou již

zmiňovanou lokalitou byla Morava. Jedinci z této oblasti byli morfologicky totožní s jedinci z Polska.

4.2 Výsledky

Vybrané ukazatele byly vyhodnoceny za rok 2014. Řešenými lokalitami byly: Lichenské jezero-(odběr, X, P), Kyjovka-K, rybník Rod- R, Spytkowitze- S, rybník Vyskok-V, Opatovický rybník- T. Hodnotila se odlišnost u četností výskytu jedinců s přítomností perly mezi populacemi, souvislost síly lastury s počtem perel, souvislost délky lastury s počtem perel a nakonec odlišnost mezi velikostmi perel a populacemi K a S .

Pomocí Fisherova exaktního testu byly hodnoceny všechny lokality (X K R S V P T). Výsledná hodnota $p=0,002$ ukázala odlišnost četností výskytu jedinců s přítomností perly mezi populacemi. Tabulka (tab.:1) níže podává informace o počtech jedinců, počtech jedinců s perlou, počtu perel a počtu blisterů na daných lokalitách.

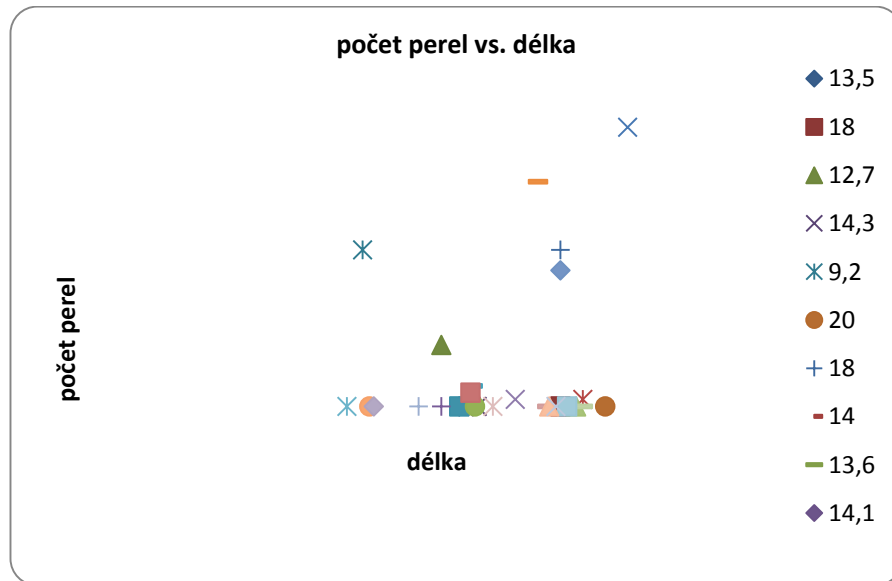
Tab.:1 Zobrazuje počty: jedinců, jedinců s perlou, perel a blisterů na lokalitách

lokalita	počet jedinců	počet jedinců s perlou	blister	počet perel
X	10	2	6	2
K	32	10	16	166
R	31	0	0	0
S	29	7	7	26
V	21	0	0	0
P	29	3	0	3
T	33	1	2	1

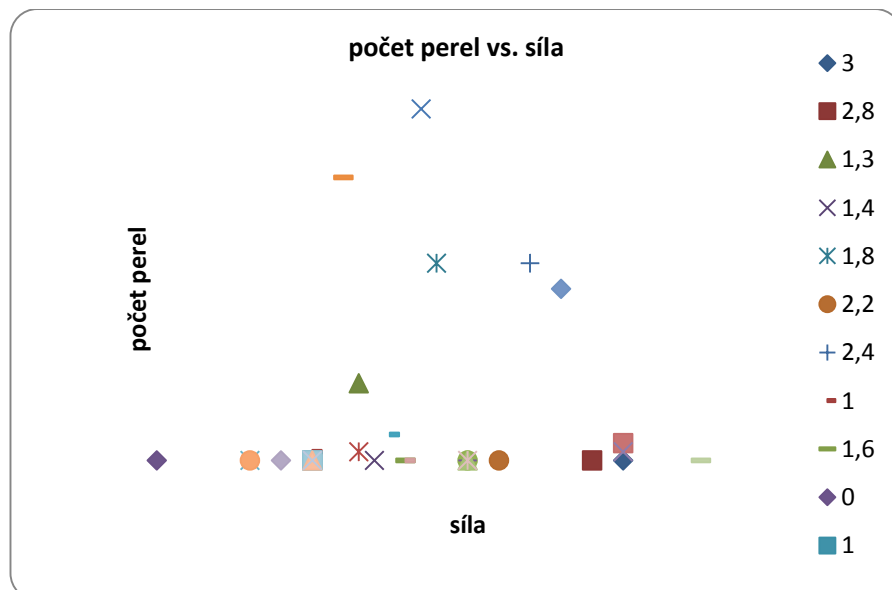
Dalšími hodnocenými ukazateli byla: Souvislost mezi silou lastury a počtem perel a souvislost mezi délkou lastury a počtem perel. Hodnocenou lokalitou se stala lokalita K s počtem 166 perel, průměrnou silou lastury 6,07mm a průměrnou délkou lastur 151,4 mm. V prvním případě hodnocení závislosti mezi silou lastury a počtem perel nebyla pomocí Spearmanova koeficientu pořadového čísla korelace zaznamenána signifikantní souvislost ($p>0.05$). Výsledkem testu korelace mezi délkou lastury a počtem perel byla také

nesignifikantní korelace (Spearmanův korelační koeficient, $p > 0.05$). Následný obrázek (Obr.:1) zobrazuje graficky jednotlivé počty perel s délkou lastur a (Obr.: 2) představuje počet perel a šíři lastur. Nejdelší jedinec z lokality K měřil 210mm a obsahoval 41 perel. Výsledky ukazují, že nebyla zaznamenána souvislost mezi velikostí jedince ani tloušťkou lastury a přítomností perel.

Obr.:1 Grafické zobrazení počtů perel s délkou lastur

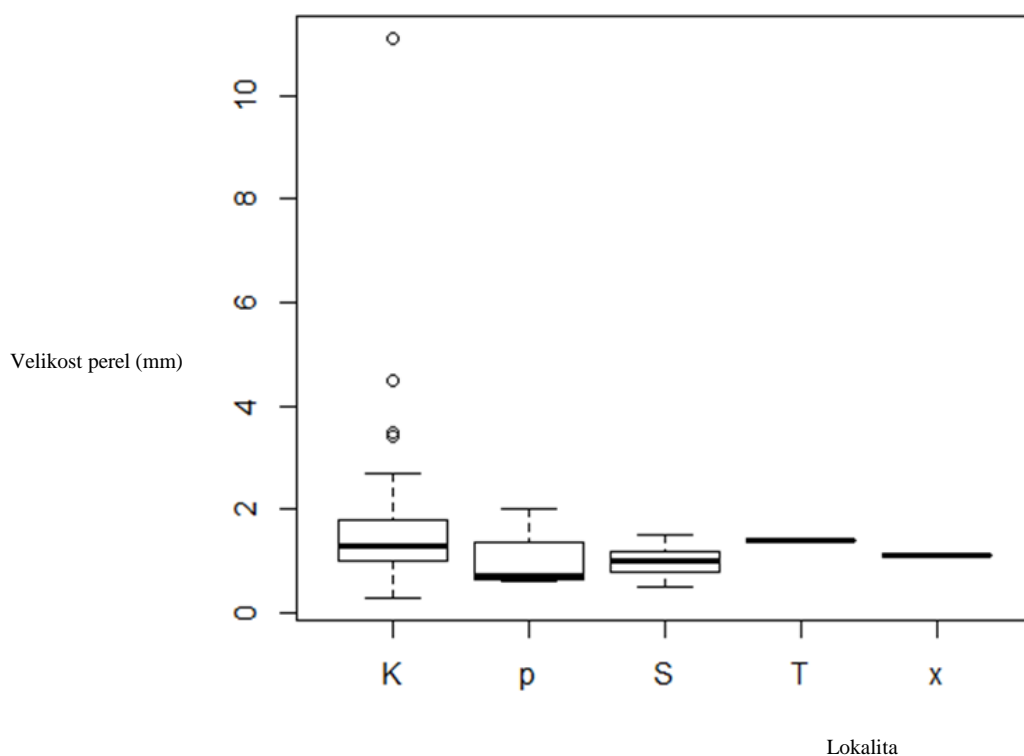


Obr.:2 Grafické zobrazení počtů perel se šíří lastur



Předposledními hodnotícími ukazateli byla odlišnost mezi populacemi K a S. Na těchto dvou lokalitách bylo nalezeno nejvíce jedinců s perlami. Počet jedinců na lokalitě K byl 32 s celkovým počtem 10 kusů s perlami. Celkem bylo v těchto 10 jedincích 166 perel. Průměrná velikost perel na této lokalitě dosáhla 1,52mm. Celkový počet jedinců na lokalitě S byl 29. Sedm jedinců z této populace mělo 26 perel o průměrné velikosti 1,1 mm. Analýza pomocí Mann-Whitney U test přinesla výsledek zaznamenala signifikantní rozdíl ve velikosti perel mezi lokalitami ($p < 0,001$). Následující graf (graf.:1) poukazuje na velikosti perel na lokalitách. Poslední řešenou otázkou byla souvislost mezi velikostí jedince a velikostí perel a souvislost mezi tloušťkou jedince a velikostí perel. Signifikantní souvislost nebyla zaznamenána (Spearmanův korelační koeficient, $p > 0,05$). Výsledek dosáhl $R^2 = 0,024$.

Graf.:1 Zobrazuje velikosti perel na lokalitách: Kyjovka-K, Lichenské jezero-P, Spytkowitze-S, Opatovický rybník – T, Lechenské jezero – X.



4.3 Diskuse

Od července- listopadu roku 2013 proběhl sběr dat na šesti lokalitách, kde se vyskytuje invazivní druh *Anodonta woodiana*. Dvě z lokalit byly v Polsku: Koninské (Lichenské) jezero (X, P) 10+29 jedinců, Spytkowitze (S) 29 jedinců a čtyři zbývající patří do České republiky: Morava řeka Kyjovka (K) 32 jedinců, jižní Čechy (rybník Vyskok (V) 21 jedinců, rybník Rod (R) 31 jedinců, Opatovický rybník (T) 33 jedinců. Na všech studovaných lokalitách byl zaznamenán výskyt přirozených perel. Lokalita řeky Kyjovka je lokalitou v ČR s největším zaznamenaným výskytem perel. Celkově bylo odloveno 32 jedinců, z nichž 10 obsahovalo 166 perel. Lokalita v Polsku- Spytkowitze s 29 jedinci a 7 jedinci s nalezenými s celkovým počtem 26 perel je lokalitou s druhým nejčtenějším výskytem. Jedná se o první zdokumentované nálezy perel u druhu *A. woodiana* v Evropě.

Mezi lokalitami K a S byly řešeny souvislosti v odlišnosti velikostí perel. Výsledek dokázal, že se lokality liší a nejsou stejné. Podle Rahayu a kol.(2013) jsou pro *A. woodiana* nejvhodnější podmínky s teplotou vody kolem 24-29°C. V Indonésii je produkce perletě díky vysokým teplotám nejintenzivnější. Z toho vyplývá, vzhledem k poloze lokalit K a S, že mohou být vhodné pro potenciální chov, protože z testovaných lokalit se nalézají na nejteplejších místech. Teploty na těchto lokalitách nejsou během roku konstantní a tím mohou ovlivnit rychlost a kvalitu perletě. Rahayu a kol. (2013) dokládá, že kolísající teploty zlepšují kvalitu perel.

Zvyšující se korelace mezi silou lastury a výskytem perel nebyla prokázána. Druhá hodnocená korelace mezi délkou lastury a výskytem perel byla také nesignifikantní ($p > 0.05$). Průměrná hodnota délky dosáhla u lokality K 151,4mm a šíře lastury 6,07mm. Soroka a Zdanowski (2011) uvádějí jako průměrnou délku lastur 150mm, což v porovnání s výsledným průměrem délky lastur z lokality K dokazuje, že jedinci jsou schopni i v našich podmínkách dorůst běžné délky. Také průměrné délky jedinců v Hong Kongu 160 mm, které uvádí Soroka a Zdanowski (2001) jsou velmi podobné s délkami lastur z lokality K. Jedinec s nejdelší lasturou měřil 210 mm. Soroka a Zdanowski (2001) uvádí nález s rozměry 240mm u jedince nalezeného ve Francii. Ze získaných měření bude pro produkci perel vhodné vybírat jedince s průměrnou šířkou lastury alespoň 5 mm a délkou 150 mm. Souvislost mezi velikostí jedince a velikostí perel nebyla prokázána souvislost mezi tloušťkou lastur a velikostí perel nebyla nalezena.

Lal (2007) uvádí, že se ve farmaceutickém průmyslu využívají kulturní perly Keshi. Ty jsou drobné o průměru 3mm. Nalezené perly z oblasti Kyjovky – lokalita K měly

v průměru 1,51mm. Vzhledem k tomu, že se jedná o přírodní perly, jsou dostatečně velké i vzhledem k počtu perel v jednom jedinci. Z toho vyplývá, že by produkce kulturních perel lokality K mohla přinést kladné výsledky.

Bylo zjištěno, že se populace mezi sebou liší. Pro studium perlotvorných procesů a výzkum potenciálního využití v evropských podmínkách je tedy potřeba zohlednit aspekt lokality.

5 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo provést literární rešerši produkce sladkovodních perel v celosvětovém měřítku se zaměřením na potenciální využití druhu *Anodonta woodiana* v podmínkách střední Evropy.

V části literární rešerše byla důkladně popsána metoda produkce sladkovodních perel a porovnání s mořskou produkcí včetně kompletní historie produkce perel. Nedílnou součástí bylo uvedení environmentálních rizik spojených s invazí druhu *A. woodiana*. Z rešerše literatury vyplývá, že existuje velmi malé množství informací o produkci perel obecně, zejména údajů, které popisují technologii a implantaci perel. Málo známé jsou také dopady druhu *A. woodiana* na evropské ekosystémy a rizika šíření z případných chovných nádrží. Případné zavedení chovů v Evropě by mohlo v současné době způsobit závažné komplikace a v této oblasti je potřeba více nových poznatků.

Výsledky experimentální části práce ukazují, že z biologického hlediska jsou naopak na řadě lokalit v Evropě pravděpodobně velmi dobré podmínky pro přirozený výskyt i umělou produkci sladkovodních perel a jednotlivé lokality se od sebe významně liší, což ukazuje značnou variabilitu v podmínkách prostředí, případně vlastnostech studovaných populací.

6 Bibliografický záznam

Addadi, L., Weiner, S. 1997. Biomineralization: A pavement of pearl. *Nature* 389.6654. 912-915.

Alagarswami, K., Dharmaraj, S., Velayundhan, T.S., Chellam, A. 1987. Hatchery technology for pearl oyster production. *CMFRI Bulletin-Pearl culture* 39. 62-71.

Alagarswami, K. 1987. Pearl culture. Central Marine Fisheries Research Institute CMFRI Bulletin. 39.107-111.

Alagarswami, K. 1968. Pearl culture in Japan and its lessons for India. In: Proceedings of the Symposium on Mollusca, Part 3. Marine Biological Association of India. 12-16 Feb. 975-993.

Beran, L. 2008. Expansion of *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834) (Bivalvia: Unionidae) in the Czech Republic. *Aquatic Invasions* 3.1. 91-94.

Beran, L., Juříčková, L., Horsák, M. 2005. Mollusca (měkkýši). In: Farkač, J., Král, D., Škorpík, M. (eds.). Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí [Red list of threatened species in the Czech Republic. Invertebrates] 2005. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha. 69-74. ISBN: 80-86064-96-4.

Beran, L. 1998. Vodní měkkýši ČR. ZO ČSOP Vlašim. Vlašim. 113 s. ISBN: 80-902469-4-X.

Douda, K., Lopes-Lima, M., Hinzmann, M., Machado, J., Varandas, S., Teixeira, A., Sousa, R. 2013. Biotic homogenization as a threat to native affiliate species: fish introductions dilute freshwater mussel's host resources. *Diversity and Distributions* 19.8. 933-942.

Douda, K., Vrtílek, M., Slavík, O., Reichard, M. 2012. The role of host specificity in explaining the invasion success of the freshwater mussel *Anodonta woodiana* in Europe. *Biological Invasions* 14.1. 127-137.

Fong, Q. S., Ellis, S., Haws, M. 2005. Economic feasibility of small-scale black-lipped pearl oyster (*Pinctada margaritifera*) pearl farming in the Central Pacific. *Aquaculture Economics & Management*. 9.3. 347-368.

- Gosling, E. 2003. Bivalve molluscs: biology, ecology and culture. Fishing News Books, a division of Blackwell Publishing. Great Britain. 456s. ISBN: 0-85238-234-0.
- He, J., Zhuang, Z. 2013. The Freshwater Bivalves of China. ConchBooks. Czech republic. 198s. ISBN 978-3-939767-54-1.
- Hinzmann, M., Lopes- Lima, M., Teixeira, A., Varandas, S., Sausa, R., Lopes, A., Froufe, E., Machado, J. 2013. Reproductive cycle and strategy of *Anodonta anatina* (L., 1758): Notes on hermaphroditism. *Journal Of Experimental Zoology Part A: Ecological Genetics and Physiology*. 319.7. 378-390.
- Hua, D., Ruobo, G. 2002. Freshwater pearl culture and production in China. *Aquaculture Asia* 7.1. 6-8.
- Chia, J., Cope, R., Gerhart, S., Menezes, P., Vassilou, M. 2005. Mikimoto and the Cultured Pearl Revolution. *Innovation Strategy and Entrepreneurship*. 2. 1-27.
- Khanna, D.R., Yadav, P.R. 2004. *Biology of Mollusca*. Discovery Publishing House. India. 336s. ISBN: 81-7141-898-8.
- Lal, B. 2007. *Pearl Culture*. Baranas Hindu University. Department of Zoology. Varanasi. 16.
- Ma, H., Su, A., Zhang, B., Li, R. K., Zhou, L., Wang, B. 2009. Vaterite or aragonite observed in the prismatic layer of freshwater-cultured pearls from South China. *Progress in Natural Science* 19.7. 817-820.
- Neves, R. J. 1999. Biological feasibility of freshwater mussel and pearl culture in Gulf Coast states. *Gulf of Mexico Science*. 17.2. 103-108.
- Pantzenhauerová, H., Spisar, O., Bryja, J. 2011. Perlorodka říční- mlž na rozcestí. *Živa*. 2. 80-81.
- Panha, S., Kosavitkul, P. 1997. Mantle transplantations in freshwater pearl mussels in Thailand. *Aquaculture International*. 5.3. 267-276.
- Pin-hong, Y. (eds.). 2010. Studies o Enviromental Economics of Freshwater Pearl Culture in Dongtinghu Area. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*. 28.142. 28, 142.
- Ponder, W. F., Lindberg, D. R. 2008. *Phylogeny and Evolution of the Mollusca*. University of California Press. London. 469s. ISBN: 978-0-520-25092-5.

- Purchon, R. D. 1977. The biology of the Mollusca Second edition. Elsevier. Great Britain. 587s. ISBN:0-08-021028-7.
- Rahayu, S.Y.S., Solihin, D.D., Manalu, W., Affandi R. 2013. Nucleus Pearl Coating Process of Freshwater Mussel *Anodonta woodiana* (Unionidae). HAYATI Journal of Biosciences 20.1.24.
- Soroka, M., Zdanowski, B. 2001. Morphological and genetic variability of the population of *Anodonta woodiana* (Lea, 1834) occurring in the heated Konin lakes system. Archives of Polish Fisheries. 9.2. 239-252.
- Southgate, P.C., Lucas, J.S. 2011. The pearl oyster. Elsevier. Hungary. 574 s. ISBN-13: 978-0-44-452976-3.
- Stanley, S. M. 1970. Relation of shell form to life habits of the Bivalvia (Mollusca). Geological Society of America. 125. 19.
- Šuhaj, J. 2008. Měkkýši (*Mollusca*) Osoblažska v 19. století v díle Eduarda Richtera. Časopis Slezského zemského muzea A- vědy přírodní. 57.281-286.
- Tucker, J., Theiling, C. 1998. Freshwater mussels. Ecological Status and Trends of the Upper Mississippi River System. 11. 1-14.
- Waller, T.R., Yochelson E.L. 1978. Morphology, Morphoclines and a New Classification of the Pteriomorpha (Mollusca: Bivalvia)[and Discussion]. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences. 284.1001. 345-365.
- Wilbur, K.M., Yonge, C.M. 1966. Psychology of mollusca (Vol.2.). Academic Press. United States Of America. 660s.
- Winds, Waves and Wonders: Is there Room for Pearls in a Changing World [online]. Pearlsinternational. 10. červen 2014 [cit. 2015-3-10]. Dostupné z <http://www.pearlsinternational.com/tag/saltwater-pearls/>.
- Xu, Q., Guo, L., Xie, J., Zhao, C. 2011. Relationship between quality of pearl cultured in the triangle mussel *Hyriopsis cumingii* of different ages and its immune mechanism. Aquaculture. 315.3. 196-200.