

NÁMĚTY NA POKUSY A POZOROVÁNÍ VODNÍCH ŽIVOČICHŮ VE ŠKOLNÍM AKVÁRIU XXII (CHOV PLOŠTĚNEK, TURBELLARIA)

OPEN ACCESS



Subject Matters Of Experiments And
Observations Of Water Animals In
School Aquarium XXII (Flatworms,
Turbellaria)

LUBOMÍR HANEL, lubomir.hanel@pedf.cuni.cz, Univerzita Karlova,
Pedagogická fakulta, Katedra biologie a environmentálních studií

Abstract

Turbellarians (flatworms) are mainly free-living and aquatic, but some are terrestrial and live in moist, humid environments. Freshwater flatworms are identified by their soft, elongate, bilaterally symmetrical and flattened bodies, distinctly formed anterior and posterior sections. The flatworms have specialized receptors for detecting light, chemicals, vibrations, and water currents, and various types of pressures. It can also sense temperature gradients, electrical currents, gravity, and even magnetic current.

The body is not segmented and ranges in length from <1–30 mm. Flatworms are covered with fine, hair-like cilia. They move by secreting a layer of mucous that covers the body to glide along on underwater surfaces. Some species use their cilia to swim, creating minute currents with the very small hairs on the bottom of their bodies. Most freshwater flatworms are free-living and can be found in ponds, lakes, streams, ditches, and temporary puddles. They live under rocks, plants, and debris to avoid direct sunlight. Freshwater flatworms are primarily predators and scavengers, feed predominantly on bacteria, protozoans, other small soft-bodied invertebrates, and other available animal matter. A lot of energy is used for the production of mucus to lubricate and protect the surface of the body and to help capture prey. A few species are herbivorous (eating only plant matter), feeding on microalgae. The mouth is located about midway down the underside of the body; this is the only opening to the digestive tract. During feeding, a muscular, tubelike pharynx extends out from the mouth and sucks food into the animal. Turbellarian are mostly hermaphroditic and reproduce sexually, but asexual reproduction by fission is also possible. The majority of sexual reproduction is through cross-fertilization (where both individuals fertilize each other). They can regenerate entirely from just a small body fragment. This ability has been considered to reside in pluripotent stem cells, which can give rise to all missing cell types. Some species of flatworms play an important role in watercourse ecosystems, they are sensitive to water quality and serve as indicators of reduced oxygen and other changes in their habitat. Some experiments and observations in school lab and aquaria (reaction to stimuli, negative phototaxy, positive rheotaxy, moving observation) are presented in this contribution).

Klíčová slova

ploštěnky, školní akvárium, chov, pozorování, pokusy

Keywords

flatworms, Turbellaria, school aquarium, observations, experiments

ÚVOD

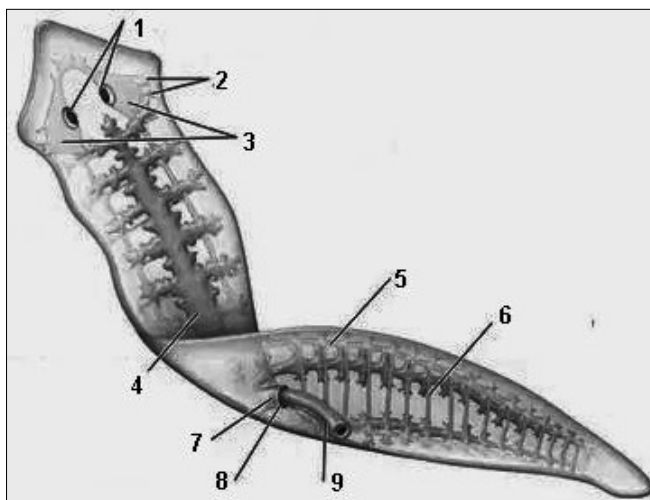
Základní charakteristika ploštěnek

Ploštěnky (Turbellaria) jsou podkmenem kmene ploštěnců (Platyhelminthes). Tento článek se především zabývá řádem lalokostřevných (Seriata) a podřádem trojvětvených (Tricladida), kam náleží tři čeledi (Dendrocoelidae, Dugesidae a Planariidae). Ploštěnky jsou živočichové bilaterálně souměrní s plochým nečláňkovaným tělem v podobě velmi tenkého lupínku o délce obvykle 1–2 cm. Celé tělo nebo jen jeho břišní část pokrývá jemný vířivý epitel tvořený brvami. Přední a zadní části těla jsou zřetelně odlišné a jinak formovány. Na předí těla se nachází hlavová část, která má někdy charakteristický tvar a slouží jako jeden ze znaků k determinaci jednotlivých druhů ploštěnek (obr. 5). Ploštěnky mají specializované receptory pro detekci světla, chemikálií, vibrací a různých typů tlaků. Mohou také vnímat teplotní gradienty, elektrické proudy, gravitaci i magnetismus (McConnell 1965, VanHuisen a kol. 2019, Hossak a kol. 2020). Na hlavě jsou umístěny jednoduché pohárkovité oči (v různém počtu, ale mohou i chybět) a další smyslové receptory. Oči umožňují vnímat ploštěnce intenzitu osvětlení a směr, odkud světlo přichází. Detekční orgány na hlavě jsou napojeny na nervovou soustavu, která je u bilaterálně souměrných živočichů centralizovaná. Nervovou soustavu tvoří pár hlavových ganglií, z kterých vycházejí podélné provazce, vzájemně spojené příčnými spojkami (Hůrka a Smrž 2003).

Naše druhy ploštěnek mívají bílé, šedé, hnědé a černé zbarvení. Některé druhy mají v parenchymatickém pletivu symbiotické zelené řasy zoochlorelly (ploštěnky rodu *Dalyellia* z řádu rovnostřevných ploštěnek Rhabdocoela), které při fotosyntéze vylučují kyslík, pohlcovaný okolní tkání ploštěnky, a ta naopak dodává řasám oxid uhličitý a slouče-

niny dusíku. V zastíněném prostředí ale zelená barva těmto ploštěnkám mizí. Nelze opomenout fakt, že na hřbetní straně těla jsou ploštěnky odlišně zbarveny než na straně břišní. Pokud jsou bělavé či průsvitné, tak tělem nápadně prosvítá trávicí soustava a hlavní části pohlavní soustavy (Oprailová a Kubíček 2005). Buňky pokožky ploštěnek vylučují hlen, který chrání tělo a umožňuje mu klouzat po podkladu a tím se i pohybovat za spolupráce případných brv a vyvinuté svaloviny. Pod pokožkou je umístěn podkožní svalový vak, jehož vnější vrstva se skládá z okružních a šikmých svalových buněk. Vnitřní vrstvu svalového vaku tvoří svalovina podélná (Lišková 2003). Ploštěnky mají v pokožce na povrchu těla tyčinkovité inkluze jemně vrstevnaté struktury (zvané rhabdity), produkované žláznatými buňkami pokožky (Horsák 2015). Rhabdity ve vodě bobtnají a slepují se v jakousi dobře patrnou síť (Lišková 2003). Ploštěnky dýchají celým povrchem těla a částečně i střední stěnou. Cévní soustava u ploštěnek není vytvořena. Ploštěnky jsou živočichové, jejichž trávicí soustava se podobá láčce, která se vyskytuje u žahavců (Cnidaria). Trávicí soustava začíná jediným přijímacím a zároveň vyvrhovacím otvorem, který se nachází na břišní straně těla, a to buď v blízkosti hlavové části, přibližně uprostřed, nebo v zadní části těla. Typickým vylučovacím ústrojím ploštěnek jsou protonefridie. Ploštěnky se mohou dožít 2–3 let. Detailní morfologický popis ploštěnek lze nalézt u Altmanna (1971–1972).

Ploštěnky jsou významnou modelovou skupinou v mnoha vědeckých disciplínách jako např. v ekotoxikologii a bioindikaci (Knakiewicz 2014), ve studiích regenerace, stárnutí a omlazení (Saló a Agata 2012, Sahu a kol. 2017), genetiky a imunologie (Kangale a kol. 2017, Tian a kol. 2020), ploštěnka *Dugesia japonica* se stala nedávno modelovým živočichem pro studium vývojové neurotoxikologie (Hagstrom a kol. 2015).



Obr. 1 Schéma ploštěnky s uvedením některých tělních orgánů: 1 – oči pohárkovitého typu, 2 – ouškovité výběžky, 3 – cerebrální ganglia, 4 – gastrovaskulární dutina, 5 – ventrální nervový provazec, 6 – příčná nervová spojka, 7 – hltanová pochva, 8 – ústa, 9 – vychlípitelný hltan (<https://quizlet.com/136161194/chapter-34-and-35-flash-cards/>, upraveno).

Pohyb

U drobných druhů ploštěnek se pohyb děje brvami vířivého epitelu na povrchu těla. U větších trojvětvených ploštěnek (Tricladida) je však obrvení vázáno jen na břišní stranu těla a na pohybu se spoluúčastní stahy kožního svalového vaku, které rychle probíhají na břišní straně těla odpředu dozadu. U některých druhů, např. ploštěnky mléčné (*Dendrocoelum lacteum*), je vyvinut přichytný orgán na spodní straně přední části těla, kterým se jedinec přichytí k podkladu a pak přitáhne zadní část těla. Jako podklad stačí mnohým druhům při pohybu i hladinová blanka.

Výskyt

Ploštěnky žijí většinou ve sladkých vodách, ale i v moři, ojediněle na souši a na rostlinách, jen vzácně jsou parazitické. Lellák a kol. (1972) uvádějí

jako příklad rovnostřevnou ploštěnku rodu *Phae-nocora* (řád Rhabdocoela), která parazituje v plovoucích obalech některých perlooček rodu *Daphnia*, kde se živí vyvíjejícími se embryi. U nás žije 17 druhů ploštěnek z podřádu Tricladida volně v tekoucích či stojatých vodách. Terestricky žijící ploštěnky se na našem území vyskytují v omezeném počtu tří druhů v rodech *Microplana* a *Rhynchodemus*, např. ploštěnka lesní (*Microplana terrestris*) (Horsák 2015), patřících mezi půdní trojvětvené ploštěnky (infrařád Terricola). Většina vodních druhů ploštěnek snáší jak stojaté, tak i tekoucí vody, některé druhy jsou však striktně vázány jen na vody tekoucí (např. ploštěnka potoční *Dugesia gonocephala*) nebo na prameny a pramenné stružky (např. ploštěnka horská *Crenobia alpina*, ploštěnka ušatá *Polycelis felina*) a ekotony mezi podzemními a povrchovými vodami (např. ploštěnka pramenná *Dendrocoelum bohemicum*, ploštěnka Mrázková *Dendrocoelum mrazeki*, ploštěnka bělostná *Phagocata*

albissima). Množství ploštěnek na určitou plochu biotopu nebývá vysoké (průměrně několik desítek jedinců na 1 m²) a jejich přítomnost je také omezena jen na část vodního stanoviště, např. u stojatých vod na mělký litorál, u tekoucích vod na plytké dno nebo jen na příbřežní zónu. Jejich potravní a biotopové požadavky jsou tak typické, že vytvářejí dobře odlišitelné taxocenózy v jednotlivých říčních úsecích. Byly proto jednou z prvních modelových skupin zonálního členění toků a bioindikátorů kvality vody. Ploštěnky jako přísně dnovní bentonti jsou citlivé na kvalitu a strukturu substrátu, na teplotu vody a obsah kyslíku ve vodě a také na celkovou trofickou skladbu společenstva (Kubíček a Opravilová 2005).

Potrava

Ploštěnky lze považovat především za predátory, kteří si vybírají zraněnou nebo oslabenou kořist. Nicméně jsou schopny ulovit i zdravou živou potravu. Jde především o bezobratlé chycené do slizových vláken, která ploštěnky hojně produkují. V jejich potravě nacházíme hlavně vodní měkkýše, koryšce, z nich zejména blešivce (*Gammarus*) a berušky (*Asellus*), larvy hmyzu a máloštětinatce. Potravu konzumují tak, že svalnatým vychlípitelným hltanem protrhnou tělní stěnu kořisti a vysají tělní tekutiny, některé druhy pohlcují menší organismy vcelku. K potravě se obvykle slézají ve skupině na základě olfaktorických podnětů. McConnell (1965) pozoroval v akváriu ploštěnku, která na spodní straně hladinové blanky dokázala uchvátit larvu komára, obtočit ji svým tělem a po poklesu s kořistí na dno ji pozřít. Některé druhy ploštěnek se živí i rostlinnou potravou, kterou získávají tak, že vrstvou slizu vzniklou nabobtnáním rhabditů přilnou k podkladu a veškerý nalepený materiál (detrit, řasy, prvoky) požírají. Některé druhy rodu maloústka (*Microstomum*) z řádu velkoústých ploštěnek (Macrostomida) se živí občas nezmary, přičemž lze pozorovat asi po 20 hodinách jednotlivé knidoblasty mezi jejich pokožkovými buňkami, kde plní obran-

nou funkci. Reynoldson a Sefton (2006) sledovali preferenci potravy u ploštěnky tmavé (*Planaria torva*). Ta dávala přednost plžům před beruškami, zatímco nitěnky a larvy pakomárů byly brány pouze sezónně a v malých počtech.

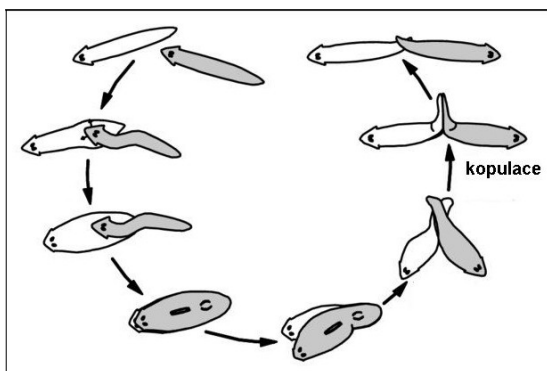
Při nedostatku potravy vydrží ploštěnky 6 i více měsíců bez potravy, ale nepohybují se (McConnell 1965, Lellák a kol. 1972). Reslová a Simon (2015) uskutečnili zajímavý experimentální chov ploštěnky horské (*Crenobia alpina*), kde prokázali, že tento druh je schopen rok přežít, a dokonce se i rozmnožit pouze ve filtrované prameništění vodě. To ale vypovídá nejspíše o nějakém dalším zdroji potravy, jakou může být např. biofilm (společenstvo mikroorganismů, vázané k určitému povrchu a obklopené polysacharidy, které buňky v biofilmu vylučují) nebo ve vodě rozpuštěné organické látky, k jejich určení by ale byly potřeba náročnější techniky. Hladověním došlo během 10 měsíců bez potravy ke zřetelnému zmenšení délky těla ploštěnek. Ploštěnky jsou schopné se během hladovění zmenšit dokonce na jen 1,1 % původní velikosti (Calow a kol. 1977).

Zajímavé jsou strategie vyhledávání kořisti u ploštěnek stojatých vod. Velké druhy ploštěnek aktivně vyhledávají živou kořist, zatímco jedinci malých druhů zůstávají na místě a číhají, kdy se v jejich blízkosti objeví nějaký drobný zraněný živočich (Calow et al. 1981). U některých druhů ploštěnek se projevuje i kanibalismus. Mezi druhovou predací ploštěnek popsal Hull (1947).

ROZMNOŽOVÁNÍ

Sladkovodní ploštěnky patří k hermafroditům (gonochoristická je např. severoamerická mořská ploštěnka *Kronborgia pugettensis* z řádu rovnostřevných ploštěnek (Rhabdocoela), která je endoparazitem garnátů rodu *Heptacarpus*). Ploštěnky mají vyvinutou

obojetnou pohlavní soustavu, kdy jedinec nese jak samčí, tak samičí rozmnožovací gonády a různé přídatné žlázy. Mohou se rozmnožovat jak pohlavně, tak i nepohlavně. Sladkovodní a půdní ploštěnky mají přímý vývoj, u mořských ploštěnek probíhá vývoj přes obrvenou plovoucí larvu. Při kopulaci dochází u ploštěnek k vzájemnému předání spermatozoidů svalnatým penisem, přičemž jsou oba jedinci k sobě přivráceni břišní stranou (obr. 2).

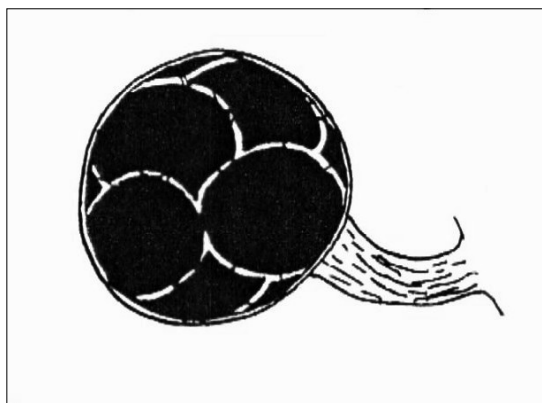


Obr. 2 Chování dvou jedinců ploštěnky kalužní (*Dugesia lugubris*) během rozmnožování (Anthes 2010, upraveno).

Yanagita (1964) při laboratorních pokusech s japonskou ploštěnkou *Polycelis sapporo* zjistil, že celý výše uvedený rituál spojený s rozmnožováním od prvního kontaktu dvou jedinců až po jejich oddělení trval v průměru 5,3 hodiny (minimum 2,1, maximum 9,5 hodin). Ke kopulacím docházelo častěji v zastíněném prostředí.

Oplozená vajíčka jsou ukládána u některých druhů do chitínózních kulovitých kokonů 3–4 mm velkých, přichycených často k substrátu stopkou (obr. 3). V jednom kokonu bývá 3–15 vajíček a několik stovek žlutkových buněk. Kromě pohlavního rozmnožování se mohou ploštěnky nepohlavně rozmnožovat fisiparií (dělením) typu paratomii nebo

pučením. Nepohlavní rozmnožování nebylo pozorováno u všech druhů ploštěnek, pouze u druhů z čeledi Dugesiidae a Planariidae (Beveridge, 1982). Noreña a kol. (2014) uvádějí, že některé druhy ploštěnek rodu *Dugesia* v teplotách nad 20 °C preferují nepohlavní způsob rozmnožování.



Obr. 3 Kokon ploštěnky (Buchar 1995).

EKOLOGIE

Druhy ploštěnek z rychleji proudících vod se pohybují vyšší rychlostí než druhy z vod stojatých nebo jen mírně tekoucích. Některé druhy jsou typičtí chladnomilní obyvatelé pramenů (krenofilové), např. zmíněná ploštěnka horská *Crenobia alpina*; jiné druhy (např. ploštěnka Mrázkova *Dendrocoelum mrazeki*) žijí v podzemních vodách a jsou slepé.

Ploštěnky obvykle nacházíme na dně na spodní straně kamenů, kde se často vyskytují ve shlucích. Pro agregaci upřednostňují tmavé nebo zastíněné pozadí před bílým (ploštěnky jsou negativně fototropické). Výskyt v úkrytu je i adaptací na tekoucí vody, kdy jsou ploštěnky chráněny před proudem vody, a tedy odpavením po proudu. Hranici rychlosti proudění vody např. pro ploštěnku potoční (*Dugesia gonoce-*

phala) je $0,93 \text{ m.s}^{-1}$ (Rulík 1998). Lombardo a kol. (2011) sledovali detailně aktivitu několika druhů ploštěnek: ploštěnka americká (*Dugesia tigrina*) vykazovala jasnou noční aktivitu, ploštěnka říční (*Dugesia polychroa*) byla převážně, ale ne výhradně, noční a ploštěnka nížinná (*Polycelis tenuis*) byla relativně aktivnější od půlnoci až do poledne. Existují i druhy ploštěnek specializované na vysychající vody. Suché období přežívají buď jejich kokony, nebo dojde před vyschnutím k nepohlavnímu rozmnožování dělením a jednotlivé fragmenty přečkají ve slizových pouzdrech.

Ploštěnky mohou svým výskytem ukazovat na kvalitu vody, jde tedy o vhodné bioindikátory. Pro xenosaprobitu, typickou pro nejčistší povrchové vody, prameny, pramenné stružky a pstruhové potoky, je typická ploštěnka horská *Crenobia alpina*. Pro oligosaprobitu, charakterizovanou velmi čistou vodou bez výrazného znečištění člověkem (pstruhové a lipanové pásmo) je typická ploštěnka potoučná *Dugesia gonocephala*. Ve vodách betamezosaprobniích (parmové a cejnové pásmo a rybníky) se vyskytuje ploštěnka mléčná *Dendrocoelum lacteum* v omezené míře, hojněji pak ploštěnka kalužní *Dugesia lugubris*, ploštěnka říční *Dugesia polychroa*, ploštěnka tmavá *Planaria torva*, ploštěnka černá *Polycelis nigra* a rovněž invazní ploštěnka americká *Dugesia tigrina*. Pro alfamezosaprobitu je typická znečištěná voda se zvýšeným obsahem organických látek, které se do ní dostaly následkem lidské činnosti. Nejhojnější ploštěnka těchto vod je ploštěnka mléčná *Dendrocoelum lacteum*, dále se zde vyskytují následující druhy, ovšem v omezeném počtu: ploštěnka kalužní *Dugesia lugubris*, ploštěnka říční *Dugesia polychroa*, ploštěnka americká *Dugesia tigrina*, ploštěnka nížinná *Planaria torva*, ploštěnka černá *Polycelis nigra* (Sládečková a Sládeček 1997). Ploštěnka *Polycelis tenuis* preferuje eutrofní stojaté vody.

Beeching a kol. (2015) zkoumali, jak dva sympatrické druhy ploštěnek (ploštěnka americká *Dugesia tigrina* a ploštěnka druhu *Girardia dorocephala*) reagují na chemické podněty. Oba druhy vykazovaly vyhýbavé chování, když byly vystaveny konspicifickým chemickým podnětům vzniklým z macerovaných jedinců téhož druhu. Ploštěnka druhu *G. dorocephala* se vyhýbala pachu z macerované ploštěnky americké, ale pouze ve vyšších koncentracích. Ploštěnka americká trvale nevykazovala vyhýbání se pachu z macerovaných ploštěnek druhého zkoumaného druhu a bylo pozorováno, že někteří její jedinci se přiblížili, a dokonce konzumovali tkáň z ploštěnky druhu *G. dorocephala*.

Ploštěnky jako kořist

Samotné ploštěnky mohou sloužit jako potrava jiným predátorům (což jsou např. pijavky, larvy a dospělci potápníků, larvy střechatek, larvy vážek, čolci, některé ryby), dokáží se však zřejmě někdy úspěšně ubránit výše zmíněnými rhabdity. Celkově je jejich predace překvapivě nízká vzhledem k tomu, jak snadnou kořistí na první pohled vypadají. Reslová a Simon (2015) provedli proto degustační pokus s ploštěnkou horskou (délka 1 cm) s následným pocitem neuvěřitelně intenzivní hořké chuti v ústech, následované pocitem umrtveného jazyka, který trval několik desítek minut. Tím byla potvrzena příčina relativně nízké predace ploštěnek.

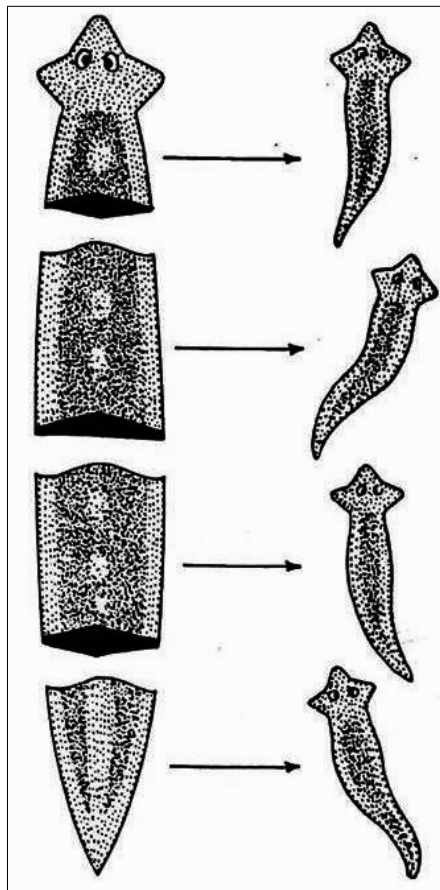
Regenerace ploštěnek

Ploštěnky se vyznačují velkou regenerační schopností a jsou klasickým objektem pro studium traumatické regenerace, při které živočich nahrazuje zničenou nebo amputovanou část těla (jsou schopny úplně regenerovat i z kousku svého těla odpovídající 1/300), viz obr. 4. První, kdo pozoroval kompletní regeneraci

těla z kousku hlavové části ploštěnky, byl německý zoolog a botanik Peter Simon Pallas (1741–1811), který svá zjištění publikoval v roce 1766 (Newmark a Alvarado 2001). Altmann (1971–1972) uvádí, že dekapitovaná (tzn. bez hlavové části) ploštěnka kalužní *Dugesia lugubris* se pohybuje velmi pomalu a prakticky vůbec nepřijímá potravu. Rána se přesto během několika hodin stáhla a vznikla jizva s bílým okrajem. Během 5–8 dnů po amputaci vznikají již na regeneračním blastému dvě malá oka, po několika dalších dnech se regenerovaná část zbarvuje hnědě pigmentem. Po třech týdnech již nelze rozeznat regenerát od zbytku těla. Mimořádná schopnost regenerace je umožněna totipotentními buňkami, které se mohou specializovat v jakoukoli jinou buňku, dále faktory umožňujícími spojení mezi řeznou plochou a totipotentními buňkami zabírajícími anarchii v regenerátu a faktory inhibitorickými. Regenerace orgánů a tkání probíhá v určitém pořadí, které je řízeno specifickými faktory. V regenerovaných částech je tak zachována původní předozadní orientace (Nedvídek 2003). Ermakov a kol. (2020) potvrdili, že různá intenzita světla a spektrální složení ovlivňují regeneraci ploštěnek. Stejně tak má vliv teplota vody, např. Hammoudi a kol. (2008) zjistili u jihoevropské sladkovodní ploštěnky *Dugesia mediterranea* nejvyšší rychlost regenerace při teplotě vody 26 °C (letální teplota u tohoto druhu je mezi 30–32 °C). Další podrobné údaje o regeneraci ploštěnek uvádí např. Altmann (1971–1972), Newmar a Alvarado (2001) či Ge a kol. (2022).

Poznámky k některým druhům

Je zajímavé, že některé druhy ploštěnek byly popsány pro vědu z našeho území – příkladem jsou slepé druhy ploštěnka pramenná (nazývaná někdy česká) *Dendrocoelum bohemicum* popsána Komárkem a Kunstem v roce 1956 či ploštěnka karpatská (*Dendrocoelum carpathicum*) popsána Komárkem v roce 1926, ploštěnka slepá (*Dendrocoelum coecum*) popsána Komárkem



Obr. 4 Ukázka schopnosti regenerace u ploštěnky (www.notesonzoology.com/animals/reproduction/special-modes-of-reproduction-in-animals-zoology/5617).

v roce 1926 (jde o jeskynní druh popsáný z pražských studní a zaznamenaný na několika místech ve středních Čechách, zřejmě český endemit). Ploštěnka Mrázekova (*Dendrocoelum mrazeki*) byla popsána Vejdovským již v roce 1895.

U ploštěnky americké (*Dugesia tigrina*) je šedá hřbetní část těla s výraznými hnědými, žlutými a černými skvrnami. Tento invazní severoamerický druh se do evropských vod rozšířil z akvárií již ve 30. letech 20. století. Lze ho zaznamenat jak ve stojaté, tak tekoucí vodě, toleruje široké rozmezí teplot, pH i koncentrace solí (Sevruková 2010). Naopak evropská ploštěnka říční (*Dugesia polychroa*) se stala invazní po introdukci do Severní Ameriky (Schockaert a kol. 2008).

Ploštěnka horská (*Crenobia alpina*) je chladnomilný druh vyhledávající zejména horní části toků a prameniště. Možná obývá i hyporeál (zvodnělé prostředí pod dnem vodního toku) a podzemní vody. Uvádí se jako příklad glaciálního reliktu. Ploštěnka útlá (*Fonticola vitta*) je primárním obyvatel hyporeálu a dá se nalézt v prameništi i ve vysychajících tůňkách, kde přežívá díky schopnosti encystace do kokonů. Mezi ohrožené druhy (EN) jsou řazeny Kubíčkem a Opravilovou (2005) ploštěnka horská (*Crenobia alpina*), ploštěnka pramenná (*Dendrocoelum bohemicum*), ploštěnka Mrázková (*Dendrocoelum mrazekii*), ploštěnka bělostná (*Phagocata albissima*) a ploštěnka útlá (*Fonticola vitta*), mezi zranitelné druhy (VU) pak ploštěnka mnohooká (*Dendrocoelum album*), ploštěnka potoční (*Dugesia gonocephala*) a ploštěnka ušatá (*Polycelis felina*).

Sběr ploštěnek

Ploštěnky sbíráme v menších neznečištěných vodách, potocích a tůňkách. Obracíme kameny ležící ve vodě nebo pozorně prohledáváme kusy dřeva, listů spadlé do vody a spodní stranu vodních rostlin. Ploštěnky po vytažení z vody zkrátí slizovité tělo a přestanou se pohybovat. Sbíráme je štětcem z podkladu a umísťujeme opatrně do nádoby s vodou z naleziště. Můžeme také propírat hrubý sediment v cedníku nebo nabrat detrit ze dna a vysypat na bílou misku s trochou vody a počkat, až se ploštěnky

prozradí samy lezením. Pro delší uchování živých ploštěnek je vhodné vzorek držet při nízké teplotě v původní vodě.

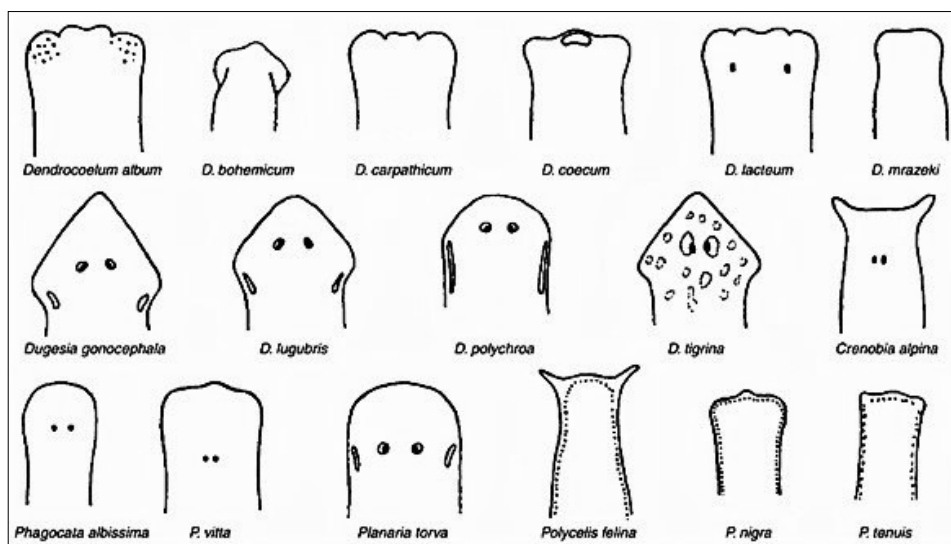
Ploštěnky můžeme pozorovat někdy v přírodě v průhledných habitatech (čistá voda a nízký vodní sloupec) i pouhým okem přes hladinu. Při prvním pohledu bývají skryté v organickém detritu, stačí však vodu trochu rozvlnit rukou a ploštěnky začnou pátrat, který živočich se takto zmítá v blízkosti smrti a dal by se možná vysát vychlípitelným hltanem (Reslová a Simon 2015).

Chov ploštěnek

K chovu stačí malé akvárium s vodními rostlinami s čistou nechlórovanou vodou (nejlépe z naleziště), na dno vložíme několik plochých kamenů. Voda by měla být čistá, bez nadměrného množství řas a bakteriálního zákalu. Vzduchujeme či filtrujeme, neboť ploštěnky jsou náročné na obsah kyslíku ve vodě (zejména potoční druhy). Nádrž nevystavujeme slunečnímu záření. Krmíme malými kousky syrového masa, kousky žílal, uhynulými perloočkami či nitěnkami, pokud se krmí kuřecími či hovězími játry, je třeba vyměňovat vodu vždy ihned po krmení (Noreňa a kol. 2014). Lombardo a kol. (2011) použili ke krmení i pelety pro akvarijní ryby (cichlidy). Doporučená teplota vody na chov je 10–25 °C v závislosti na teplotě vody v nalezišti a citlivosti druhu. Kostelecký a Novák (1998) popisují chov severoamerické ploštěnky *Dugesia dorotocephala*, dorůstající do délky 3 cm. Nádrž stačí o objemu 0,5–1 litru s větší plochou hladiny, v tomto prostředí lze chovat 5–10 ploštěnek. Pokud se krmí 2x týdně, stačí výměna 50–80 % vody jednou za 14 dní. Tento druh lze využít k testům kvality vody (viz též Vilar a kol. 1993), a to i pro účely sledování nezávadnosti vody v akvarijních chovech. Na přítomnost škodlivin ve vodě reagovaly zpravidla za 5–60 minut, a to zprvu

svinutím do šroubovice. Pak následovalo křečovitě vlnění a zkroucení do spirály. V této fázi ploštěnky opouštějí podklad (dno, stěny akvária, hladina) a leží na boku. Dalším projevem je vyvržení láčky. Rozpad celé ploštěnky jasně signalizuje přítomnost některé ze škodlivých (jedovatých) látek ve vodě. Na přítomnost velmi nízkých koncentrací znečištění reagují tyto

ploštěnky do jednoho měsíce ztrátou rozmnožovací schopnosti. Hůrka a Smrž (2003) uvádějí, že k druhům, které citlivě reagují na kvalitu vody a obsah kyslíku, patří ploštěnka potoční *Dugesia gonocephala* a ploštěnka horská *Crenobia alpina*.



Obr. 5 Hlavové konce našich vodních trojvětvevných ploštěnek (Tricladida): ploštěnka mnohoooká (*Dendrocoelum album*), ploštěnka česká (*Dendrocoelum bohemicum*), ploštěnka karpatská (*Dendrocoelum carpathicum*), ploštěnka slepá (*Dendrocoelum coecum*), ploštěnka mléčná (*Dendrocoelum lacteum*), ploštěnka Mrázkova (*Dendrocoelum mrazeki*), ploštěnka potoční (*Dugesia gonocephala*), ploštěnka kalužní (*Dugesia lugubris*), ploštěnka říční (*Dugesia polychroa*), ploštěnka americká (*Dugesia tigrina*), ploštěnka horská (*Crenobia alpina*), ploštěnka bělostná (*Fonticola albissima*), ploštěnka útlá (*Fonticola vitta*), ploštěnka tmavá (*Planaria torva*), ploštěnka ušatá (*Polycelis felina*, syn. *Polycelis cornuta*), ploštěnka černá (*Polycelis nigra*), ploštěnka nížinná (*Polycelis tenuis*), Reslová a Simon (2015).

Určovací klíč na naše vodní ploštěnky mohou zájemci najít v publikacích Hraběte (1954), Altmanna (1971–1972) či Bucharu a kol. (1995), poznávací znaky jednotlivých druhů uvádějí také Reslová a Simon (2015).

Náměty na pokusy a pozorování

Provádíme-li pozorování ploštěnek, je potřebné vždy správné určení do druhu, protože jejich ekologické nároky a životní projevy mohou být různé.

Pozorování pohybu. V ploché misce s vodou pozorujte stereomikroskopem plynule klouzavý pohyb ploštěnky (např. ploštěnky mléčné) a pohyb řasinek. Na ploštěnce můžeme pozorovat hlavovou část a oči pohárkového typu (pokud se nejedná o druhy postrádající oči), které umožňují směrové vidění, umožňují rozlišit rozdíly světla a pohyb, neumožňují však obrysové (obrazové) vidění. Při pozorování shora můžeme u nepříliš pigmentovaných druhů rozeznat ve středu těla mocný svalnatý hltan (farynx), který vzadu začíná ústním otvorem a směrem k hlavě přechází ve střevo.

- **Otáčecí reflex.** Ploštěnku v ploché misce s vodou opatrně převraťte malým štětečkem či kouskem papíru na hřbetní stranu a pozorujte otáčecí reflex. Ploštěnky ležící na hřbetě se dotkněte podložním sklíčkem nebo skleněnou tyčinkou a pozorujte chování ploštěnky. Otáčecí reflex je vyvolán tím, že se břišní strana ploštěnky nedotýká podložky. Dotkneme-li se břišní strany ploštěnky, která leží na hřbetě, otáčecí reflex ustane. Otáčení těla začíná v hlavové části. Jakmile se hlavová část dotkne břišní stranou podkladu, leze ploštěnka vpřed a otáčení probíhá spirálně celým tělem.

Reakce na mechanické podráždění. Ploštěnku ležoucí v ploché misce s vodou podrážděte na hlavové části preparační jehlou a pozorujte reakci na podráždění a změnu pohybu. Obdobné podráždění proveďte ve střední části těla. Ploštěnka odpovídá na mechanické podráždění hlavové části odvrácením hlavové části od podnětu (negativní reakce), někdy

stáhne hlavovou část pod břišní stranu těla a pak teprve volí nový směr pohybu. Při podráždění střední části těla se u ploštěnky dostaví nejprve lokální stah dotčeného místa, pak ploštěnka přechází od pomalého klouzavého pohybu k rychlejšímu pohybu bez změny směru.

- **Vystřelování rhabditů.** Dejte ploštěnku do kapky vody na podložním sklíčku s výbrusem a do kapky přikápněte nepatrné množství 40% alkoholu. Pozorujte chování ploštěnky. Ploštěnka vystřeluje proti chemickému podráždění rhabdity, které vytvoří kolem jejího těla ochranný obal (rosolovitou hmotu). Přeneseme-li ploštěnku do čisté vody, rychle se zotaví a normálně se pohybuje.
- **Činnost chemoreceptorů.** Do nádobky s vodou, kde se nechaly ploštěnky několik dní hladovět, vložte dva malé stejné plátěné pytlíčky, jeden s kousky mletého masa, druhý s křemenným pískem. Pozorujte chování ploštěnek. Chemoreceptory umístěné na přední části těla umožňují ploštěnkám vyhledat ve vodě potravu. Látky vyluhované ve vodě z masa dráždí chemoreceptory, a tak se ploštěnky reflektory pohybuji směrem k potravě.
- **Potravní chování.** Do Petriho misky, kde se nechaly ploštěnky několik dní bez potravy, vložte kousek rozmělněného masa či nitěnky a sledujte stereolupou potravní chování. Ploštěnky se pomocí vysunovatelného hltanu snaží uchopit a pohltnout malé částčky potravy (pohyb a příjem potravy ploštěnkou viz též videosekvence na [https:// www.youtube.com/watch?v=Xo-d7LLHBHb4](https://www.youtube.com/watch?v=Xo-d7LLHBHb4)).
- **Potravní preference.** Do Petriho misky, kde se nechaly ploštěnky několik dní bez potravy, vložte rozmanitou kořist, např. malého plže, larvu je-

pice, berušku vodní, blešivce, nitěnku, a sledujte chování ploštěnky.

- **Negativní fototaxe.** Do skleněné Petriho misky vložte několik ploštěnek, které byly několik hodin ve tmě. Polovinu misky zakryjte černým papírem, takže přímé světlo dopadá do misky jen z jedné strany. Pozorujte reakci ploštěnek. Ploštěnky jsou negativně fototaktické, takže zalézají nejkratší cestou do tmy. Na světlo reagují i slepé druhy ploštěnek, které vnímají světlo světločivnými buňkami rozptýlenými v pokožce.

Pozitivní reotaxe. Ploštěnku vložte na mokré dřevěné prkénko. Když začne lézt, postavte prkénko kolmo vzhůru a nechte shora na ploštěnku dopadat slabší proud vody. Ploštěnky žijící v rychle tekoucích vodách (např. ploštěnka potoční) jeví výraznou pozitivní reotaxi, takže lezou proti směru proudu vody.

Další náměty na pokusy s ploštěnkami lze nalézt např. v publikacích McConnella (1965), Altmanna (1971–1972), Science Buddies Staff (2020), Mergla (s.a.).

Použitá literatura

- Altmann A. 1971–1972: Trojvětvné ploštěnky (Tricladida) jako vhodný objekt pro školní pozorování. Přírodní vědy ve škole, 3: 79–84.
- Anthes N. 2010: Mate choice and reproductive conflict in simultaneous hermaphrodites, Chapter 12, 329–357. In: Kappeler P.: Animal Behaviour: Evolution and Mechanisms Springer. DOI: 10.1007/978-3-642-02624-9_12
- Beeching S. C., Caroff J. T., Case S. L., Duda S. H., Henry B. E., Pristov K. E. 2015: Avoidance behavior in two sympatric planaria species: effects of conspecific and heterospecific chemical alarm cues. Marine and Freshwater Behaviour and Physiology, 48, 6: 445–453. <https://doi.org/10.1080/10236244.2015.1090206>
- Beveridge M. 1982: Taxonomy, environment and reproduction in freshwater triclads (Turbellaria; Tricladida). International Journal of Invertebrate Reproduction, 5: 107–113.
- Buchar J. 1995: Stručný přehled soustavy bezobratlých (obrazová část). Učební texty vysokých škol, Karlova univerzita Praha, Fakulta přírodovědecká. Nakl. PERES, 192 str.
- Buchar J., Ducháč V., Hůrka K., Lellák J. 1995: Klíč k určování bezobratlých. Praha: Scientia, 285 str.
- Calow P., Davidson A. F., Woollhead A. S. 1981: Lifecycle and feeding strategies of freshwater triclads: a synthesis. Journal of Zoology, 193: 215–237.
- Ermakov A. M., Ermakova O. N., Popov A. L., Manokhin A. A., Ivanov V. K. 2020: Opposite effects of low intensity light of different wavelengths on the planarian regeneration rate. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology, Volume 202: 111714.
- Ge X.-Y., Han X., Zhao Y.-L., Cui G.-S., Yang Y.-G. 2022: An insight into planarian regeneration. Cell Proliferation, 55, 9: e13276. DOI: 10.1111/cpr.13276.
- Hammoudi N., Torre C., Ghigo E., Drancourt M. 2018: Temperature affects the biology of *Schmidtea mediterranea*. Scientific Reports, 8: 14934. DOI: 10.1038/s41598-018-33355-5
- Hanel L., Lišková E. 2003: Stručný obrazový klíč k určování hlavních skupin vodních bezobratlých, Praha: Univerzita Karlova.
- Hartry A. L., Keith-Lee P., Morton W. D. 1964: Planaria: Memory transfer through cannibalism reexamined. Science, 146 (Whole No. 3641): 274–275. <https://doi.org/10.1126/science.146.3641.274>
- Horsák M. 2015: Suchozemské ploštěnky naší fauny. Živa, 6: 298–299.

- Hossack V., Persinger M., Dotta B. 2020: Sensitivity of planaria to weak, patterned electric current and the subsequent correlative interactions with fluctuations in the intensity of the magnetic field of earth. J (Multidisciplinary Scientific Journal), 2020, 3, 1: 79–89. <https://doi.org/10.3390/j3010008>
- Hrabě S. 1954: Ploštěnky (Turbellaria). In: Hrabě S. (Ed.): Klíč zvířeny ČSR I. Praha: Nakladatelství Československé akademie věd. str. 132–141.
- Hull F. M. 1947: Observations on Cannibalism in Planarians. Transactions of the American Microscopical Society, 66, 1: 96–98.
- Hůrka K., Smrž J. 2003: Systém živočichů. In: Rosypal S. (Ed.): Nový přehled biologie. Praha: Scientia. str. 472–529.
- James V. 1996: Cannibalism and memory in flatworms. New Scientist, 21: 465–468.
- Knakievicz T. 1964: Planarians as invertebrate bioindicators in freshwater environmental quality: the biomarkers approach. Ecotoxicology and Environmental Contamination, 8, 1: 1.12.
- Kostelecký J., Novák J. 1997–1998: Ploštěnky *Dugesia dorotocephala* jako indikátory kvality vody. Akvárium terárium, 40, 11: 15–16, 41, 1: 20–23.
- Kubiček J., Opravilová V. 2005: Tricladida (trojvětvní). In: Farkač J., Král D., Škorpík M (Eds.): Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. str. 45–48.
- Lišková E. 1993: Ploštěnci (Plathelminthes). In: Buchar J. (Ed.): Práce ze zoologie. Praha: Univerzita Karlova. str. 36–40.
- Lombardo P., Giustini M., Miccoli F. P., Cicolani B. 2011: Fine-scale differences in diel activity among nocturnal freshwater planarians (Platyhelminthes: Tricladida). Journal of Circadian Rhythms, 9, 2: 1–10.
DOI: 10.1186/1740-3391-9-2
- McConell J. V. 1965: A manual of psychological experimentation on planarians. The Worm Runner's Digest. 118 pp.
- Mergl M. (s.a.). K čemu je dobrá šilhavost? Západočeská univerzita v Plzni, Bav se vědou, 3 str.
- Mlíkovský J., Stýblo P. a kol. 2006: Nepůvodní druhy fauny a flóry České republiky. Praha: ČSOP.
- Nedvídek J. 2003: Rozmnožování a ontogeneze živočichů. In: Rosypal S. (Ed.): Nový přehled biologie. Praha: Scientia. str. 438–459.
- Newmark P. A., Alvarado A. S. 2001: Regeneration in Planaria, Encyclopedea of Life Sciences. Nature Publishing Group, 7 pp.
- Noreña C., Damborenea C., Brusa F. 2014: Chapter 10, Phylum Platyhelminthes, 181–203. In: Rogers D. Ch., Thorp J. H.: Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates: Ecology and General Biology, Fourth Edition, 1148 pp.
- Novotný I. 2003: Fyziologie živočichů. In: Rosypal S. (Ed.): Nový přehled biologie. Praha: Scientia. str. 417–438.
- Opravilová V. 2005: K výskytu dvou druhů bezobratlých zavlečených do ČR: *Dugesia tigrina* (Tricladida) a *Pectinatella magnificata* (Bryozoa). Sborník Přírodovědeckého klubu v Brně, 39–50.
- Opravilová V. 2006: Plathelminthes – ploštěnci, Ploštěnka americká (*Dugesia tigrina*). In: Mlíkovský J. (Ed.): Nepůvodní druhy fauny a flóry České republiky. Praha: ČSOP. str. 202.
- Reslová M., Simon O. 2015: Ploštěnky – opomíjení obyvatelé našich vod. Živa, 5: 254–256.
- Reynoldson T. B., Sefton A. D. 2006: The food of *Planaria torva* (Müller) (Turbellaria-Tricladida), a laboratory and field study. Freshwater Biology, 6, 4: 383–393. DOI: 10.1111/j.1365-2427.1976.tb01623.x
- Rulík M. 1998: Zoobentos. In: Pouličková A. a kol.: Ochrana horských a podhorských toků, 71–79. Úvod do studia jejich biocenóz. Metodika Českého svazu ochránců přírody č. 18. Vlašim.
- Science Buddies Staff 2020: Do magnets affect regeneration in Planaria? Dostupné na https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project-ideas/Zoo_p018/zoology/does-magnetism-affect-planaria-regeneration
- Sevruková N. 2010: Výskyt a ekologie ploštěnky americké (*Dugesia tigrina*) ve Vltavě a vybraných pražských potocích

- a její interakce s původními druhy ploštěnek. Univerzita Karlova v Praze, Pedagogická fakulta, Katedra biologie a environmentálních studií. Diplomová práce, 82 str.
- Shinn G. L., Christensen A. M. 1985: *Kronbrogia pugettensis* sp. nov. (Neorhabdocoela: Fecampiidae), an endoparasitic turbellarian infesting the shrimp *Heptacarpus kincaidi* (Rathbun), with notes on its life-history. *Parasitology*, 91, 3: 431–447. DOI: 10.1017/S0031182000062685
- Schockaert E. R., Hooge M., Artois T. et al. 2008: Global diversity of free living flatworms (Platyhelminthes, “Turbellaria”) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595, 1: 41–48. DOI: 10.1007/978-1-4020-8259-7_5
- Sládeček V., Sládečková A. 1997: Atlas vodních organismů se zřetelem na vodárenství, povrchové vody a čistírny odpadních vod, 2. díl: Konzumenti. Praha: Česká vědeckotechnická vodohospodářská společnost.
- Van Huizen A. V., Morton J. M., Kinsey L. J., Von Kannon D. G., Saad M. A., Birkho I. T. R., Czajka J. M., Cyrus J., Barnes F. S., Beane W. S. 2019: Weak magnetic fields alter stem cell-mediated growth. *Sciences Advance*, 30; 5, 1: eaau7201. DOI: 10.1126/sciadv.aau7201
- Vejdovský F. 1895: Nové zprávy o Turbellariích. Praha: Královská česká společnost nauk. 47 str.
- Villar D., Li M. H., Schaeffer D. J. 1993: Toxicity of organophosphorus pesticides to *Dugesia dorotocephala*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 51, 80–87. <https://doi.org/10.1007/BF00201004>
- Yanagita Y. 1964: Observations on the Copulation of a Freshwater Planarian, *Polycelis sapporo*. *Journal of the Faculty of Science, Hokkaido University*. Series 6, Zoology, 15, 449–457.