

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA PEDAGOGICKÁ
CENTRUM BIOLOGIE, GEOLOGIE A ENVIGOGIKY

**FENOTYPOVÁ PLASTICITA *DESMODESMUS COMMUNIS*
VYVOLANÁ VLIVEM TURBULENCÍ A PŘÍTOMNOSTÍ
PREDÁTORŮ V PROSTŘEDÍ
DIPLOMOVÁ PRÁCE**

Bc. Lenka Dobrá

Učitelství pro 2. stupeň ZŠ, obor Vzk - Bi

Vedoucí práce: Mgr. Veronika Kaufnerová

Plzeň 2013

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a zdrojů informací.

Plzeň, 26. června 2013

.....
vlastnoruční podpis

Poděkování

Poděkovat bych chtěla všem lidem, kteří mi pomohly uskutečnit tuto diplomovou práci.

Především chci poděkovat paní Mgr. Kaufnerové za ochotu, cenné rady, poskytnutí odborné literatury a vynaložený čas při vedení této práce.

Chtěla bych také poděkovat panu RNDr. Vlachovi, Ph.D. za odbornou pomoc se statistickými metodami, které této práci velice prospěli v oblasti výsledků.

Také chci poděkovat rodině a mému příteli, kteří mi poskytovali zázemí a finanční a psychickou podporu.

Obsah

1 Úvod.....	7
2 Teoretická část	8
2.1 Fenotypová plasticita	8
2.1.1 Základní charakteristika rodů <i>Desmodesmus</i> a <i>Scenedesmus</i>	10
2.2 Faktory ovlivňující fenotypovou plasticitu řas	11
2.2.1 Teplota	11
2.2.2 Průhlednost vodního sloupce	12
2.2.3 Vliv Ph	12
2.2.4 Turbulence	13
2.2.5 Zooplankton	14
2.3 Fenotypová plasticita u dalších organismů	16
3 Praktická část	18
3.1 Hypotézy k praktické části.....	18
3.1.1 Vliv kairomonů	18
3.1.2 Vliv turbulencí	19
3.2 Metodika	20
3.2.1 Kultivace zelených řas	20
3.2.4 Příprava kairomonového filtrátu z rodu <i>Daphnia magna</i>	21
3.2.5 Metodika vytvoření turbulentního prostředí v laboratorních podmínkách....	22
3.2.6 Sledování změn fenotypu a metodika měření buněk	22
3.2.7 Statistické metody	23
4 Výsledky	25
4.1 Parametry kontrolního vzorku	25
4.2. Vliv kairomonů na <i>Desmodesmus communis</i>	26
4.2.1 Fenotypová plasticita	26
4.2.2 Morfologické parametry <i>Desmodesmus communis</i>	30
4.2.3 Rozdíly v morfometrických znacích u 2-, 4- a 8-buněčných cenobií pod vlivem kairomonů	37
4.3 Vliv turbulencí na <i>Desmodesmus communis</i>	40
4.3.1 Fenotypová plasticita	40

4.3.2 Morfologické parametry <i>Desmodesmus communis</i>	45
4.3.3 Rozdíly v morfometrických znacích u 2-, 4- a 8-buněčných cenobií pod vlivem turbulencí	52
5 Diskuze	56
5.1 Kontrolní vzorek	56
5.2 Shrnutí výsledků statistických metod	57
5.2.1 Kairomony	57
5.2.2 Turbulence	60
5.3 Srovnání fenotypů s publikacemi.....	62
6 Závěr	64
7 Resumé.....	65
8 Literatura.....	66
9 Seznam příloh	71

1 Úvod

Fytoplankton nebo-li fotoautotrofní planktonní mikroorganismy jsou společenstva tvarově velmi rozmanitá. Poprvé to bylo zpozorováno již v 17. století při složení prvního světelného mikroskopu Robertem Hookem (SLÍPKA, 2011). Možná právě tato tvarová diverzita jim dává možnost žít již několik milionů let stále ve velmi hojném počtu a neustále vyhrávat nad predátory i lidskou moudrostí. Vědci se zabývají otázkou, proč je tato druhová rozmanitost tak pestrá. Jednou verzí je, že řasy jsou velmi přizpůsobivé k okolním podmínkám prostřednictvím tzv. fenotypové plasticity (PIGLIUCCI, 2005).

Studium fenotypové plasticity v posledních několika desetiletích pokročilo, protože se považuje za významnou otázku v oblasti evoluce a systematiky organismů. Práce zabývající se touto problematikou sledují nejenom morfologii, ale i genetické informace studovaných organismů. I přes mnoho nových poznatků však zůstává ještě mnoho nezodpovězených otázek. Fenotypová plasticita či variabilita je dnes uznávána jako důležitý pojem v moderním evolučním myšlení (PIGLIUCCI, 2005).

Řasy mění na základě vnějších podnětů svůj tvar (LAMPERT et WILTSHIRE, 1999; LÜRLING et ELERT, 2001; HODAČ, 2005; WEST-EBERHARD, 2005; PIGLIUCCI et al., 2006; KUNC, 2008; POLÁČKOVÁ, 2010). Proto se může zdát, že se jedná o odlišné druhy či variety druhů, avšak to nemusí být vždy pravda. Například *Pediastrum duplex* a zástupci rodu *Scenedesmus* mění svůj tvar na základě biotických a abiotických podmínek. Dochází pouze k morfologické variabilitě, která umožňuje pravděpodobně snadnější přežití druhu. Tyto plastické změny je vhodné neustále zkoumat, protože některé popsané druhy jsou pravděpodobně jen projevy fenotypové plasticity jednoho druhu (TRAINOR et ROWLAND, 1968).

Tímto výzkumem bych chtěla přispět k rozšíření poznatků o fenotypové plasticitě zelených řas. V předkládané diplomové práci byl sledován kmen zelené řasy *Desmodesmus communis* HEGEWALD a vliv vybraných faktorů (vliv predátorů a turbulentního prostředí na tvarovou rozmanitost tohoto druhu, růst buněk a cenobií, ostnů, trnů, výběžků,...).

2 Teoretická část

2.1 Fenotypová plasticita

Fenotypová plasticita je schopnost organismů adaptovat se odlišným podmínkám různým fenotypovým projevem v délce života jednotlivce či napříč generacemi. Je to schopnost jednotlivých genotypů produkovat různé fenotypy při vystavení odlišným podmínkám (PIGLIUCCI, 2005). Lze je také definovat jako rozdíly v růstu či vývoji organismu vyvolané podmínkami životního prostředí. Umožňují jim překonat životní strategii ostatních organismů. Fenotypová plasticita se může projevovat v chování, v biochemii, ve fyziologii, ekologii nebo ve vývojové úrovni. Není izolovaným jevem omezeným jen na určitý taxon, ale je to rozšířený proces u všech organismů včetně řas (MORALES et al., 2002). Fenotypovou plasticitou se zabývali i další autoři jako jsou např. MINER et al.(2005); WEST-EBERHARD (2005); PIGLIUCCI et al. (2006); KUNC (2008); POLÁČKOVÁ (2010).

Plasticita se vyjadřuje schopností změnit fenotyp, který se projevuje určitými znaky. Takový znak je reakcí na změnu v intracelulárním či extracelulárním prostředí nebo v obojím (SCHLICHTING, 1989). Fenotypová plasticita umožňuje organismům přizpůsobení se novým podmínkám a usnadňuje osídlení nového prostředí (PIGLIUCCI, 2005).

Většina studií se zabývá projevem morfologie a ontogeneze populací. Avšak fenotypová plasticita má vliv i na ekologické podmínky např. demografie, konkurence, predace, soužití, koloběh uhlíku a živin. Plasticita mění interakce mezi jednotlivcem a jejich prostředím způsobem, který má vliv na stabilitu a místní biodiverzitu populace či další společenstva. Může ovlivnit celou řadu ekologických procesů jako je populační dynamika, aspekty společenství a fungování ekosystému (MINER et al., 2005).

Hlavní příčinnou fenotypové plasticity v přírodě bývají biotické a abiotické podmínky, které vyvolávají stres u organismů. Změna fenotypu však může být vyvolaná i přesunem do jiné geografické oblasti. Z nejdůležitějších abiotických faktorů to bývá teplota okolního prostředí, přítomnost/nepřítomnost chemické látky, obsah kyslíku a oxidu uhličitého, vlhkost, světlo, a konduktivita (PIGLIUCCI et al., 2006). Závislost tvaru buněk byla prokázána také na průhlednosti vodního sloupce a na přítomnosti fyto- a

zooplanktonu. Morfologickou plasticitu může ovlivňovat i dostupnost organických látek jako jsou dusík, fosfor a také kyslík (RHEE, 1977). Uvažuje se také o tom, že morfologii řas ovlivňují i turbulence (proudění vody, ZIRBEL et al., 2000).

Fenotypová plasticita se v přírodě vyskytuje zcela běžně. Vytváří mnoho variet druhů rostlin i zvířat, tzv. vnitrodruhové alternativní fenotypy, které byly popsány vědci jako odlišné druhy a mnoho takto pospaných druhů se dnes již nemusí vyskytovat, protože organismy mohou pokaždé vytvořit jiný typ fenotypové plasticity, který se již nemusí opakovat. Proto se v determinačních klíčích a systematice objevuje mnoho podobností, které je potřeba znovu prozkoumat druh po druhu a vyzkoušet jejich genetickou podobnost a fenotypovou variabilitu (WEST-EBERHARD, 2005).

Morfologická variabilita byla zjištěna u většiny známých rodů fytoplanktonu, např. Chrysophyceae (pozn. včetně Synurophyceae) (SANDGREN, 1988) a zelených řas *Desmodesmus*, *Scenedesmus* (LÜRLING, 2009; viz. kap. 2.1.1).

Zlativky a synury (*Dinobryon*, *Mallomonas*, *Synura*, ...) reagují na kombinaci biotických a abiotických podmínek různými životními strategiemi a kvůli tomu si utváří různé formy. Tato skupina reaguje širokou rozmanitostí velikostí, tvarem a ornamenty na povrchu buněk. Pro velmi značnou diverzitu těchto znaků, je obtížnější určovat tyto rodu do druhů (SANDGREN, 1988).

Organismy mají dvě různé alternativy, jak odpovídat na nové prostředí. Důležité je, jak adaptace, tak i fenotypová plasticita. Organismy musí mít vysokou fyziologii, plasticitu, neboť prochází evolucí. Tyto alternativy se mohou navzájem doplňovat. Genetická variabilita populací umožňuje na nové prostředí rychlou adaptaci. Pigliucci tvrdí, že fenotypová plasticita je mezistupněm adaptace. Záleží však na heterogenitě prostředí, která alternativa je pak výhodnější. Fenotypová plasticita je výhodná v případě, kdy se potomci budou dostávat do odlišných prostředí. Avšak výkyvy prostředí se musí udržovat ve středních hodnotách a musí být pro organismy co nejvíce předvídatelné (PIGLUICCI et al., 2006).

V evolučním smyslu je prokázáno, že přírodní výběr upřednostňuje vývoj plastických genotypů, protože nepředvídatelnost prostředí vede k potlačení optimální produkce optimálních fenotypů. Proto dobře adaptovatelné organismy musí sledovat náhlé změny prostředí a začít produkovat přizpůsobené morfotypy za různých podmínek prostředí. Jak je prokázáno ve studiích, plasticita je reakce na fyzické tlaky životního prostředí a umožňuje jim rychlejší invazi nového prostředí (MORALES et al., 2002).

Vzhledem ke vzácnému výskytu mutací, ale malé pravděpodobnosti jejich fixaci v přírodním výběru, je fenotypová plasticita důležitým mechanismem pro přizpůsobení se a k přežití. Asexuální populace jsou u řas zcela běžný jev. Tyto populace mají menší genetickou rozmanitost k boji proti nepříznivým podmínkám, jelikož nedochází ke genetickým mutacím. Řasy většinou nemají pohlavní rozmnožování, které by napomohlo některé mutace způsobené vnějším prostředím opravit a odolávat tak negativním vlivům okolního prostředí. Nicméně pokud je plasticita zabudována v jejich genetické výbavě, mohou využívat alternativní fenotypy v reakci na náhlé změny životního prostředí (MORALES et al., 2002).

2.1.1 Základní charakteristika rodů *Desmodesmus* a *Scenedesmus*

Zelené řasy rodu *Desmodesmus* a *Scenedesmus* patří mezi nejhojněji se vyskytující se sladkovodní řasy. Tyto řasy nejčastěji tvoří 2-, 4-, 8- i 16-buněčné kolonie, avšak můžou se vyskytovat i vícebuněčné kolonie (HINDÁK, 1990; KOMÁREK et FOTT, 1983). TRAINOR (1964) objevil i 1-buněčné *Desmodesmus communis*.

Buňky rodů *Desmodesmus* a *Scenedesmus* mají větvenovitý tvar s různě upořádanými ostny či bez ostnů. Lze je nalézt téměř ve všech sladkovodních zdrojích, ale i v půdě po celém světě. Tyto řasy nejsou náročné, proto se hojně pěstují a zpracovávají v laboratorních podmínkách (HINDÁK, 1990; KOMÁREK et FOTT, 1983). V dnešní době je často zkoumaná jejich fenotypová plasticita (CASTILLO, 1981; SMITH, 1916; EGAN et TRAINOR, 1989; TRAINOR et EGAN, 1990; TRAINOR, 1992; KYONG et al., 2001; ZACHLEDER et al., 2002; LÜRLING, 2003; LÜRLING et al., 2006; LÜRLING, 2009; VANORMELINGEN et al., 2009; CHEN et al., 2011; MEHDIPOUR et al., 2011).

Roku 1978 HEGEWALD nově rozdělil rod *Scenedesmus* do podrodů *Acutodesmus*, *Desmodesmus* a *Scenedesmus* (HEGEWALD, 1978). Celá taxonomie tohoto rodu byla na základě molekulární genetiky přehodnocena v roce 1997 jen do dvou podrodů *Desmodesmus* a *Scenedesmus* (KESSLER et al., 1997). Za Kesslera byl samostatný rod *Desmodesmus* ustanoven AN et al. (1999). Fylogenetická analýza Van HANNEN et al., (2002) toto rozdělení potvrdila. Z rodu *Scenedesmus* bylo také vyčleněno několik druhů do samostatného rodu *Acutodesmus* (TSARENKO et PETLEVANNY, 2001). Jak uvádí LÜRLING (2009), v období 1989–2003 bylo objeveno

bezostných 548 druhů a 435 ostnatých druhů. Nejčastěji vyskytujícími se druhy rodu *Scenedesmus/Acutodesmus* byly: *S. obliquus*, *S. acutus*, *S. acuminatus*, *S. bijugatus* a *S. dimorphus*. V ostnatém rodě *Desmodesmus* se vyskytují nejčastěji tyto druhy: *D. quadricauda*, *D. subspicatus*, *D. armatus*, *D. communis* a *D. abundans* (LÜRLING, 2009).

Každá odchylka v morfologii byla popisována jako objevení nového druhu či variety a bylo popsáno přes 1300 druhů či variet (HEGEWALD et SILVA, 1988).

TRAINOR et al. (1976) toto jako první zpochybnili a odhalili morfologickou variabilitu rodu *Scenedesmus* a *Desmodesmus*. Zjistili, že velikost buňky, buněčné uspořádání, počet a postavení trnů není v několika kmenech stabilní. U těchto rodů objevili, že buňky reagují na měnící se podmínky a prokazují fenotypovou plasticitu.

Zelené řasy rodů *Desmodesmus* a *Scenedesmus* se vyznačují vysokou mírou tvarové flexibility. To jim umožňuje kosmopolitní rozšíření a možnost přežívat v náročných podmínkách. Tyto podmínky pak utváří jejich fenotypy (LÜRLING, 2009).

Různé morfologie řas byly popisovány jako odlišné taxony a plasticita byla popisována jako výjimka. V důsledku toho byla fyziologie, ekologie a taxonomie řas opomíjena. Teprve nedávno bylo vzato v úvahu, že se tato morfologická variabilita může vyskytovat u různých taxonů (MORALES et al., 2002).

2.2 Faktory ovlivňující fenotypovou plasticitu řas

2.2.1 Teplota

Teplota je dalším významným faktorem ovlivňující fenotypovou plasticitu řas. Pokud na řasy rodu *Scenedesmus* působí nízké teploty okolo 10 °C výrazně klesá tempo růstu těchto organismů. Při těchto teplotách se však vytváří až 8-buněčné kolonie nejen s apikálními ostny, ale i ostny na pólech vnitřní buňky. Ve výzkumu TRAINORA (1992) se poukazuje na výskyt subspecifických taxonů druhu *Scenedesmus pannonicus* při vlivu nízkých teplot v kultivacích. Tento autor poukazuje na problematiku taxonomie v determinačních klíčích. Podle Trainora by měl mít druh *S. communis* další synonyma jako jsou *S. pannonicus* HORTOB., *S. longus* MEYEN nebo *S. maximus* (W. et GS WEST) R. CHODSKA (TRAINOR, 1992).

Rod *Scenedesmus acutus* MEYEN sledovali LÜRLING et VAN DONK (1999). Růst této řasy se při nízkých teplotách 9,5 °C velmi zpomaluje. Při těchto teplotách se tvoří 8-buněčná cenobia až po více než týdnů kultivace ve standardním mediu. Při vyšších teplotách vytvářel do dvou dnů *S. acutus* 4- a 8-buněčná cenobia.

Další autor zkoumal řasu *Micrasterias rotata*, která měla při nižších teplotách tvar a velikost buněk podobný přírodním vzorkům, zatímco morfotypy, zjištěné při kultivaci ve vyšších teplotách, nikdy nebyly v přírodních nádržích spatřeny. Tato řasa při teplotě 30 °C vytvářela vegetativní diploidní buňky (NEUSTUPA et al., 2008).

2.2.2 Průhlednost vodního sloupce

Fenotypová plasticita může být ovlivněna i průhledností vodního sloupce. Eufotická zóna může být pro řasy smrtelná kvůli nedostatku světla a přítomnosti rozpuštěných plynů ve vodě. Rod *Scenedesmus* je odolný vůči nedostatku světla a může to být pro něj i výhodou, jelikož v této zóně nepotká zooplankton (LÜRLING et ELERT, 2001).

Většina fytoplanktonu se nachází ve vertikálních rovinách a turbulence mění jejich hloubkové rozložení ve vodním sloupci. Tím se pozmění jejich příjem slunečního záření, které je potřebné pro fotosyntézu. Fytoplankton potřebuje světlo k produkci fotosyntézy, k získání živin pro metabolismus a rozmnožování. Světlo přichází shora a proniká jen horní vrstvou vodní nádrže až do oblasti zvané eufotické pásmo. Fytoplankton je většinou těžší než voda, a proto má tendenci klesat ke dnu. Pokud organismy klesnou pod eufotickou zónu, většinou nejsou schopny přežít kvůli nedostatku světla. Z důvodu lepší přístupnosti světla se vyskytuje většina fytoplanktonu u hladiny nádrže a vytváří si různé ostny, trny či výběžky (SCIASCIA et al., 2012).

2.2.3 Vliv pH

Ve sladkovodních systémech může pH v různých denních i v sezónních intervalech kolísat. Většina organismů je tak schopna tolerovat široký rozsah pH. Organismy se musí umět rychle přizpůsobovat těmto rychle se měnícím podmínkám, jinak jim hrozí smrt (TUCKER et D'ABRAMO, 2008). Při vysokém pH může být omezený

růst fytoplanktonu (CHEN et DURBIN, 1994). Při zvýšení zásaditosti ve vodním prostředí dochází ke snížení abundancí řas (BERGSTROM, 2007).

Vliv pH ovlivňuje i fenotypovou plasticitu řas. Morfologická variabilita byla sledována u dvou acidofilních řas (*Euastrum binale* var. *gutwinskii* a *Staurastrum hirsutum*) žijících v pH 3,5–6,5. U těchto řas byl prokázán výrazný vliv pH na variabilitu buněk. Druh *Staurastrum hirsutum* zmenšoval svoji velikost při zvyšujícím se pH. *Euastrum binale* neprokazoval změny ve velikosti buňky, ale ve tvaru buněk (prohlubování zářezů mezi laloky) měnících se při vyšším pH (ČERNÁ et NEÚSTUPA, 2009).

2.2.4 Turbulence

Další faktor ovlivňující fenotypovou plasticitu řas jsou turbulence ve vodním prostředí, v laboratorních podmínkách vytvářené např. provzdušňováním tekutých kultur organismů. Řasy začínají tvořit více trnů, ostnů a výběžků, které zabraňují klesnutí ke dnu, nebo do eufotické zóny, která pro ně znamená nižší rychlost růstu. (LÜRLING et ELERT, 2001).

Ve vodním prostředí způsobují turbulence vítr, vlny, proudy. Tyto jevy mění v nádržích chemické a fyzikální životní prostředí, na které planktonní organismy reagují různými způsoby. Proudění vody ve vodní nádrži je velmi důležité, jelikož uvolňuje živiny a tím inhibuje růst buněk a jejich reprodukci. Živiny většinou pocházejí z hlubších vrstev, kde bakterie přeměňují mrtvé organismy a rostliny na živiny. Z důvodu lepší přístupnosti světla se vyskytuje většina fytoplanktonu u hladiny nádrže a je tak neustále pod vlivem turbulencí (ZIRBEL et al., 2000).

Přítomnost turbulencí silně ovlivňuje rychlost klesání těžších částic ve vodním sloupci a tak velmi ovlivňuje život organismů. Tyto laboratorní studie jsou velmi důležité pro určení mechanismů v přirozených populacích, kde vítr a vlny inhibují růst populací (SCIASCIA et al., 2012).

Hydrodynamické síly mají vliv na fyziologii, růst, příjem živin a životaschopnost buňky řas. Tyto jevy byly zjištěny i v laboratorních podmínkách při uměle vyvolaných turbulencích, které simulovaly pohyb hladiny v nádrži například v důsledku slabého větru (SCIASCIA et al., 2012).

Buňky mořské řasy *Ceratocorys horrida* začaly zmenšovat svůj objem buňky a místo dlouhých ostnů vytvářely krátké ostny. Po ukončení turbulencí v pravidelných intervalech se morfologická změna vrátila po jednom dni do původního stavu před zahájením pokusu. Při nejvyšším stupni míchání docházelo u *C. horrida* k velké úmrtnosti. Je tak pravděpodobné, že se řasy dokáží přizpůsobit jen k určitému stupni turbulencí, ale pokud dosahují vysokého stupně dochází k zástavě reprodukce či dokonce k úmrtnosti buněk. Extrémní a intenzivní míchání narušuje integritu buněk. *C. horrida* tvořilo dva typy ostnů. Dlouhé ostny snižují potopení ve vodním sloupci a kratší trny naopak usnadňují pohyb ke hladině. Stokesův zákon předpovídá, že kulovité buňky se stejnou velikostí a hustotou *C. horrida* s dlouhými trny budou čtyřikrát rychleji klesat ve vodním sloupci než buňky, které jsou menší buňky s kratšími trny. Tato fenotypová reakce je snaha o únik před turbulencemi ve vodě, které mohou způsobit poškození buněk a inhibují i populační růst buněk (ZIRBEL et al., 2000). Je tak pravděpodobné, že evoluční tlak by měl směřovat fytoplankton ke zmenšování rozměrů buněk (SCISCIA et al., 2012).

Planktonní druhy si vyvinuly tři možnosti k minimalizaci poklesu ve vodním sloupci. Řasa může zmenšit svoji velikost buněk (tím zvyšuje riziko spasení predátory), může snížit svoji hustotu těla a nebo zvýší odpor vůči vodě. Platnost Stokesova zákona byla potvrzována v experimentech s geometrickými tvary. Bylo zjištěno, že jakýkoliv tvar, kromě slzy, se potápí pomaleji než koule. Při experimentálním pokusu zjistily, že nejvyšší odpor vůči vodě mají cenobia či buňky se symetrickým tvarem v uspořádání buněk nebo ve vnější struktuře (trny, ostny, výběžky, povrchy; PADISÁK et al., 2003). Výstupky a trny jsou poměrně časté u fytoplanktonu skupin Xanthophyceae, Chrysophyceae, Bacillariophyceae, Chlorococcales a Desmidiiales (SCHLÜTTER et al., 1987). Takové struktury nevyžadují na vytvoření tolik energie a zároveň fungují jako obranný mechanismus před spasením zooplanktonem (PADISÁK et al., 2003).

2.2.5 Zooplankton

Za hlavní selektivní síly jsou považovány konkurence a predace, které jsou zodpovědné za organizaci a strukturu kolonií (TRAINOR, 1976).

Jako modelový zástupce v biologii je často používán drobný sladkovodní koryš a predátor rodu *Daphnia* (hrotnatka) nazývaná také perloočka. Tato planktonní perloočka může měřit vzácně přes centimetr, ale většinou má menší rozměry. Vyskytuje se téměř ve všech vodních prostředích (hypertrofní rybníky, louže a dočasné tůně, stojaté vody, ale i slané laguny u pobřeží). Některé druhy těchto koryšů lze najít i na mokřem substrátu. Rod *Daphnia* je důležitým konzumentem řas a sinic, a také je důležitým zdrojem potravy ryb. Vědci se tímto rodem začali zabývat kvůli jeho vynikajícím vlastnostem, jako je krátká generační doba. *Daphnia* jsou velmi plodné, velice snadno se dají chovat v laboratorních podmínkách a mají přijatelnou velikost na to, aby se jich dalo pozorovat více najednou (PETRUSEK, 2010).

Zástupci rodu *Daphnia* vyvolávají fenotypovou plasticitu u některých zástupců zelených řas, např. *Desmodesmus*, *Scenedesmus* (LÜRLING et ELERT, 2001). Planktonní koryši vylučují ve výkalech zvláštní chemické látky kairomony, které tyto morfologické změny vyvolávají. Evoluce je tak oslabila tím, že na sebe upozorní ve vodní nádrži a ostatním organismům dávají možnost adaptace či obrany na ně. Chemické látky kairomony jsou permanentní organické sloučeniny s nízkou molekulární hmotností, pravděpodobně se jedná o protein, který je tepelně stabilní, odolný pH v rozsahu 1–12 (LAMPERT et al., 1994).

Pro zelené řasy je velice nebezpečná konfrontace s predátory jako je zooplankton. Predace je pro řasy mnohem nebezpečnější než konkurence, proto vynaloží velké úsilí do své morfologie. Fenotypová plasticita byla objevena u bezostnatého rodu *Scenedesmus*, ale i u ostatního rodu *Desmodesmus*, který vytvářel ochranné 8-buněčné kolonie, které je pravděpodobně brání před útoky zooplanktonu (LÜRLING, 2009). Platí pravidlo, že velikostí buněk určují zelené řasy svoje predátory, které jsou schopné pohltnout jen určitou velikost organismů. Čím je větší velikost organismů, tím se zvyšuje jejich abundance a naopak. Nezvětšují se však jenom zelené řasy, ale také zvětšují svoji velikost i predátoři. Příroda je tak chráněna proti tomu, aby začal dominovat jen jeden druh, avšak toto neplatí pro všechny vztahy (LAMPERT et al., 1994).

Druhu *S. obliquus* vytvořil v přítomnosti zooplanktonu 2- i 4-buněčné kolonie, ale většina z nich byly 8-buněčné kolonie. Buňky dosahovaly větších rozměrů. Po 15 dnech byly výsledky vzorků s filtrátem a bez filtrátu srovnatelné. Pravděpodobně došlo k rozpadu kairomonu ve filtrátu (HESSEN et VAN DONK, 1993). LAMPERT et al. (1994)

zkoumali *Scenedesmus acutus*, u kterého dospěli ke stejným výsledkům v přítomnosti kairomonů jako předchozí autoři.

HESSEN et VAN DONK (1993) objevili při výskytu 8-buněčných *Scenedesmus* snížení spásání *Daphnia* až o 75 %. Změna morfologie se řasám vyplatí spíše v přítomnosti menšího zooplanktonu než u většího jako je *Daphnia magna*. Ve výzkumu bylo zjištěno, že 8-buněčné kolonie s délkou nad 45 μm nebyly schopné pozřít ani největší jednici z rodu *Daphnia*. LAMPERT et al. (1994) nezjistili žádné rozdíly v příjmu jednobuněčných řas a kolonií u *S. obliquus*.

Fenotypová plasticita se projevuje i u rodu *Pediastrum*. Tvar této řasy se mění ve velikosti úhlů mezi marginálními laloky jednotlivých cenobií, mění se tvar marginálních buněk v cenobiích a mezibuněčný prostor. Při větším výskytu fytoplanktonu se *Pediastrum* zmenšuje. Naopak při výskytu korýšů (*Crustacea*) se zvětšuje. Pravděpodobně má schopnost reagovat na chemické signály, tzv. kairomony, sílicího zooplanktonu (HODAČ, 2007).

2.3 Fenotypová plasticita u dalších organismů

Fenotypová plasticita byly objevena nejen u řas, ale také u dalších organismů. Existují různé studie, které zkoumají další organismy jako jsou např. YOUNG et al. (2003), BRAAM et DAVIS (1990) a další.

Např. v Africe si *Acacia drepanolobium* vytváří delší a četnější trny na ochranu před žirafami a slony. Dochází tak při spásání býložravci k menšímu poškození a tento strom má pak větší šanci k přežití. Pro ostatní jsou akácie velice důležité kvůli stínu chránící je před sluncem. Pokud byly stromy v nepřítomnosti býložravců po dobu pěti let, jejich délka trnů se snížila až o polovinu (YOUNG et al., 2003).

U plevele *Arabidopsis thaliana* byla prokázána variabilita druhu při mechanické stimulaci (např. vítr, srážky nebo výskyt a útoky hmyzu). Pokud bylo těchto stimulací nedostatek, rostlina dosahovala většího vzrůstu. Při dostatečné mechanické stimulaci rostlina měla menší řapíky a listy (BRAAM et DAVIS, 1990).

LYYTINEN et al. (2004) zjistili, že u motýlů *Bicyclus anynana* existují dvě sezónní formy. V období sucha, kdy je nedostatek vláhy a rostliny mají většinou hnědavou barvu, jsou tyto motýli bez oček na křídlech. Zajistí si tak lepší skrytí před predátory. Dravci nejsou schopni odlišit jejich maskování od okolní přírody a tak motýli

zvyšují svoji šanci na přežití. V období dešťů mají motýli výrazná očka na křídlech, protože je to v období páření a lákají tak samičky. Tím si zajišťují svůj úspěch k dalšími předání genů.

U koljušky tříostné (*Gasterosteus aculeatus*) byla prokázána vysoká plasticita podle toho, jakým typem potravy byla krmena. Tato ryba měnila svoje chování a morfologii podle toho, jestli byla krmena planktonem či bentosem. Toto chování bylo nalezeno i u dalších živočichů jako jsou lososy (*Oncorhynchus*), mihule (*Lampetra*), polárních siveny (*Salvelinus*) či pstruzi (*Salmo*), (WEST-EBERHARD, 2005).

Jedním z abiotických faktorů ovlivňujících morfologickou variabilitu je teplota okolního prostředí. Např. fenotypová plasticita byla objevena u druhu *Emiliana huxleyi* (Haptophyta), která si zabudovává do svých kalcitových šupin (kokolitů) CO₂. Při zvyšující se teplotě se tomuto zástupci kokolity začaly zmenšovat (DE BODT et al., 2010).

Fenotypovou plasticitu prokazují i predátoři zelených řas (*Daphnia*). Tyto perloočky mají velmi zajímavý životní cyklus tzv. partenogeneze, při které se střídá pohlavní a nepohlavní rozmnožování. Tato strategie je pro ně velmi výhodná. Efektivně tak přežívají v nepříznivém prostředí nebo při náhlé změně prostředí. Fenotypová plasticita se u nich projevuje velikostí organismu. Perloočky reagují na chemické i mechanické podněty jako jsou turbulence a jejich uvolňování živin do vodního prostředí (LÜRLING et ELERT, 2001).

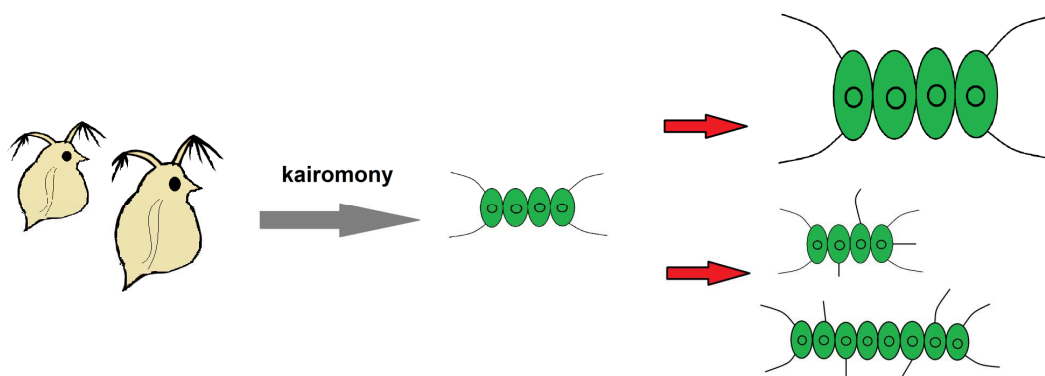
3 Praktická část

3.1 Hypotézy k praktické části

3.1.1 Vliv kairomonů

LÜRLING et ELERT (2001) a LÜRLING (2009) ve svých pracích popisují vznik 4- a 8-buněčných cenobií při výskytu zooplanktonu. Tímto způsobem si vytvářejí ochranu před spásením predátory. Tyto obrany sledovaly hlavně u rodu *Scenedesmus* a i u některých druhů rodu *Desmodesmus*. Tyto projevy jsou způsobeny chemickými vlivy tzv. kairomony, které *Daphnia* vylučuje. Řasy při výskytu predátorů začaly vytvářet různé ostny, trny a výběžky. Na základě těchto studií byla vytvořena hypotéza pro vlastní výzkum:

Hypotéza: „Kairomony způsobují u *Desmodesmus communis* zvětšování buněk/cenobií, navýšování počtu buněk v cenobiích a podporují tvorbu ostnů, trnů a výběžků z důvodu lepší obrany proti predátorům (obrana před spásením), (Obr. 1).

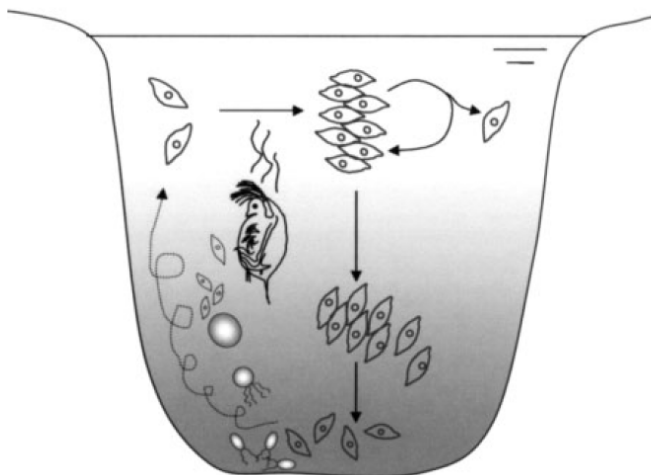


Obr. 1: Znárodnění vlivu kairomonů produkovaných *Daphnia magna* na zvětšování buněk a cenobií *Desmodesmus communis* a nárůst počtu ostnů na buňkách jako obrana před spásáním predátory.

3.1.2 Vliv turbulencí

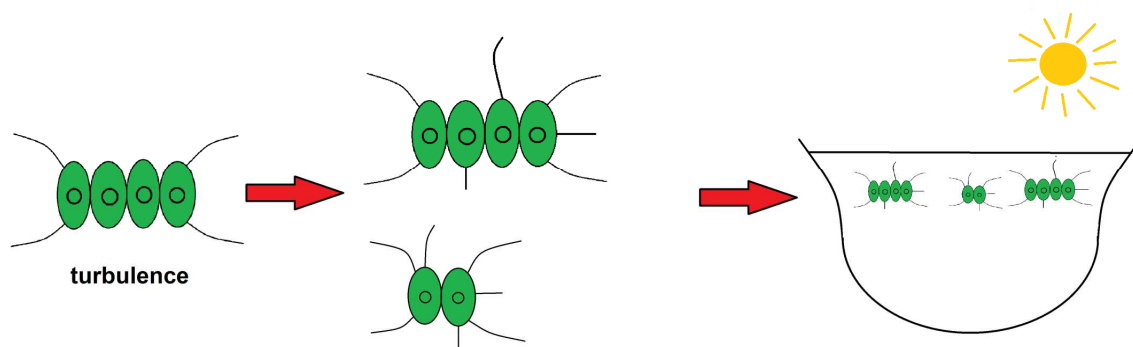
LÜRLING (2009) ve své práci uvádí, že 1-buněčná a další malá cenobia rodu *Scenedesmus* s ostny a trny mají větší odolnost proti klesání ve vodním sloupci. Cenobia se při klesání vodním sloupcem rozpadají a poté mají větší šanci se dostat k povrchu. Čím menší je cenobium a čím více má trnů, ostnů a štětín, tím zvyšuje svůj vztlak a tím zvyšuje svoji šanci udržet se v horních vrstvách vodního sloupce, kde mají příznivější podmínky k přežití. Na základě této studie byly vytvořeny hypotézy pro vlastní výzkum:

Hypotéza: V turbulentním prostředí dochází ke zmenšení počtu buněk v cenobiu z důvodu snadnějšího udržení cenobia v horní vrstvě vodního sloupce (Obr. 2).



Obr. 2: Znázornění vliv turbulencí na změnu počtu buněk v cenobiu (převzato z LÜRLING, 2009).

Hypotéza: V turbulentním prostředí dochází ke zvýšené produkci ostnů a dalších buněčných výběžků, tím dochází ke snadnějšímu udržení cenobia ve svrchní vrstvě vodního sloupce (obrana před klesáním, Obr. 3).



Obr. 3: Znázornění vlivu turbulencí ve vodním sloupci na produkci ostonů *Desmodesmus communis*.

3.2 Metodika

3.2.1 Kultivace zelených řas

Základem pro zadanou diplomovou práci bylo vytvořit vlastní monospecifickou kulturu vybraného zástupce zelených řas, na které poté bude probíhat vlastní výzkum s cílem sledování fenotypové plasticity za předem definovaných biotických či abiotických podmínek.

3.2.2 Izolace kultury *Desmodesmus communis*

Z přírodních vzorků z vodní nádrže Kamenný rybník bylo pomocí horkým vzduchem vysterilizované skleněné mikropipety vyizolováno cenobium viditelně vitálního zástupce *Desmodesmus communis*. Objekt zachycený mikropipetou byl postupně přenášen přes 10 kapek živného média (2N BBM) tak, aby došlo k odizolování cenobia od ostatních kontaminant (jiných druhů řas či sinic, či ostatních nečistot). Izolace kmene probíhala pod světelným mikroskopem Olympus BX51. Izolovaný objekt jsem poté přenesla do zkumavky se sterilním živným roztokem 2N BBM. Izolace kultury proběhla na přelomu října a listopadu 2011.

3.2.3 Kultivační podmínky

Kmen *Desmodesmus communis* byl kultivován v 2N BBM mediu (Boldovo médium s dvojnásobným množstvím dusičnanů sterilizované v parním sterilizátoru Tuttnauer 3850M – 60 min., tlak 1,7 bar a při teplotě 121 °C.; ŠKALOU, 2010; Příloha 1). Erlenmayerovy baňky obsahující vyizolovaný kmen byly vystaveny přímému dennímu světlu při laboratorní teplotě (cca 22–24 °C).

3.2.4 Příprava kairomonového filtrátu z rodu *Daphnia magna*

Směsný přírodní vzorek *Daphnia magna* byl získán z nádrže v České Bříze (Příloha 2). Vzorky byly stejný den zpracovány v laboratoři Oddělení biologie na Fakultě pedagogické v Plzni.

Vzorky *Daphnia magna* byly přefiltrovány nahrubo přes silonovou punčochu a dále několikrát propláchnuty živným médiem 2N BBM. Z takto přefiltrovaných *Daphnia* byly manuálně odebrány další makroskopické organismy. Přefiltrování korýši *Daphnia magna* byli přeneseni do Erlenmayerovy baňky obsahující roztok 2N BBM (500 ml). Korýši byli v baňce kultivováni po dobu 48 hod., aby došlo k vyloučení kairomonů. Kultivace *Daphnia magna* probíhala při laboratorní teplotě (20–24 °C) za přímého denního světla kontinuálním provzdušňováním (Příloha 3).

Kultura korýšů byla po dvoudenní kultivaci přefiltrována pomocí planktonní sítě o velikosti ok 20 µm, aby došlo k odstranění maximálního množství nečistot či dalších zástupců planktonu z kultivačního média. Není ale vyloučeno, že ve filtrátu zůstaly zbytky mikroorganismů. Roztok kairomonů byl následně přidán ke kultuře *Desmodesmus communis*, který byl kultivován ve stejném kultivačním médiu jako *Daphnia magna* (2N BBM, k 75 ml roztoku 2N BBM s kulturou *Desmodesmus communis* bylo přidáno 50 ml filtrátu *Daphnia magna* obsahujícího kairomony). Kultura *Desmodesmus communis* byla v té době již 14 dní kultivovaná.

Následně byl ve 2–3 denních intervalech monitorovaný průběh růstu (měření rozměrů buněk/cenobií/ostnů) a změny fenotypu kultury (tvorba/rozpad kolonií, zmnožení/ztráta trnů či ostnů, tvar buněk cenobií). Vybrané objekty jsem následně

porovnávala s kontrolní kulturou *Desmodesmus communis* kultivovanou ve 2N BBM za stejných laboratorních podmínek jako kultury podrobené testům s kairomony.

3.2.5 Metodika vytvoření turbulentního prostředí v laboratorních podmínkách

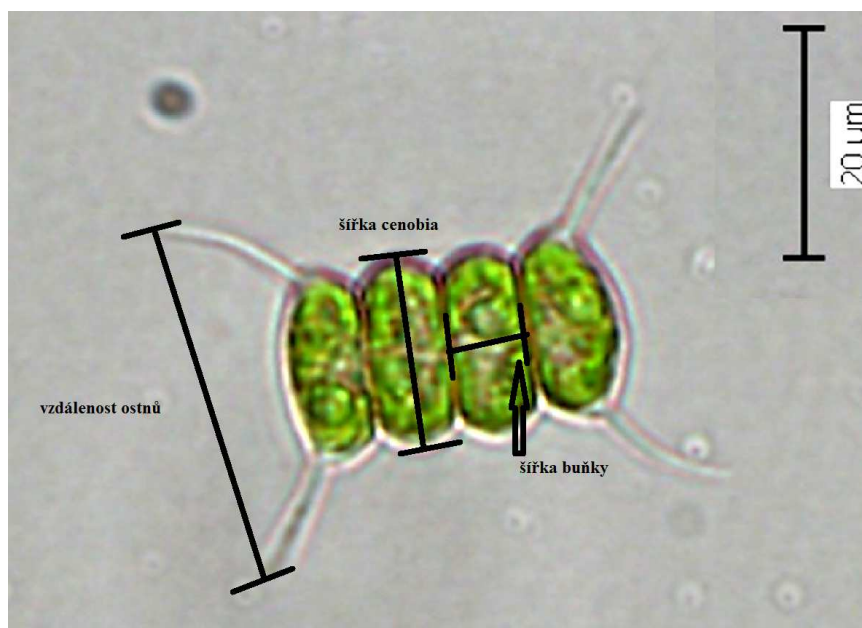
Do Erlenmayerovy baňky s kulturou *Desmodesmus communis* byl zaveden stálý přísun vzduchu pomocí vzduchování, které se běžně využívá v akváriích (Příloha 4). Okolí vstupu hadiček vzduchování bylo utěsněno pevnou zátkou z buničité vaty. Vzduchování probíhalo kontinuálně po celou dobu kultivace.

3.2.6 Sledování změn fenotypu a metodika měření buněk

Kultury *Desmodesmus communis* byly pozorovány a měřeny ve 2–3 denních intervalech. Cenobia byla pozorována pomocí světelného mikroskopu Olympus BX51. Zároveň byla prováděna fotografická dokumentace digitální kamerou Olympus DP72. Při každém pozorování bylo měřeno 30 náhodně vybraných objektů. U každého objektu byla měřena délka cenobia, šířka cenobia, šířka buňky, délka ostnu a vzdálenost apikálních ostnů (Obr. 4, Obr. 5).



Obr. 4: Způsob měření cenobií *Desmodesmus communis* (délka cenobia, délka ostnu).



Obr. 5: Způsob měření cenobií *Desmodesmus communis* (šířka cenobia, šířka buňky, vzdálenost ostnů).

3.2.7 Statistické metody

Rozložení hodnot v souboru naměřených dat bylo hodnoceno pomocí Kolmogorova – Smirnovova testu a Shapiro – Wilcoxonova testu rozdělení dat.

Četnosti 2-, 4- a 8-buněčných cenobií ve vzorcích ovlivněných přítomností kairomonů a pod vlivem turbulencí byly porovnávány v četnostech těchto cenobií v kontrolním vzorku pomocí Yatesovy transformace (která je vhodná pro porovnávání četností tehdy, vyskytne-li se četnost menší než 5 nebo nulová) χ^2 testu.

Naměřené hodnoty byly vizualizovány pomocí Box-plotů se zobrazením mediánu, hodnoty 1. a 3. kvartilu (IQR – interkvartilového rozpětí), hodnoty 1. kvartilu $- 1,5 \times \text{IQR}$, 3. kvartilu $+ 1,5 \times \text{IQR}$ a extrémní hodnoty.

Naměřené hodnoty délek 4-buněčných cenobií v kontrolním vzorku bylo srovnávány se 4-buněčných cenobii v časové řadě vzorků pod vlivem kairomonů, resp. turbulencí, pomocí Kruskal-Wallisovy analýzy a poté byla provedena mnohonásobná porovnání Kruskal-Wallisovým Post Hoc testem s kritickou hodnotou $Z > 1,96$. Stejnou konfigurací testů byly porovnávány i hodnoty plastických znaků u 2-, 4- a 8-buněčných cenobií pod vlivem kairomonů, resp. pod vlivem turbulencí. Signifikance všech testů

byla hodnocena na 5 % hladině významnosti. Testy byly provedeny pomocí statistického balíku NCSS 2007.

4 Výsledky

4.1 Parametry kontrolního vzorku

Základním východiskem výzkumu fenotypové plasticity rodu *Desmodesmus communis* (E.HEGEWALD) E.HEGEWALD (syn. *S. quadricauda* (TURPIN) BRÉBISSON) bylo sledování morfologické variability a změření parametrů kontrolního vzorku 15.5.2012 (Obr. 6), tj. po 196 dnech od naočkování kultury. Tato kultura byla kultivována za laboratorních podmínek (pokojová teplota, 2N BBM). V kontrolním vzorku byla zjištěna jen 4-buněčná cenobia. Všechny buňky v cenobiu byly oválného charakteru zakončené lehce do špičky (délka buňky: 11–13 μm , šířka buňky: 3–5 μm , Příloha 5). Každá buňka obsahovala jeden pyrenoid nebo v některých buňkách nebyl pyrenoid spatřen. Každá apikální buňka obsahovala vždy jen dva ostny umístěné na opačné straně od sebe vzdálené v rozmezí 9–33 μm s délkou 9–20 μm . Celé cenobium obsahovalo celkem 4 ostny (délka cenobia: 14–27 μm , Příloha 5). V kontrolním vzorku se neobjevovaly žádné další morfologické variability.

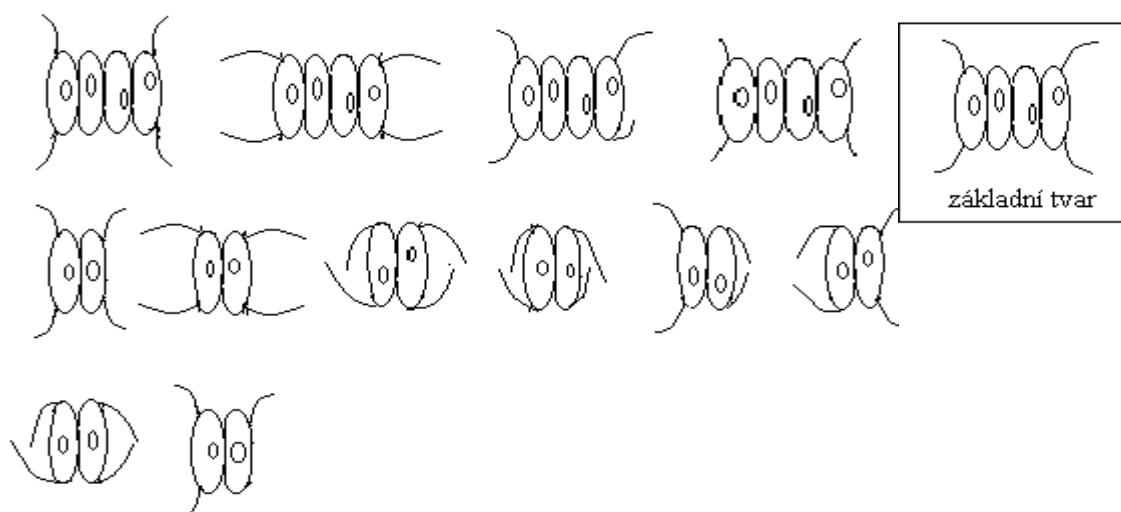


Obr. 6: Monospecifická kultura *Desmodesmus communis*.

4.2. Vliv kairomonů na *Desmodesmus communis*

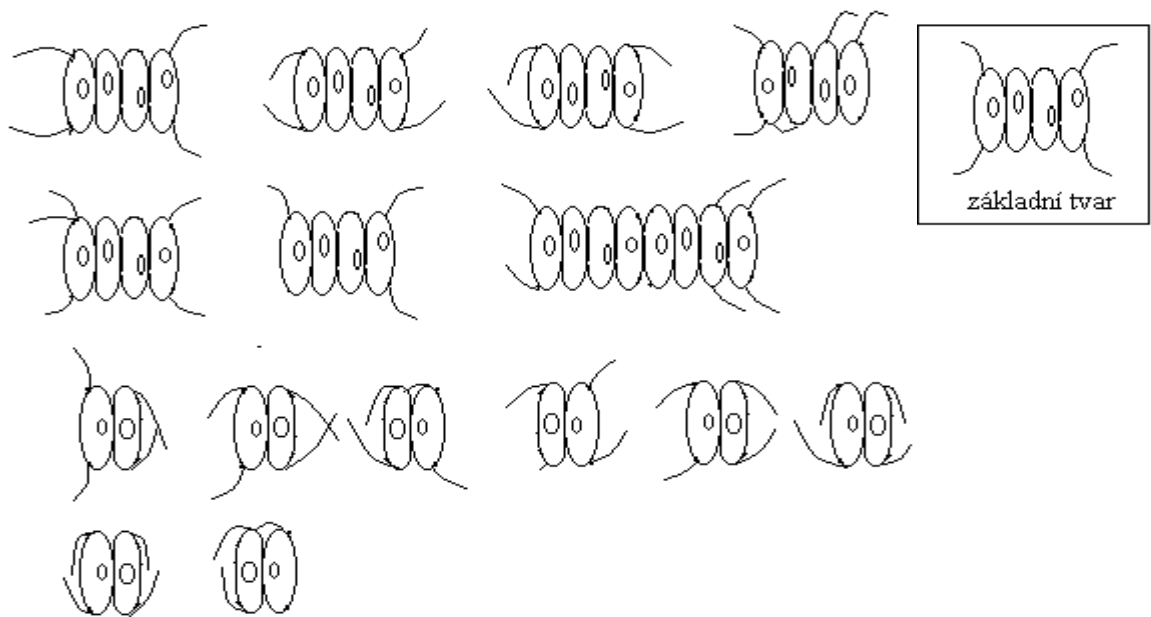
4.2.1 Fenotypová plasticita

Pokus zaměřený na reakci druhu *Desmodesmus communis* na vliv kairomonů v mediu byl zahájen 16.5.2012. První kontrola byla provedena dne 19.5.2012, kdy izolát začal prokazovat první změny v umístění ostnů (Obr. 7; Příloha 6). V mediu se objevovala 2- i 4-buněčná cenobia, která měla více oddálené apikální ostny oproti vzorkům bez kairomonů (viz kap. 4.2.2). Tvar buněk byl stálý (oválné buňky se zašpičatělým koncem).



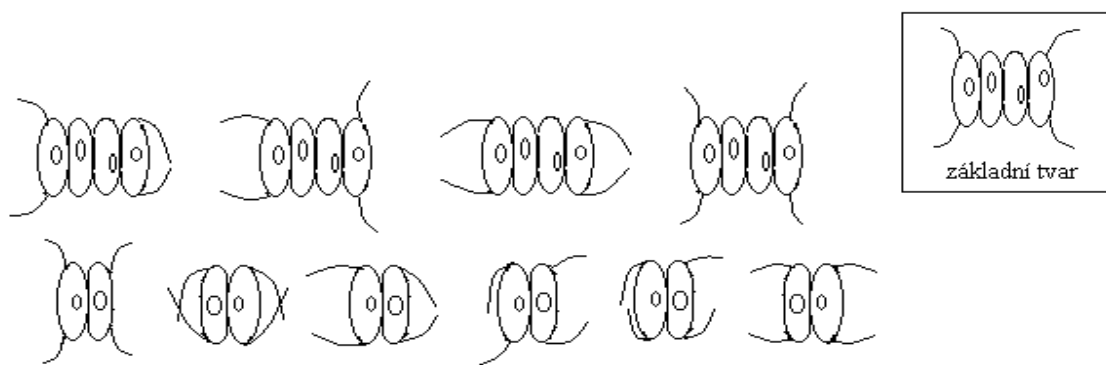
Obr. 7: Fenotypová plasticita rodu *Desmodesmus communis* způsobená vlivem kairomonů, pozorováno dne 19.5.2012 (3 dny od zahájení pokusu).

Dne 21.5.2012 byly zaznamenány ve vzorcích 4-buněčná cenobia se 3, 4 i 5 ostny rozmístěné nejen na apikálních buňkách a 8-buněčná cenobia s 6 ostny. Zajímavý byl nadměrný výskyt 2-buněčných cenobií, která se objevovala i v dalších dnech (Obr. 8; Příloha 6).



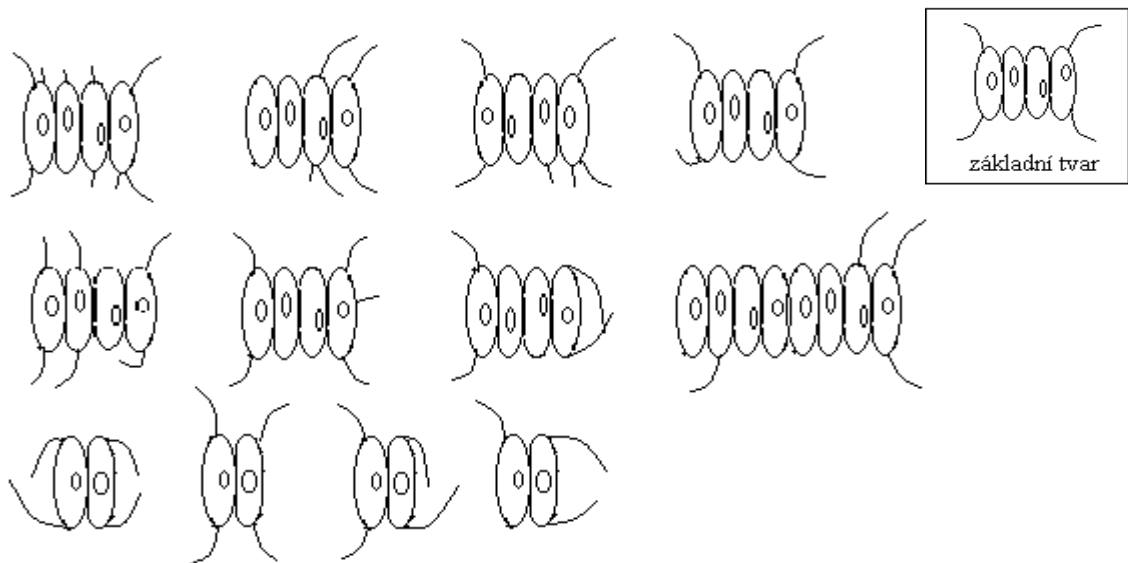
Obr. 8: Fenotypová plasticita rodu *Desmodesmus communis* způsobená vlivem kairomonů, pozorováno dne 21.5.2012 (5 dnů od zahájení pokusu).

Při další kontrole 24.5.2012 nebyla spatřena žádná 8-buněčná cenobia. Objevovaly se převážně 2- a 4-buněčná cenobia se 4 apikálními ostny (Obr. 9; Příloha 6).



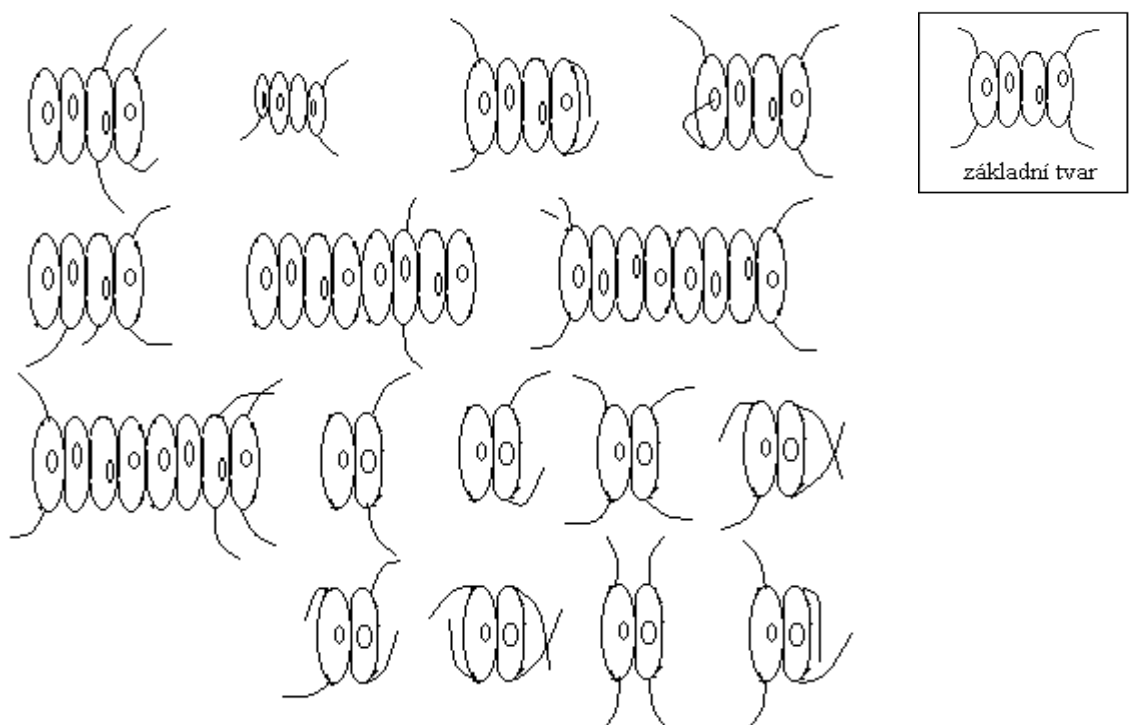
Obr. 9: Fenotypová plasticita rodu *Desmodesmus communis* způsobená vlivem kairomonů, pozorováno dne 24.5.2012 (8 dnů od zahájení pokusu).

Počet ostnů a trnů se 28.5.2012 začal výrazně měnit. U 4-buněčných cenobií se většinou objevovaly 4 apikální ostny a poté další přídatné ostny a trny na vnitřních i vnějších buňkách cenobia. Tvorba ostnů a trnů neměla žádnou pravidelnost. Při této kontrole byla viděna i 2-buněčná cenobia (jen zřídka; Obr. 10; Příloha 7).



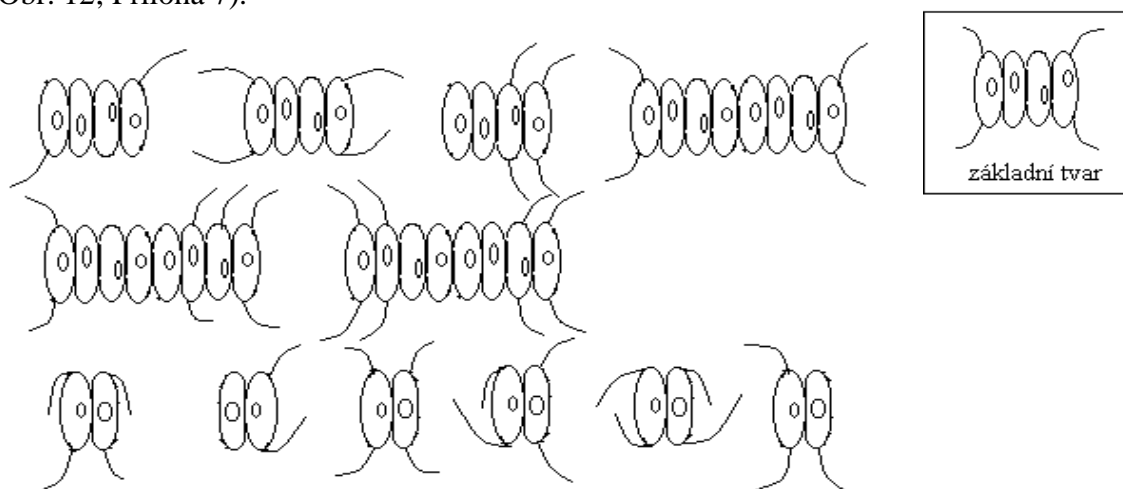
Obr. 10: Fenotypová plasticita rodu *Desmodesmus communis* způsobená vlivem kairomonů, pozorováno dne 28.5.2012 (12 dnů od zahájení pokusu).

Ve dne 31.5.2012 tvorba ostnů a trnů nedělala standardní tvary (některé ostny se křížily, směřovaly směrem k buňce). Tvar buněk byl stálý jako u kontrolního vzorku (Obr. 11; Příloha 7).



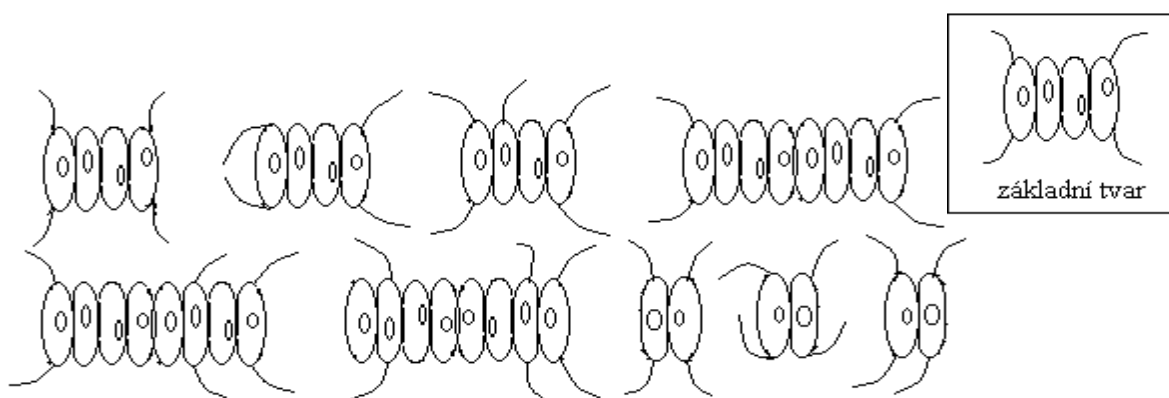
Obr. 11: Fenotypová plasticita rodu *Desmodesmus communis* způsobená vlivem kairomonů, pozorováno dne 31.5.2012 (15 dnů od zahájení pokusu).

Cenobia 8-buněčná se objevovala také 4.6.2012. Tato cenobia měla 4, 7 i 8 ostnů. Cenobia 2- i 4-buněčná měla opět různý počet ostnů, avšak neměla již žádné trny (Obr. 12; Příloha 7).



Obr. 12: Fenotypová plasticita rodu *Desmodesmus communis* způsobená vlivem kairomonů, pozorováno dne 4.6.2012 (19 dnů od zahájení pokusu).

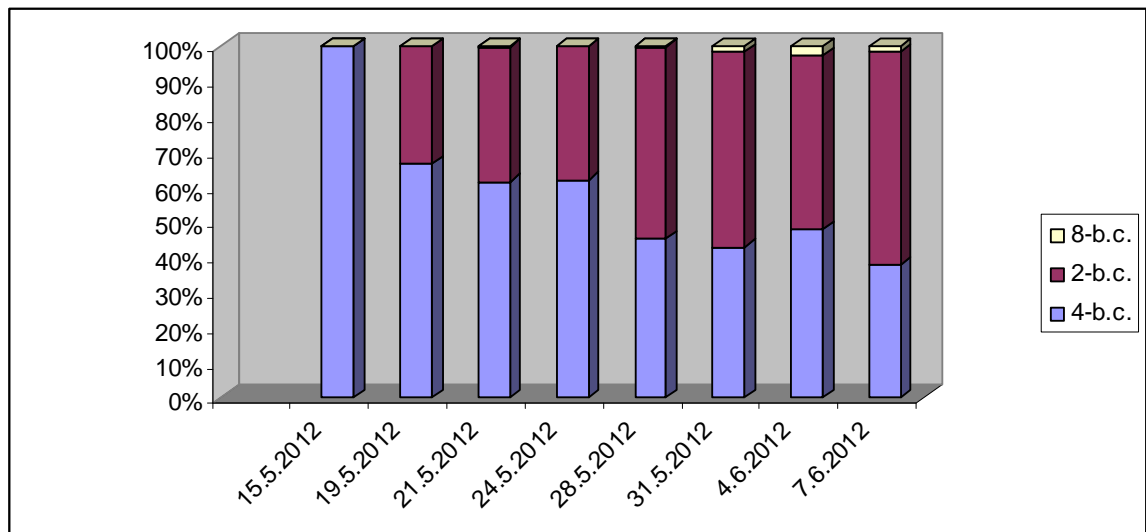
Dne 7.6.2012 byl experiment ukončen, protože kultura již téměř neprodukovala jiné fenotypy oproti základnímu tvaru (Obr. 13). Je proto pravděpodobné, že kairomony přestaly působit (Příloha 8).



Obr. 13: Fenotypová plasticita rodu *Desmodesmus communis* způsobená vlivem kairomonů, pozorováno dne 7.6.2012 (22 dnů od zahájení pokusu).

Ve všech termínech kontrol se objevovaly různé morfotypy sledované kultury. Většinou měla všechna cenobia apikální ostny. Ostny se různě ohýbaly k buňce nebo od buňky. Na buňkách se objevovaly i přídatné ostny nebo trny a někdy dokonce nebyly přítomny vůbec. Vytvořily se 2-, 4- i 8-buněčná cenobia (Obr. 7–13).

Četnosti 2-, 4- a 8-buněčných cenobií se pod vlivem kairomonů v rámci jednotlivých termínů signifikantně liší (Yatesova transformace Chi-kvadrát testu, D. f. = 14, $H = 244,496$; $P < 0,05$; Příloha 9). Na počátku pokusu (15.5.) se objevovala 4-buněčná cenobia. Již 19.5.2013 se ve vzorcích vyskytovaly ze 30 % 2-buněčná cenobia, která v každém uvedeném termínu (až na 4.6.2013) zvětšovala svoji četnost. Dne 7.6. 2013 cenobia 2-buněčná měla ve vzorku převahu (Obr. 14).



Obr. 14: Četnosti 2-, 4- a 8-buněčných cenobií pod vlivem kairomonů.

4.2.2 Morfologické parametry *Desmodesmus communis*

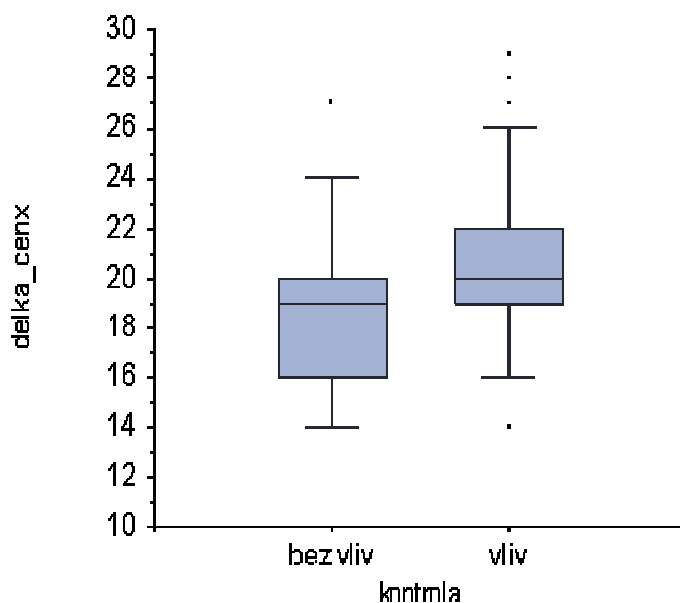
Rod *Desmodesmus communis* nevykazoval změny jenom ve tvorbě ostnů či trnů, ale měnily se i jeho parametry, které byly měřeny v jednotlivých kontrolních termínech. U této zelené řasy se měnily parametry jako jsou délka cenobia, šířka cenobia, šířka buňky, délka ostnů a vzdálenost ostnů. Všechny tyto parametry (plastické znaky u 4-buněčných cenobií) prověřeno Kolmogorov-Smirnov test a Shapiro-Wilcox test, které zamítly normalitu ($P > 0,05$; Příloha 10–16).

Délka 4-buněčného cenobia

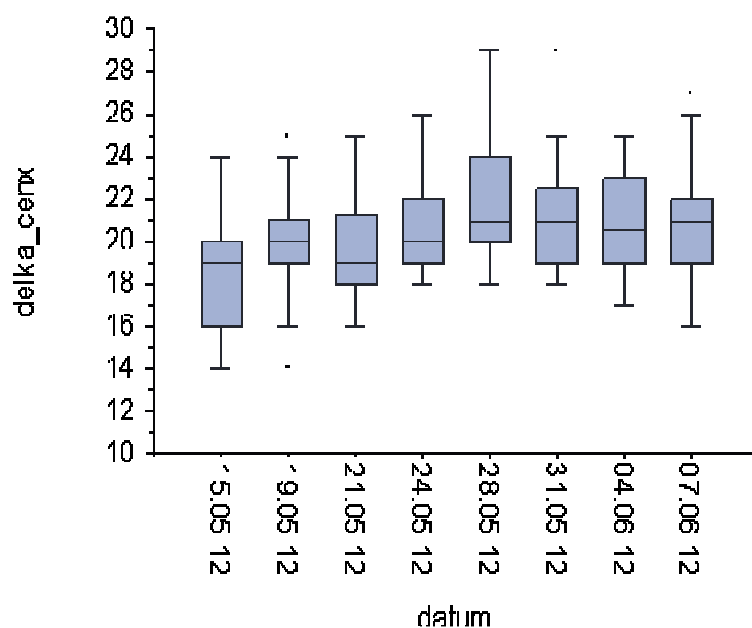
Délka cenobií se signifikantně v různých datech kontrol liší (Kruskal-Wallis One-Way ANOVA, $H = 32,94754$, $P = 0,000027$; Obr. 15), konkrétně (Kruskal-Wallis PostHoc Test, $Z > 1,96$) v následující tabulce (Příloha 10–16).

Graf na Obr. 15 prokazatelně ukazuje, že se délka 4-buněčného cenobia v kontrolním vzorku pohybovala v rozmezí 16–20 μm (medián: 19 μm , extrémní hodnoty: 27 μm). Oproti tomu se kultury s vlivem kairomonů výrazně lišily. Hodnoty délky cenobia byly v rozmezí 19–22 μm (medián: 20 μm , extrémní hodnoty: 27–29 μm).

V jednotlivých termínech od 19.5.2012 jsou vidět významné změny oproti kontrolnímu vzorku 15.5.2012. Délka cenobia se postupně zvětšovala. Svého maxima dosáhla 28.5.2012, kdy byla v rozmezí 20–24 μm (medián: 21 μm), ve výjimečných případech dosahovala délky 29 μm . Poté se délka cenobia začala zmenšovat (Obr. 16 Příloha 17).



Obr. 15: Délka 4-buněčného cenobia u kontrolního vzorku (měřeno 15.5.2013) a sledovaných vzorků pod vlivem kairomonů (Kruskal-Wallis One-Way ANOVA, $H = 15,46119$, $P = 0,000084$).

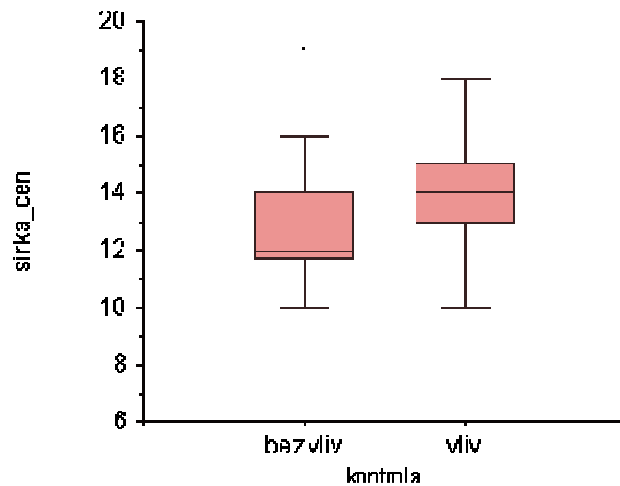


Obr. 16: Délka 4-buněčných cenobií v jednotlivých termínech pod vlivem kairomonů (Kruskal-Wallis One-Way ANOVA, $H = 15,46119$, $P = 0,000084$).

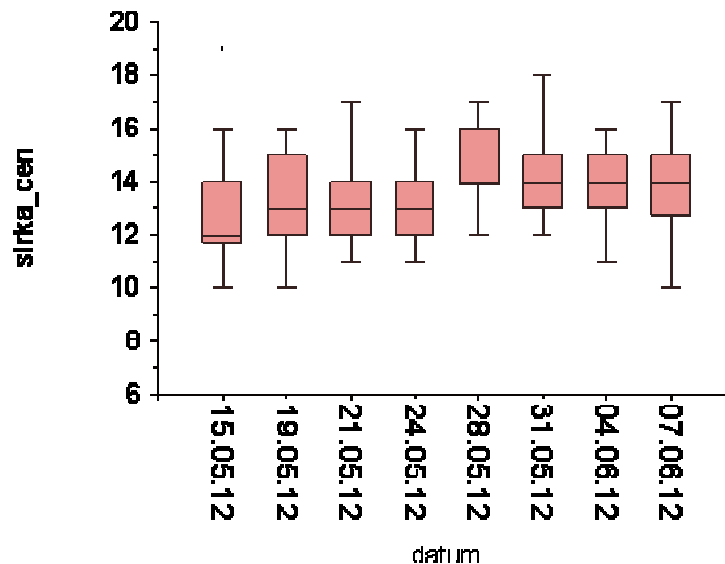
Šířka 4-buněčného cenobia

Šířka cenobia u kontrolního vzorku a ostatních pokusných vzorků pod vlivem kairomonů se signifikantně liší (Kruskal-Wallis One-Way ANOVA, $H = 6,6949$, $P = 0,009$; Obr. 17). Šířka cenobií se signifikantně v různých datech kontrol liší (Kruskal-Wallis One-Way ANOVA, $H = 24,93548$, $P = 0,000779$), konkrétně (Kruskal-Wallis PostHoc Test, $Z > 1,96$; Příloha 18).

Šířka cenobia u kontrolního vzorku byla v rozmezí 12–14 μm (medián: 12 μm). Vzorky pod vlivem kairomonů dosahovaly hodnot 13–15 μm (medián: 14 μm). Cenobia tak byly prokazatelně širší (medián: 13–14 μm) než kontrolní vzorek, ačkoliv se šířka cenobia v jednotlivých kontrolních termínech liší minimálně (Obr. 18; Příloha 10–16).



Obr. 17: Šířka 4-buněčného cenobia u kontrolního vzorku a pokusných vzorků pod vlivem kairomonů (Kruskal-Wallis One-Way ANOVA, $H = 6,6949$, $P = 0,009$).

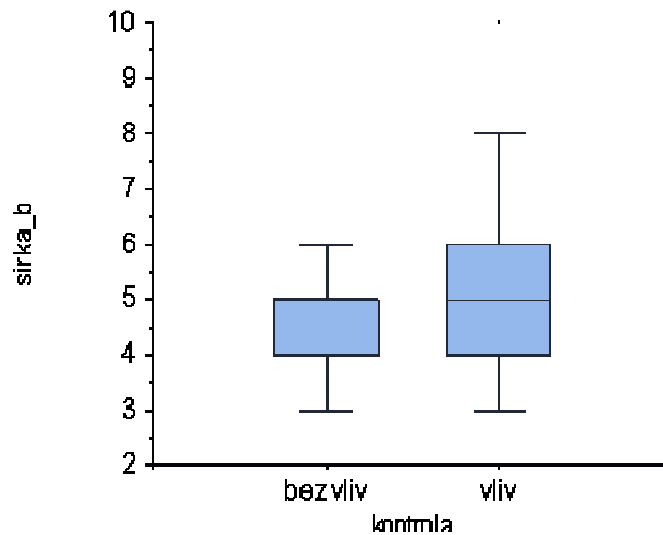


Obr. 18: Šířka 4-buněčných cenobií v jednotlivých termínech pod vlivem kairomonů (Kruskal-Wallis One-Way ANOVA, $H = 15,46119$, $P = 0,000084$).

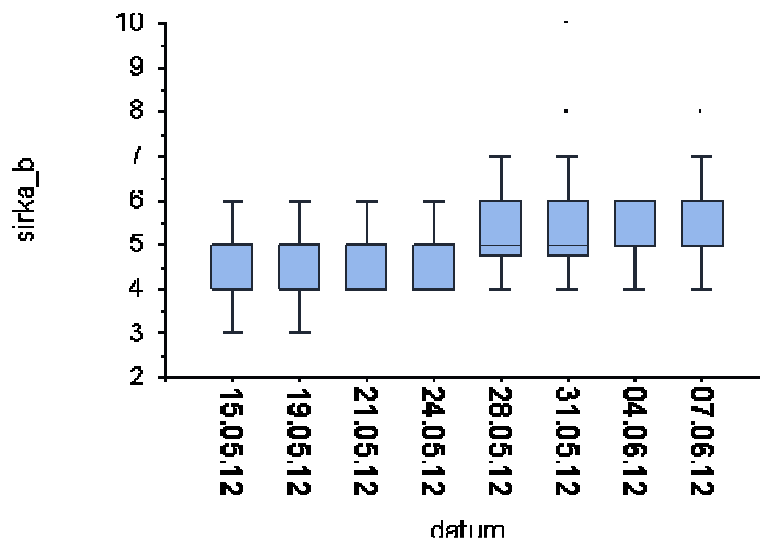
Šířka buňky 4-buněčného cenobia

Šířka buňky u 4-buněčného cenobia kontrolního vzorku a ostatních pokusných vzorků pod vlivem kairomonů se signifikantně liší (Kruskal-Wallis One-Way ANOVA, $H = 8,100641$, $P = 0,004425$; Obr. 19). Šířka buňky se signifikantně v různých datech kontrol liší (Kruskal-Wallis One-Way ANOVA, $H = 27,10083$, $P = 0,000320$), konkrétně (Kruskal-Wallis PostHoc Test, $Z > 1,96$; Příloha 19).

Šířka buňky u 4-buněčného cenobia v kontrolním vzorku byla v rozmezí 4–5 μm (medián: 5 μm), ojediněle dosahovaly 3–6 μm . U vzorků s kairomony se hodnoty pohybovaly 4–6 μm (medián: 5 μm), ojediněle 3–8 μm . Byla stálá do 28.5.2012, kdy se začaly hodnoty zvyšovat (4–7 μm), v extrémních případech až na 8 μm (Obr. 20, Příloha 10–16).



Obr. 19: Šířka buňky u 4-buněčného cenobia kontrolního vzorku a ostatních pokusných vzorků pod vlivem kairomonů (Kruskal-Wallis One-Way ANOVA, $H = 8,100641$, $P = 0,004425$).

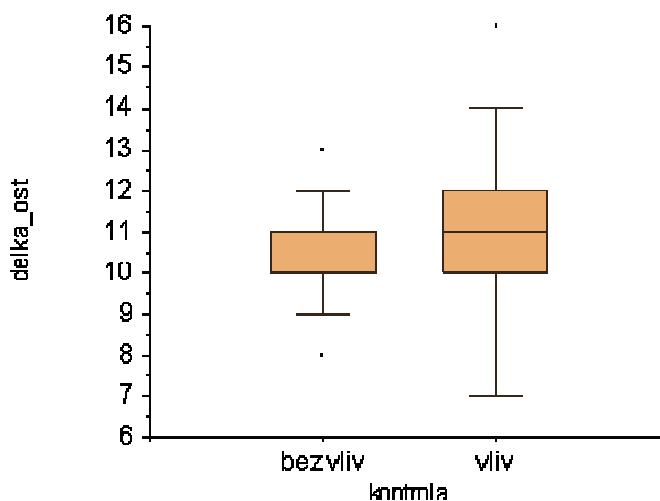


Obr. 20: Šířka buňky u 4-buněčných cenobií v jednotlivých termínech pod vlivem kairomonů (Kruskal-Wallis One-Way ANOVA, $H = 8,100641$, $P = 0,004425$).

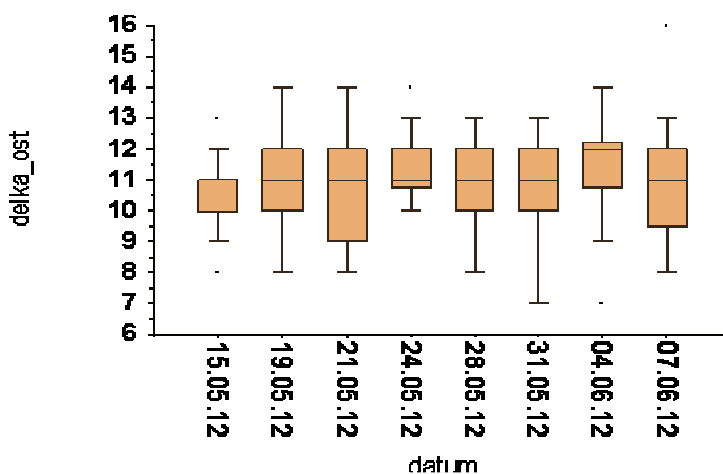
Délka ostnů 4-buněčného cenobia

Délka ostnů u 4-buněčného cenobia kontrolního vzorku a ostatních pokusných vzorků pod vlivem kairomonů se neliší (Kruskal-Wallis One-Way ANOVA, $H = 3,338358$, $P = 0,067682$; Obr. 21) a tedy také délka ostnů se v různých datech kontrol neliší (Kruskal-Wallis One-Way ANOVA, $H = 10,49374$, $P = 0,162277$; Příloha 10–16).

Délka ostnů u kontrolního vzorku se pohybovala v rozmezí 10–11 μm (medián: 11 μm). O pokusných vzorků pod vlivem kairomonů byly rozměry 10–12 μm , avšak medián zůstal ve všech termínech stále stejný 11 μm (Obr. 22).



Obr. 21: Délka ostnů u 4-buněčného cenobia kontrolního vzorku (Kruskal-Wallis One-Way ANOVA, $H = 3,338358$, $P = 0,067682$).

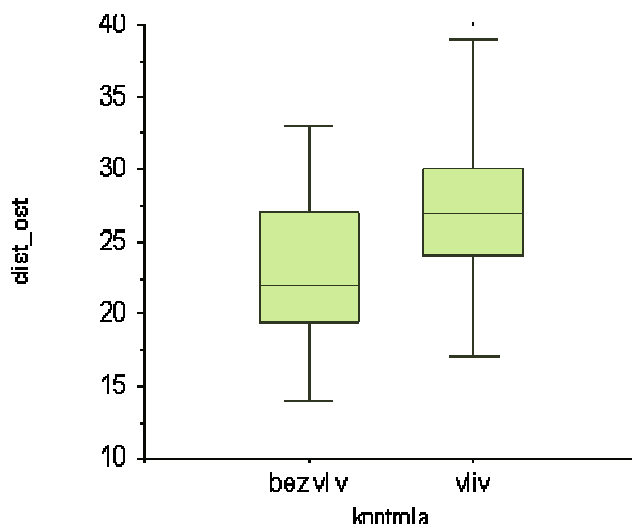


Obr. 22: Délka ostnů u 4-buněčných cenobií v jednotlivých termínech pod vlivem kairomonů (Kruskal-Wallis One-Way ANOVA, $H = 3,338358$, $P = 0,067682$).

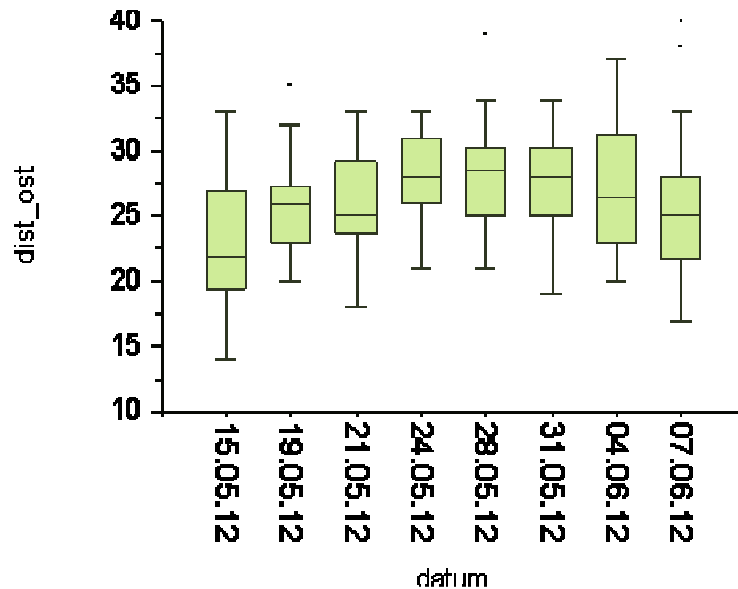
Vzdálenost mezi apikálními ostny u 4-buněčného cenobia

Vzdálenost mezi apikálními ostny u 4-buněčného cenobia kontrolního vzorku a ostatních pod vlivem kairomonů se signifikantně liší (Kruskal-Wallis One-Way ANOVA, $H = 18,48022$, $P = 0,000017$; Obr. 23). Vzdálenost mezi ostny se signifikantně v různých datech kontrol liší (Kruskal-Wallis One-Way ANOVA, $H = 32,9379$, $P = 0,000027$), konkrétně (Kruskal-Wallis PostHoc Test, $Z > 1,96$; Příloha 20).

Rozměry vzdáleností apikálních ostnů u kontrolního vzorku byly v rozmezí 20–27 μm (medián: 22 μm , extrémní hodnoty: 14–37 μm), přičemž ostatní sledované vzorky měly prokazatelně výrazně odlišné hodnoty 24–30 μm (medián: 26 μm , extrémní hodnoty: 19–39 μm , výjimečně: 40 μm). U sledovaných vzorků byla od 19.5.2012 stoupající tendence až do 28.5.2012 (medián: 29 μm). Poté se vzdálenost mezi ostny začala opět snižovat (Obr. 24; Příloha 10–16).



Obr. 23: Vzdálenost mezi apikálními ostny u 4-buněčného cenobia kontrolního vzorku a ostatních pokusných vzorků pod vlivem kairomonů (Kruskal-Wallis One-Way ANOVA, $H = 18,48022$, $P = 0,000017$).

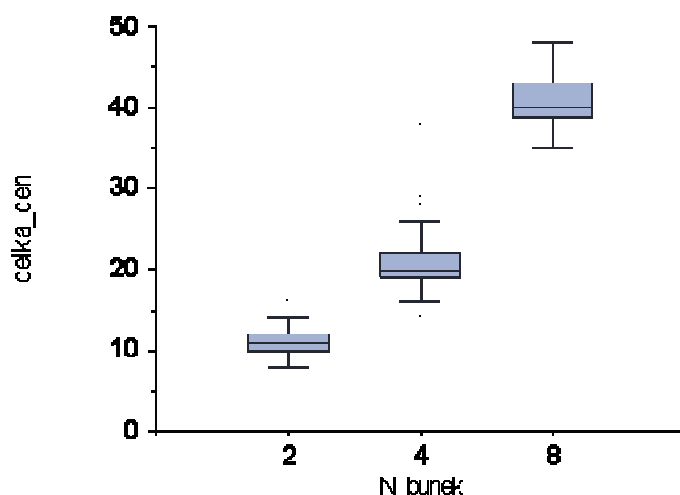


Obr. 24: Vzdálenost mezi apikálními ostny u 4-buněčného cenobia v jednotlivých termínech pod vlivem kairomonů (Kruskal-Wallis One-Way ANOVA, $H = 18,48022$, $P = 0,000017$).

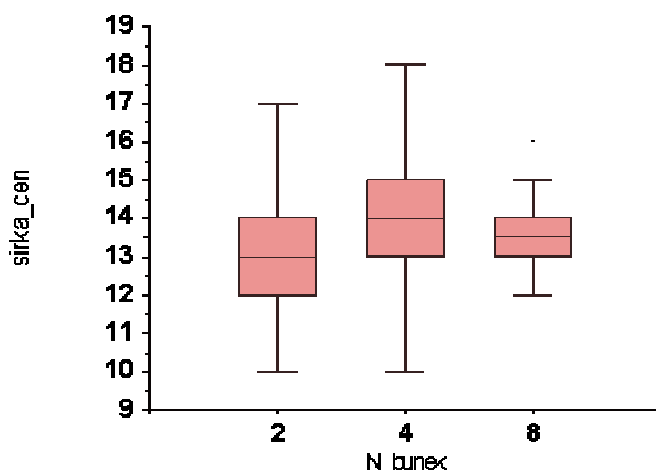
4.2.3 Rozdíly v morfometrických znacích u 2-, 4- a 8-buněčných cenobií pod vlivem kairomonů

Délka cenobií se u 2-, 4- a 8-buněčných cenobií pod vlivem kairomonů signifikantně liší (Kruskal-Wallis One-Way ANOVA, $H = 312,0634$, $P = 0,0000$). Délky 8-buněčných cenobií v rozmezí hodnot 40–43 μm (medián: 41 μm) jsou větší než 4-buněčná (19–22 μm , medián: 20 μm) a ta jsou opět delší než 2-buněčná cenobia (10–12 μm , medián: 11 μm ; Kruskal-Wallis PostHoc Test, $Z > 1,96$; Obr. 25; Příloha 10–16).

Šířka cenobií se u 2-, 4- a 8-buněčných cenobií pod vlivem kairomonů signifikantně liší (Kruskal-Wallis One-Way ANOVA, $H = 20,40549$, $P = 0,000037$), kdy 4-buněčná cenobia jsou širší (13–15 μm , medián: 14 μm) než 8-buněčná cenobia a 2-buněčná cenobia v rozmezí hodnot 12–14 μm (medián: 13 μm ; Kruskal-Wallis PostHoc Test, $Z > 1,96$; Obr. 26; Příloha 10–16).



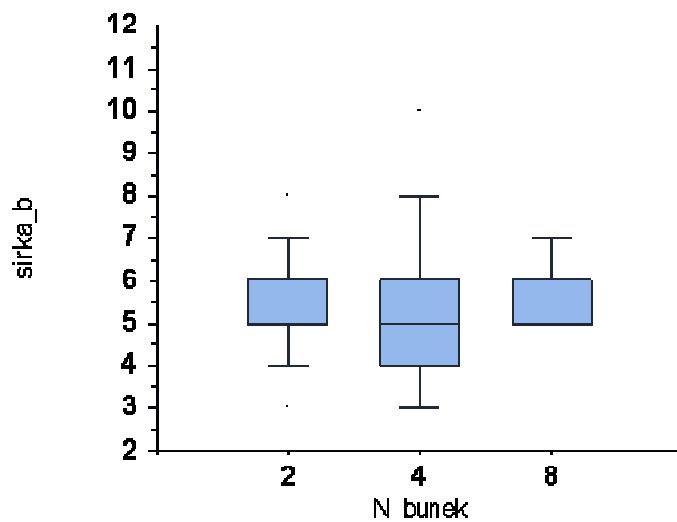
Obr. 25: Délka cenobií u 2-, 4- a 8-buněčných cenobií pod vlivem kairomonů.



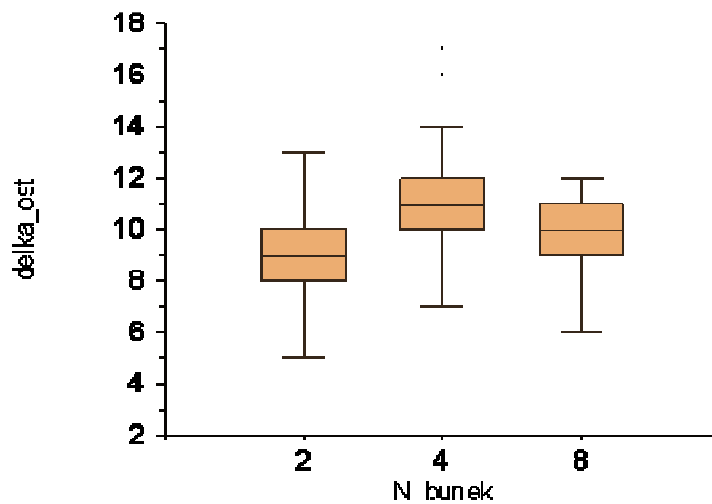
Obr. 26: Šířka cenobií u 2-, 4- a 8-buněčných cenobií pod vlivem kairomonů.

Šířka buňky se u 2-, 4- a 8-buněčných cenobií pod vlivem kairomonů signifikantně liší (Kruskal-Wallis One-Way ANOVA, $H = 8,097795$, $P = 0,017442$). Šířka buňky u 2- a 8-buněčných cenobií je větší než u 4-buněčných (Kruskal-Wallis PostHoc Test, $Z > 1,96$; Obr. 27; Příloha 10–16).

Délka ostnu se u 2-, 4- a 8-buněčných cenobií signifikantně liší (Kruskal-Wallis One-Way ANOVA, $H = 103,0944$, $P = 0,00000$), kdy délka apikálních ostnů 4-buněčných cenobií (10–12 μm , medián: 11 μm , výjimečně: 16–17 μm) je signifikantně delší ostny než 8-buněčných (9–11 μm , medián: 10 μm) a 2-buněčných cenobií (8–10 μm , medián: 9 μm ; Kruskal-Wallis PostHoc Test, $Z > 1,96$; Obr. 28; Příloha 10–16).

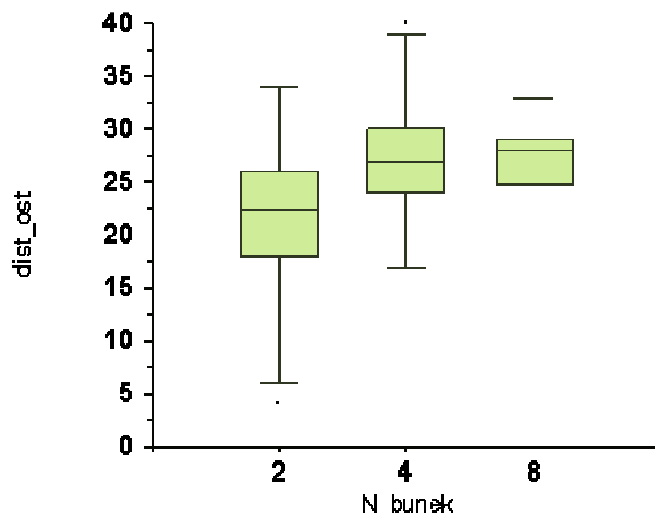


Obr. 27: Šířka buňky u 2-, 4- a 8-buněčných ctenobií pod vlivem kairomonů.



Obr. 28: Délka ostny u 2-, 4- a 8-buněčných ctenobií pod vlivem kairomonů.

Vzdálenost mezi apikálními ostny se u 2-, 4- a 8-buněčných ctenobií signifikantně liší (Kruskal-Wallis One-Way ANOVA, $H = 82,86427$, $P = 0,00000$). Největší vzdálenost mezi apikálními ostny měla 4-buněčná (24–30 μm , medián: 26 μm , výjimečně: 40 μm) a 8-buněčná ctenobia (25–29 μm , medián: 27 μm). Nejmenší měla rozmezí hodnot 17–26 μm (medián: 23 μm) 2-buněčná ctenobia. (Kruskal-Wallis PostHoc Test, $Z > 1,96$; Obr. 29; Příloha 10–16).



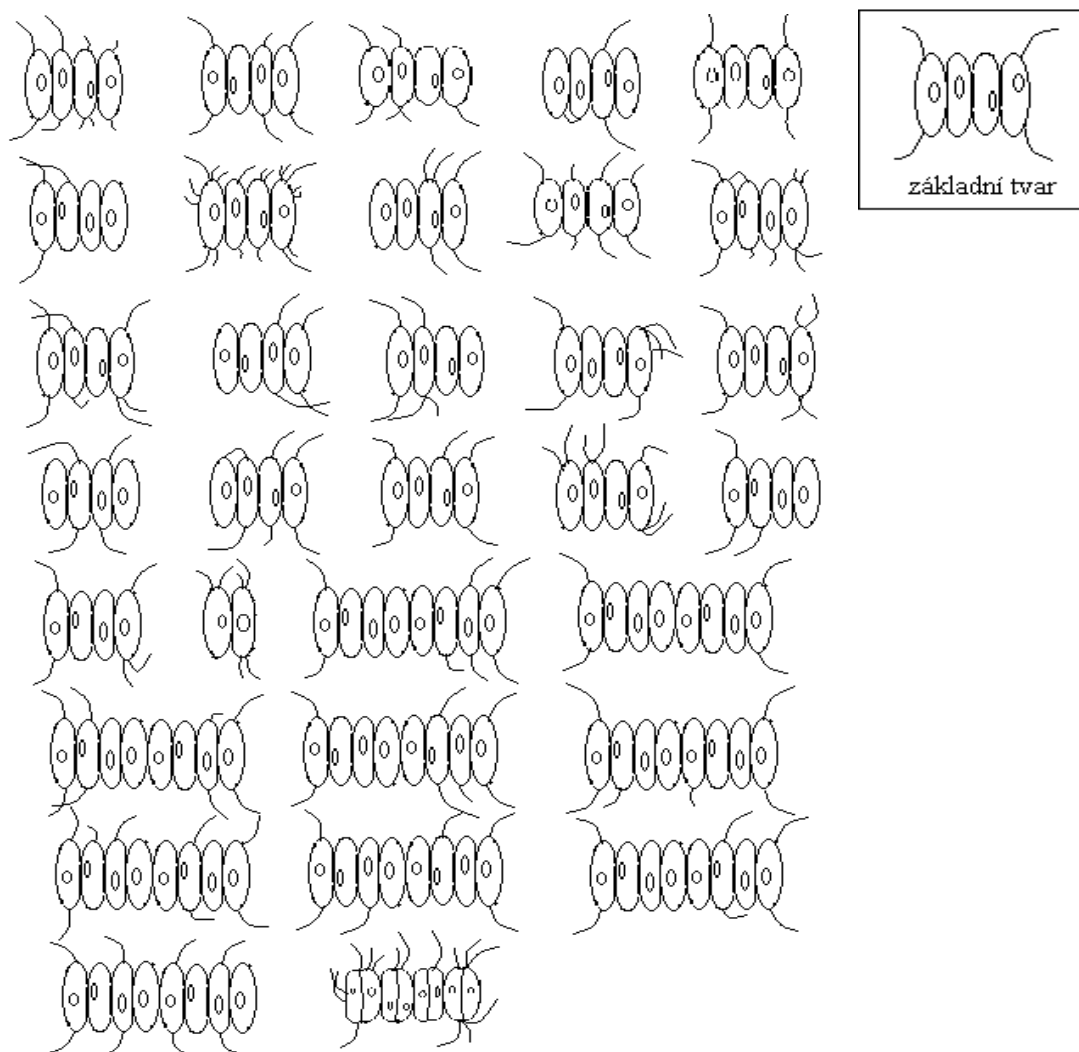
Obr. 29: Vzdálenost mezi apikálními ostny u 2-, 4- a 8-buněčných cenobií pod vlivem kairomonů.

4.3 Vliv turbulencí na *Desmodesmus communis*

4.3.1 Fenotypová plasticita

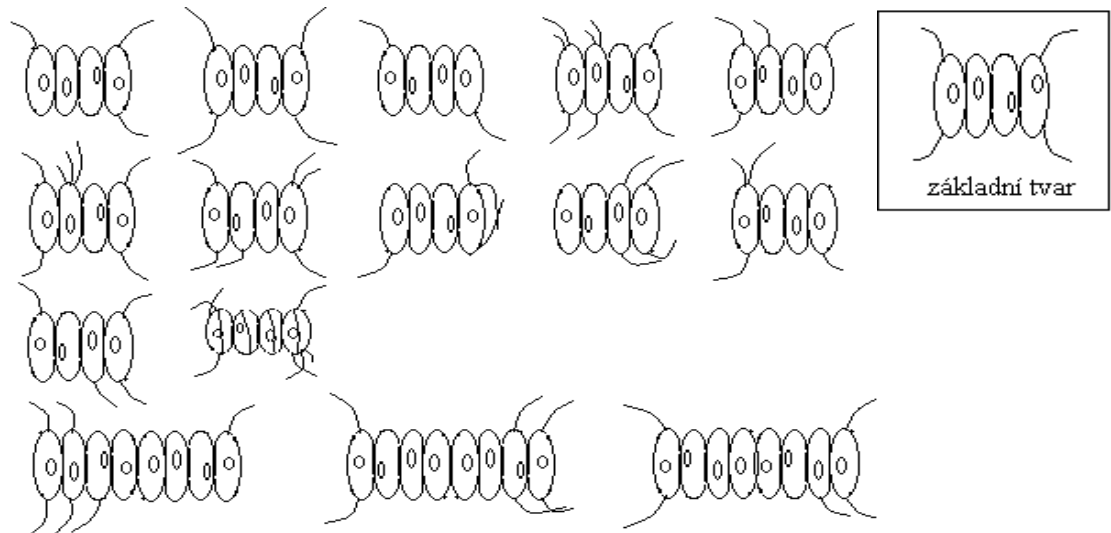
Další experiment se zabýval vlivem turbulencí v prostředí na druh *Desmodesmus communis*. Tento pokus byl zahájen 13. 7. 2012 a ukončen 20.7. 2012 (tj. po 7 dnech kultivace) z důvodu vyschnutí 2N BBM v baňkách díky provzdušňování.

Dne 16. 7. 2012 byla provedena 1. kontrola vzorků a byla nalezena 4- a 8-buněčná cenobia (velmi zřídka 2-buněčná cenobia). V tomto termínu byl zaznamenán výskyt ostnů a trnů u 50% objektů i na jiných buňkách než je pro *D. communis* charakteristické (viz. Obr. 30). Ostny a trny se většinou vyskytovaly bez zjevného pravidla v počtu, ve směru a v místě výskytu na cenobiu (Obr. 30; Příloha 21).



Obr. 30: Fenotypová plasticita rodu *Desmodesmus communis* způsobená vlivem turbulencí, pozorováno dne 16.7.2012 (3 dny od zahájení pokusu).

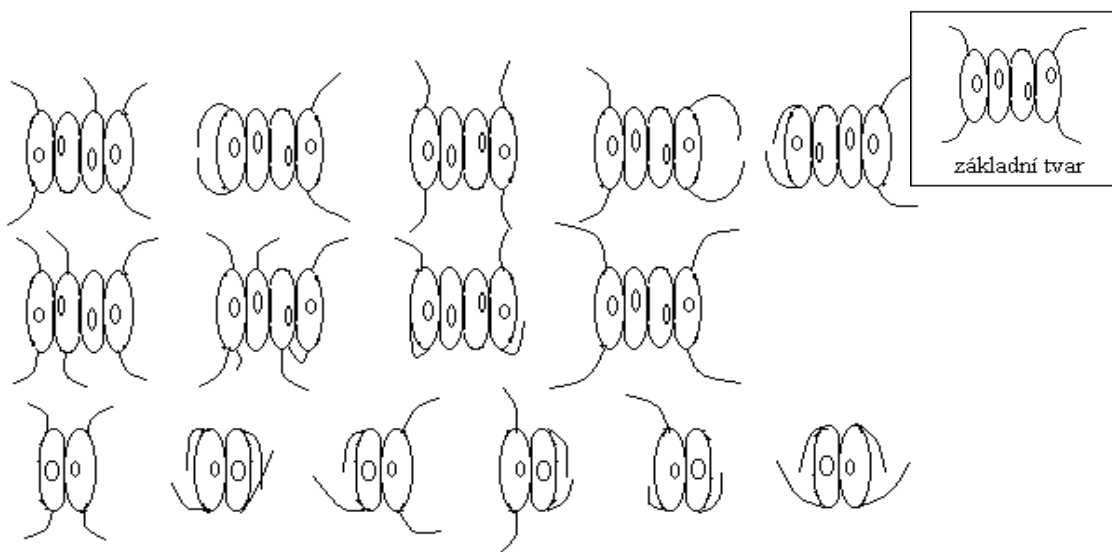
Při 2. kontrole dne 19.7.2012 bylo pozorováno mnohem méně fenotypů než při předchozí kontrole. Objevovala se pouze 4- a 8-buněčná cenobia. U některých 4-buněčných cenobií byly spatřeny i tři ostny na jedné buňce. Cenobia 8-buněčná měla vždy více než 4 ostny. Při této kontrole nebyla spatřena žádná 2-buněčná cenobia (Obr. 31).



Obr. 31: Fenotypová plasticita rodu *Desmodesmus communis* způsobená vlivem turbulencí, pozorováno dne 19.7.2012 (6 dnů od zahájení pokusu).

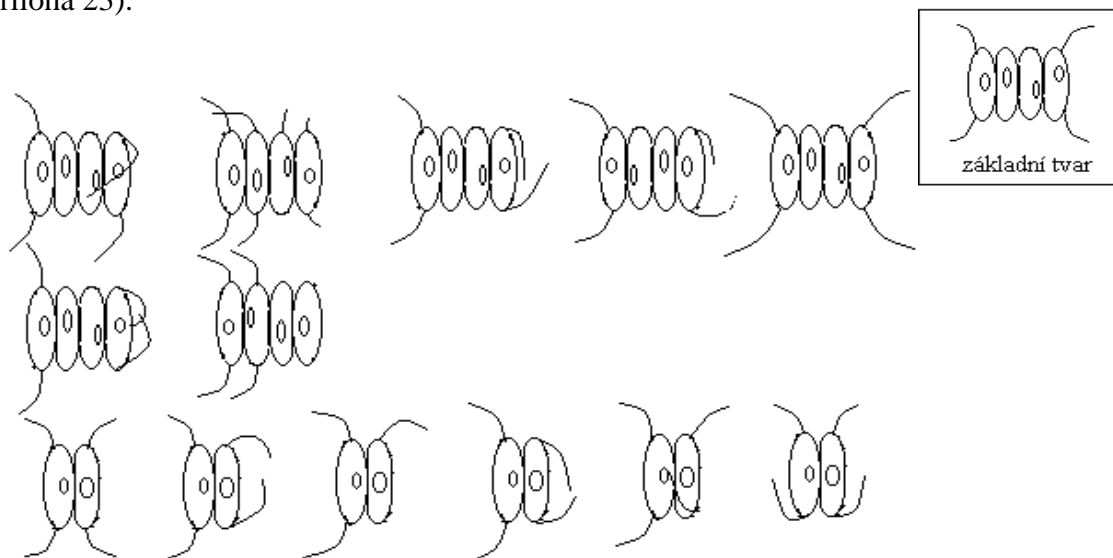
Z důvodu vyschnutí vzorku dne 21.7.2012, musel být zahájen nový pokus 29.1.2013 pro nedostatek nasbíraných dat.

První kontrola proběhla již 30.1.2013. Při tomto pozorování byl zaznamenán veliký výskyt 2-buněčných cenobií. V tomto dni se vyskytoval větší počet fenotypových variet s různými počty ostnů v různých polohách na cenobiu (ostny přimknuté k buňce, vzdálené apikální ostny nebo úplná absence jednoho ostnu). V této kontrole zcela chyběla 8-buněčná cenobia. Na fenotypovou plasticitu byl tento vzorek, oproti 1. pokusu na turbulence, velmi chudý (Obr. 32, Příloha 22).

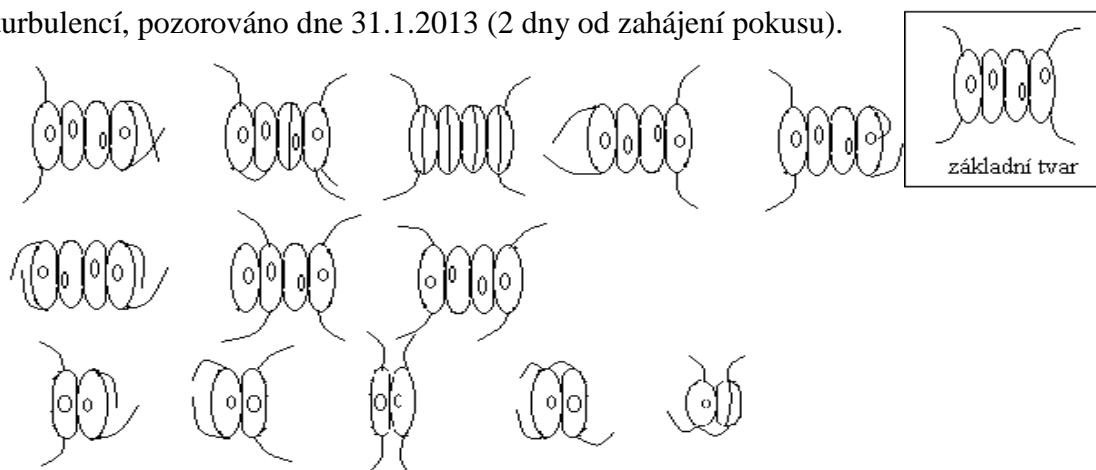


Obr. 32: Fenotypová plasticita rodu *Desmodesmus communis* způsobená vlivem turbulencí, pozorováno dne 30.1.2013 (1 den od zahájení pokusu).

Dne 31.1.2013 a 1.2.2013 byla většina buněk ve fázi dělení. Cenobia, která nebyla ve fázi dělení měla ostny různě pokroucené, občas směřovaly jiným směrem než je u *D. communis* obvyklé. Vyskytovala se pouze 2- a 4-buněčná cenobia (Obr. 33, 34; Příloha 23).

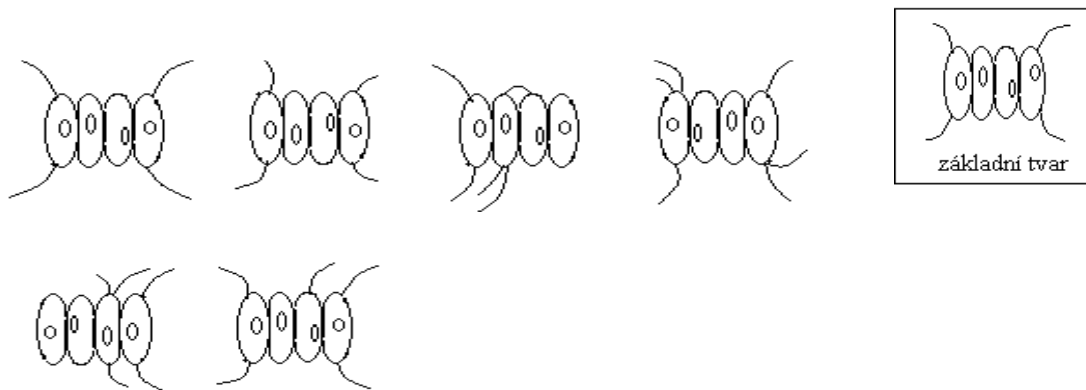


Obr. 33: Fenotypová plasticita rodu *Desmodesmus communis* způsobená vlivem turbulencí, pozorováno dne 31.1.2013 (2 dny od zahájení pokusu).



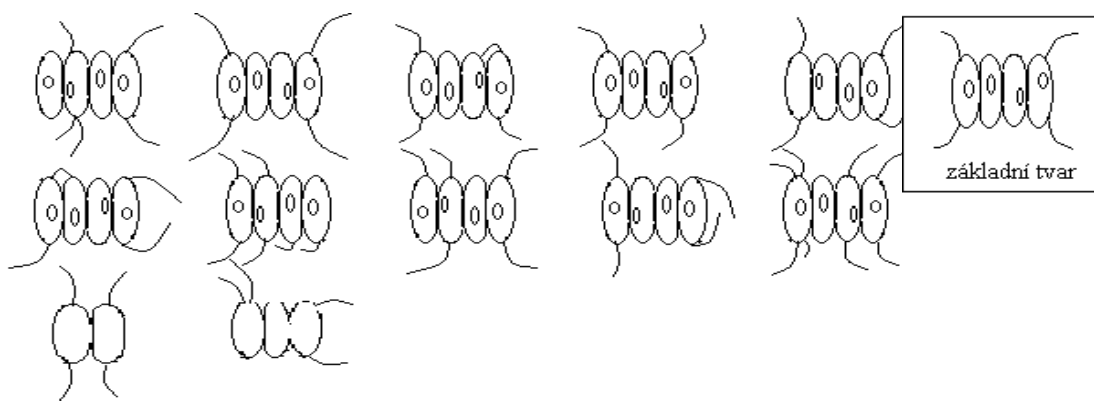
Obr. 34: Fenotypová plasticita rodu *Desmodesmus communis* způsobená vlivem turbulencí, pozorováno dne 1.2.2013 (3 dny od zahájení pokusu).

Dne 4.2.2013 zcela vymizela 2-buněčná cenobia. Odlišné fenotypy 4-buněčných cenobií se při této kontrole vyskytovaly jen ve výjimečných případech. Občas byly spatřeny na jedné buňce v cenobiu dva ostny (Obr. 35; Příloha 24).



Obr. 35: Fenotypová plasticita rodu *Desmodesmus communis* způsobená vlivem turbulencí, pozorováno dne 4.2.2013 (6 dnů od zahájení pokusu).

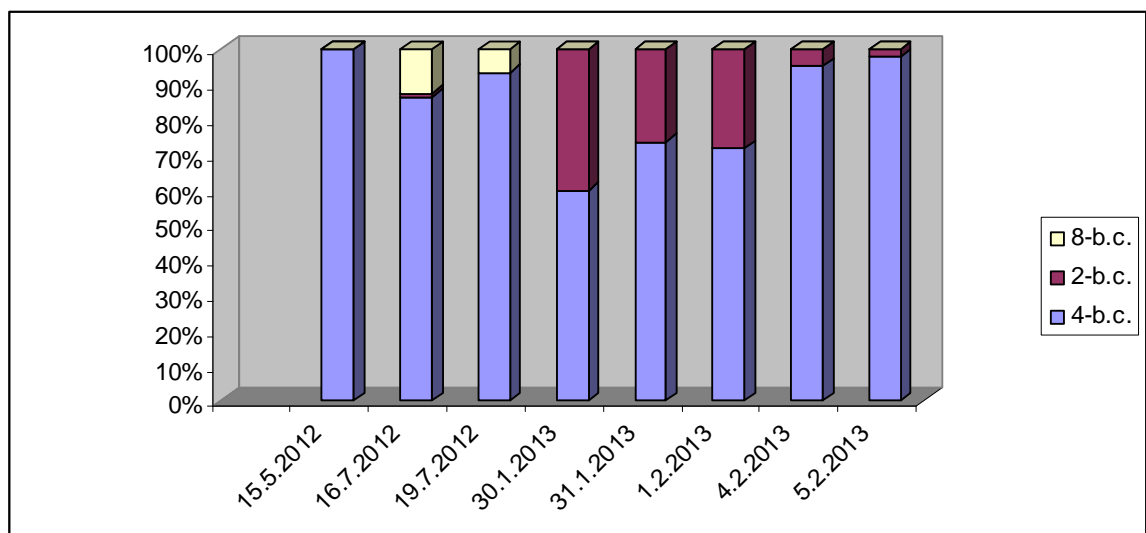
Při kontrole 5.2.2013 se opět vyskytovala pouze 4-buněčná cenobia. Cenobia 2-ani 8-buněčná buněčná vůbec nevyskytovala. Při této kontrole měly opět některé buňky i dva ostny (Obr. 36; Příloha 24). V tento den bylo v baňce menší množství výživného media. Medium v baňce mělo temně zelenou barvu. Pravděpodobně docházelo ke zvýšení reprodukci a tvorbě nových cenobií. Je zde pravděpodobnost, že turbulence těmto řasám vyhovují. Při další kontrole 7.2.2013 nebylo možné provést kontrolu pod mikroskopem, jelikož BBM v baňce bylo vyschlé.



Obr. 36: Fenotypová plasticita rodu *Desmodesmus communis* způsobená vlivem turbulencí, pozorováno dne 5.2.2013 (7 dnů od zahájení pokusu).

Ve všech uvedených termínech byly pozorovány různé projevy fenotypové plasticity. Nejvíce morfologických variet bylo v prvním pokusu. Ve druhém pokusu bylo menší množství fenotypů. Ostny se někdy vyskytovaly na jedné buňce více jak jeden a ohýbaly ve všech směrech (Obr. 30–36).

Četnosti 2-, 4- a 8-buněčných cenobíí se pod vlivem turbulencí v rámci jednotlivých termínů signifikantně liší (Yatesova transformace Chi-kvadrát testu, D. f. = 14, H = 242,69, P < 0,05; Příloha 25). Na počátku prvního pokusu (16.7.2012) se objevovala 4- a 8-buněčná cenobia. Odlišný byl druhý pokus (zahájen 29.1.2013), kdy se nevyskytovala vůbec 8-buněčná cenobia. V tomto pokusu se hojně (až 40 %) vyskytovala 2-buněčná cenobia. Jejich četnost však od 30.1.2013 postupně klesala (Obr. 37).



Obr. 37: Četnosti 2-, 4- a 8-buněčných cenobíí pod vlivem turbulencí.

4.3.2 Morfologické parametry *Desmodesmus communis*

Rod *Desmodesmus communis* reagoval prokazatelně na vliv turbulencí v laboratorním prostředí, proto musely být sledovány i ostatní parametry: délka cenobia, šířka cenobia, šířka buňky, délka ostnů a vzdálenost ostnů (Příloha 26–32). Tyto změny (plastické znaky u 4-buněčných cenobíí) také potvrdily Kolmogorov-Smirnov test a Shapiro-Wilcox test, které zamítly normalitu (P > 0,05; Příloha 33–37).

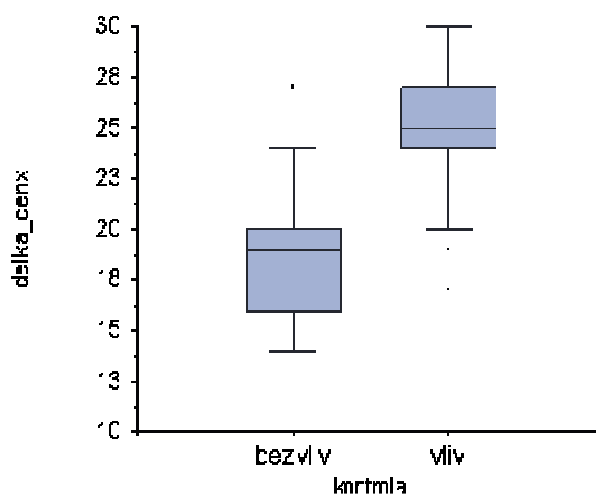
V těchto testech je dohromady zahrnut 1. (16. –19.7.2013) i 2. (30.1.–5.2.2013) experiment s turbulencemi.

Délka 4-buněčného cenobia

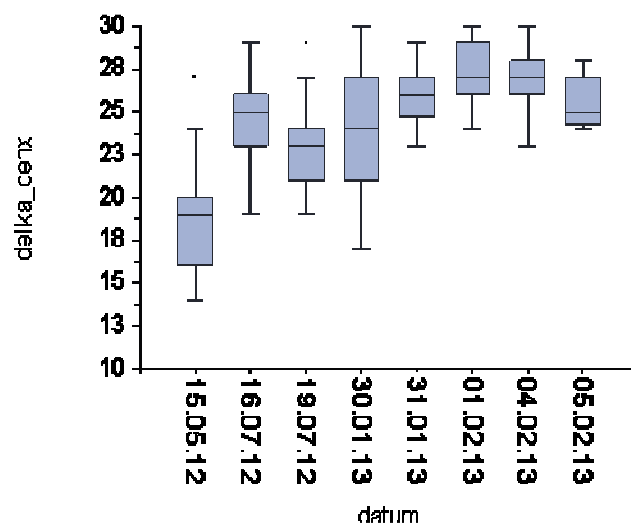
Délka cenobia u kontrolního vzorku a ostatních vzorků pod vlivem turbulencí se signifikantně liší (Kruskal-Wallis One-Way ANOVA, $H = 64,10394$, $P = 0,00000$; Obr. 38; Příloha 26–32). Délka cenobií se signifikantně v různých datech kontrol liší (Kruskal-Wallis One-Way ANOVA, $H = 121,6229$, $P = 0,000000$), konkrétně (Kruskal-Wallis PostHoc Test, $Z > 1,96$; Obr. 39; Příloha 33).

Délka 4-buněčných cenobií měla u kontrolního vzorku medián 19 μm (rozmezí 14–24 μm), oproti tomu délka 4-buněčných cenobií měla pod vlivem turbulencí výrazně odlišný medián (25 μm , rozmezí: 20–30 μm).

Z Obr. 39 je patrné, že se délky cenobií po zahájení vlivu turbulencí náhle zvětšují. Od 30.1.2013 se délka cenobií zvětšovala. Maximální medián 27 μm byl dne 1.2.2013, poté se začala délka cenobií opět vracet do původního stavu.



Obr. 38: Délka 4-buněčného cenobia u kontrolního vzorku a ostatních vzorků pod vlivem turbulencí (Kruskal-Wallis One-Way ANOVA, $H = 64,10394$, $P = 0,00000$).



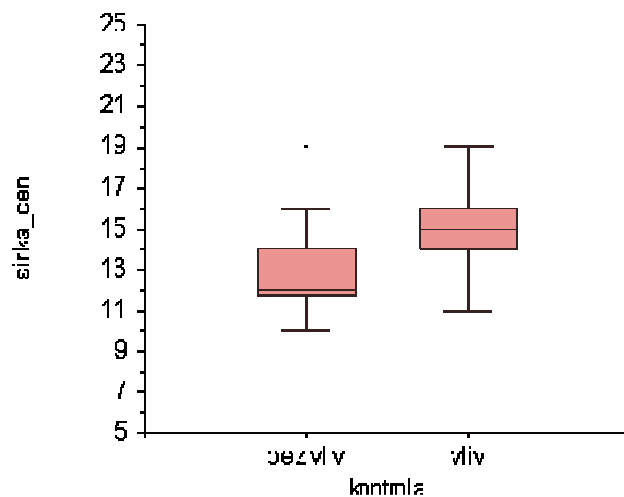
Obr. 39: Délka 4-buněčných cenobií v různých datech pod vlivem turbulencí (Kruskal-Wallis One-Way ANOVA, $H = 121,6229$, $P = 0,000000$).

Šířka 4-buněčného cenobia

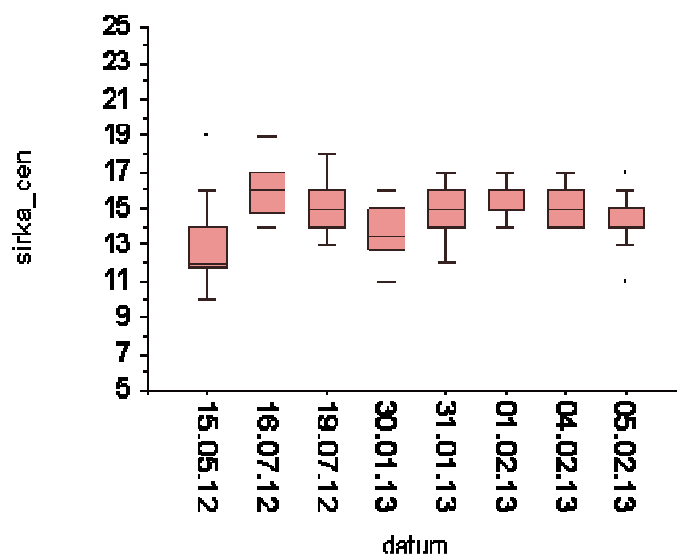
Šířka 4-buněčných cenobií u kontrolního vzorku a ostatních vzorků pod vlivem turbulencí se signifikantně liší (Kruskal-Wallis One-Way ANOVA, $H = 29,77784$, $P = 0,00000$, Obr. 40; Příloha 26–32). Šířka cenobií se signifikantně v různých datech liší (Kruskal-Wallis One-Way ANOVA, $H = 62,69685$, $P = 0,00000$), konkrétně (Kruskal-Wallis PostHoc Test, $Z > 1,96$, Příloha 34).

K výrazným změnám docházelo u 1.pokusu (16.7–19.7.), kdy se šířka 4-buněčných cenobií zvětšila (medián: 18 μm) oproti kontrolnímu vzorku (12 μm , Obr. 41).

U 2. pokusu došlo také ke zvětšení šířky 4-buněčného cenobia. Dne 31.1.2013 byl medián 13 μm a postupně se zvyšoval až ke dni 1.2.2013 (medián: 15 μm). Poté se začala šířka cenobií postupně snižovat (Obr. 41).



Obr. 40: Šířka 4-buněčného cenobia u kontrolního vzorku a ostatních vzorků pod vlivem turbulencí (Kruskal-Wallis One-Way ANOVA, $H = 29,77784$, $P = 0,00000$).



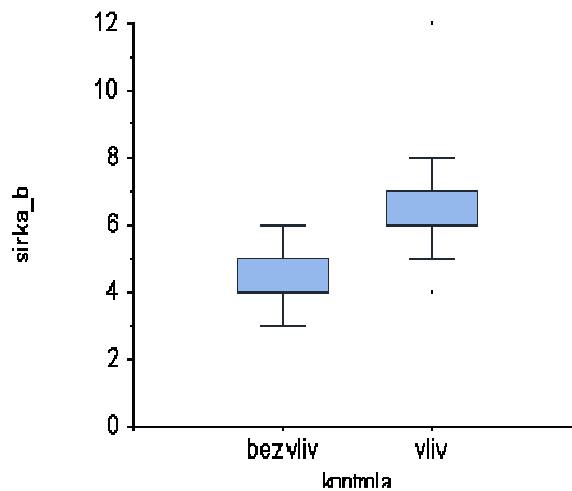
Obr. 41: Šířka 4-buněčných cenobií pod vlivem turbulencí v různých datech (Kruskal-Wallis One-Way ANOVA, $H = 62,69685$, $P = 0,00000$).

Šířka buňky 4-buněčného cenobia

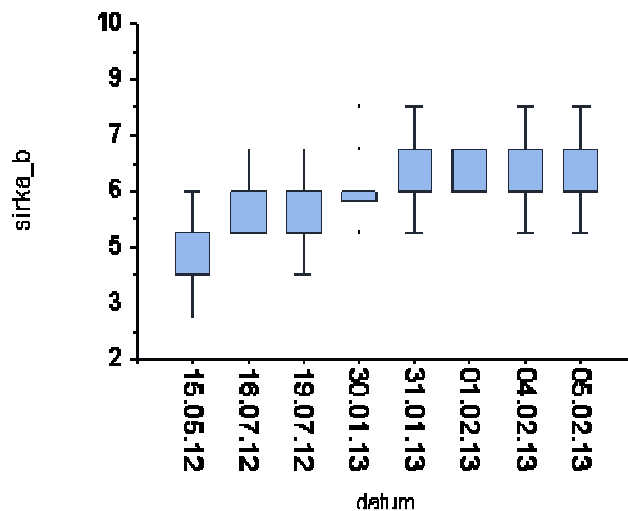
Šířka buňky u kontrolního vzorku a ostatních vzorků pod vlivem turbulencí se signifikantně liší (Kruskal-Wallis One-Way ANOVA, $H = 55,19225$, $P = 0,000000$; Obr. 42; Příloha 26–32). Šířka buňky se signifikantně v různých datech kontrol liší

(Kruskal-Wallis One-Way ANOVA, $H = 120,9366$, $P = 0,00000$), konkrétně (Kruskal-Wallis PostHoc Test, $Z > 1,96$; Příloha 35).

Šířka buňky 4-buněčných cenobií bez vlivu turbulencí dosahovala rozmezí 3–6 μm (medián: 4 μm), zatímco pod vlivem trubulencí dosahovala rozmezí 5–8 μm (medián: 6 μm ; Obr. 42). U druhého pokusu však došlo ke změně a medián 7 μm byl ve všech datech kontrol (kromě 30.1.2013; Obr. 43). Šířka buňky 4-buněčného cenobia se pod vlivem turbulencí signifikantně zvětšuje.



Obr. 42: Šířka buňky 4-buněčného cenobia u kontrolního vzorku a ostatních pod vlivem turbulencí (Kruskal-Wallis One-Way ANOVA, $H = 55,19225$, $P = 0,000000$).

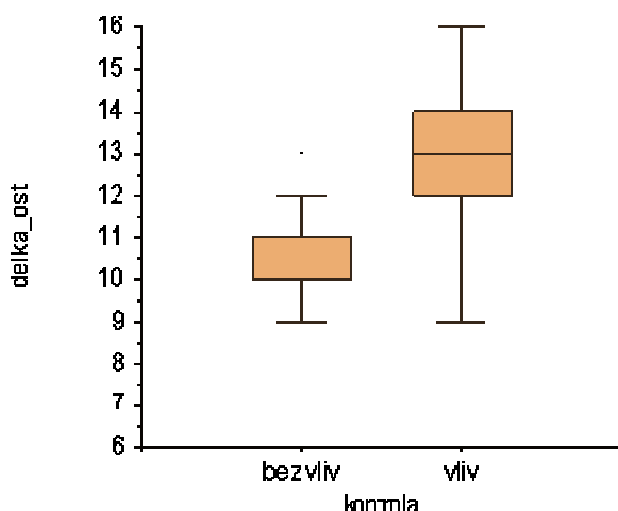


Obr. 43: Šířka buňky 4-buněčného cenobia pod vlivem turbulencí v různých datech liší (Kruskal-Wallis One-Way ANOVA, $H = 120,9366$, $P = 0,00000$).

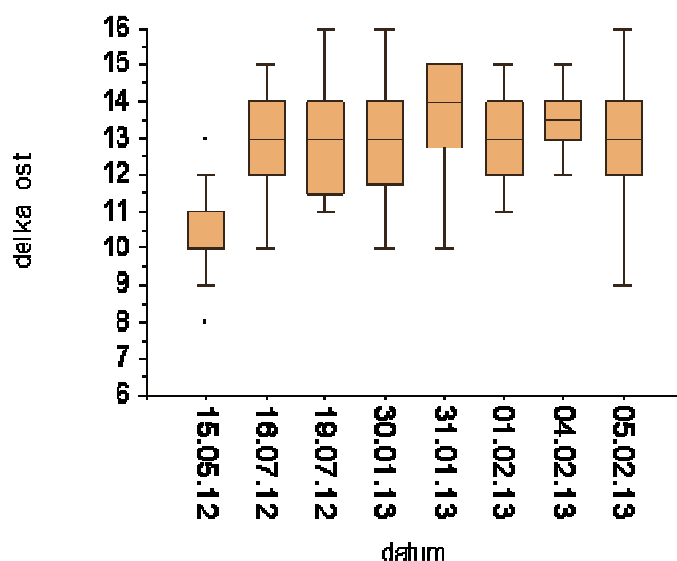
Délka ostnů 4-buněčného cenobia

Délka ostnů u kontrolního vzorku a ostatních pod vlivem turbulencí se signifikantně liší (Kruskal-Wallis One-Way ANOVA, $H = 55,19225$, $P = 0,000000$; Obr. 44; Příloha 26–32). Délka ostnů se signifikantně v různých datech kontrol liší (Kruskal-Wallis One-Way ANOVA, $H = 52,88792$, $P = 0,000000$), konkrétně (Kruskal-Wallis PostHoc Test, $Z > 1,96$; Obr. 45; Příloha 36).

Délka ostnů u 4-buněčných cenobií se vlivem turbulencí výrazně zvětšuje jak u 1. tak i u 2. opakování experimentu. Délka ostnů bez vlivu turbulencí je v rozmezí od 9 do 12 μm (medián 10 μm), zatímco u vzorků s vlivem turbulencí se medián pohybuje ve všech datech kontrol v rozmezí 13–14 μm . Je tak zřejmé, že se délka ostnu zvětší, ale poté už se nemění (Obr. 45).



Obr. 44: Délka ostnů 4-buněčného cenobia u kontrolního vzorku a ostatních vzorků pod vlivem turbulencí (Kruskal-Wallis One-Way ANOVA, $H = 55,19225$, $P = 0,000000$).

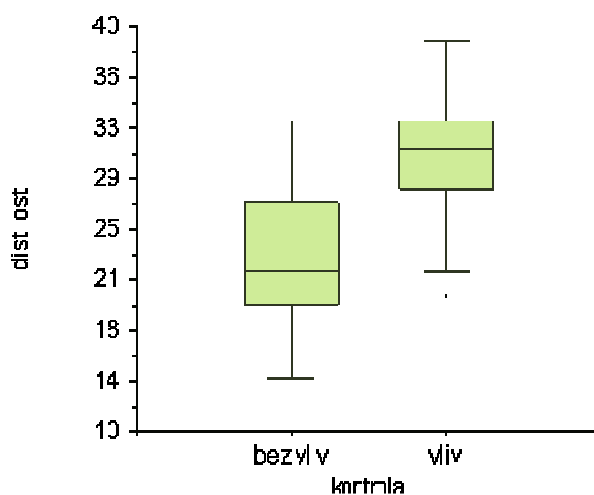


Obr. 45: Délka ostnů 4-buněčného cenobia pod vlivem turbulencí v různých datech (Kruskal-Wallis One-Way ANOVA, $H = 52,88792$, $P = 0,00000$).

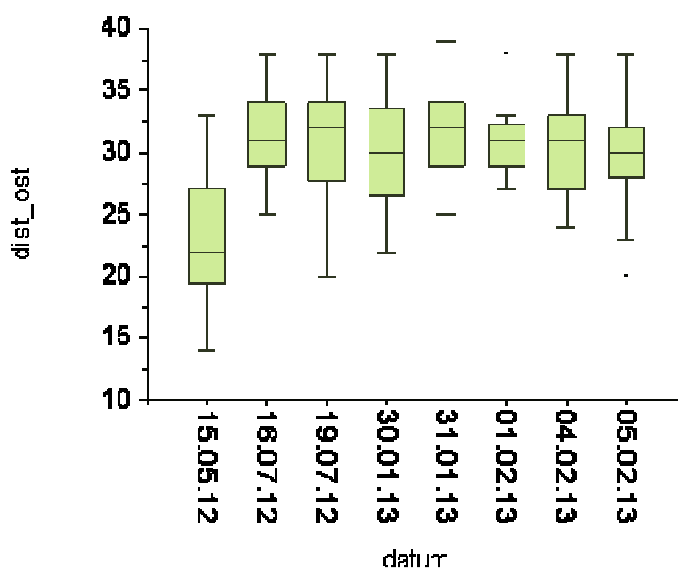
Vzdálenost mezi apikálními ostny u 4-buněčného cenobia

Vzdálenost mezi apikálními ostny 4-buněčného cenobia u kontrolního vzorku a ostatních vzorků pod vlivem kairomonů se signifikantně liší (Kruskal-Wallis One-Way ANOVA, $H = 48,76586$, $P = 0,000000$; Obr. 46; Příloha 26–32). Vzdálenost mezi ostny se signifikantně v různých datech kontrol liší (Kruskal-Wallis One-Way ANOVA, $H = 52,32952$, $P = 0,0000$), konkrétně (Kruskal-Wallis PostHoc Test, $Z > 1,96$; Obr. 47; Příloha 37).

Vzdálenost mezi apikálními ostny bez vlivu turbulencí byla 14–33 μm (medián 21 μm). Je zřejmé, že turbulence mají vliv na vzdálenost apikálních ostnů, jelikož hodnoty byly v rozmezí 21–37 μm (medián: 31 μm ; Obr. 46). Avšak v jednotlivých datech kontrol se od 16.7.2012 a 30.1.2013, kdy došlo k výraznému zvětšení vzdálenosti mezi apikálními ostny, nijak výrazně hodnoty neměnily.



Obr. 46: Vzdálenost mezi ostny 4-buněčného cenobia u kontrolního vzorku a ostatních vzorků pod vlivem kairomonů (Kruskal-Wallis One-Way ANOVA, $H = 48,76586$, $P = 0,000000$).



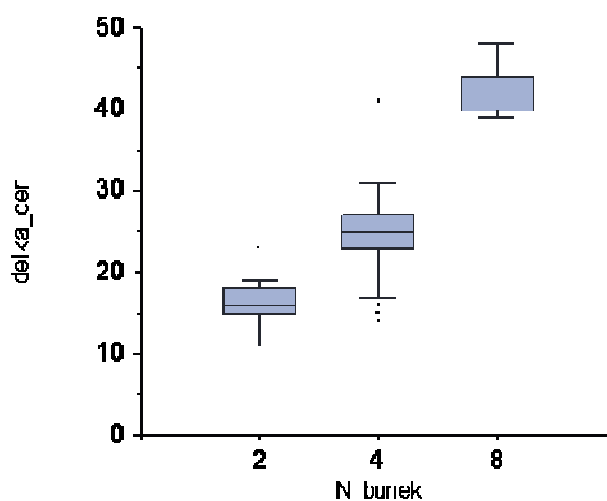
Obr. 47: Vzdálenost mezi ostny 4-buněčného cenobia pod vlivem turbulencí v různých datech (Kruskal-Wallis One-Way ANOVA, $H = 52,32952$, $P = 0,0000$).

4.3.3 Rozdíly v morfometrických znacích u 2-, 4- a 8-buněčných cenobií pod vlivem turbulencí

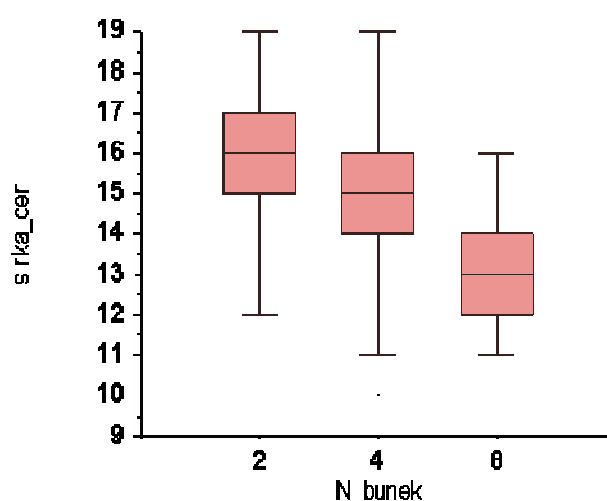
Další kapitola popisuje rozdíly v morfometrických znacích u 2-, 4- a 8-buněčných cenobií (Příloha 26–32).

Délka cenobií se u 2-, 4- a 8-buněčných cenobií signifikantně liší (Kruskal-Wallis One-Way ANOVA, $H = 188,2962$, $P = 0,0000$). Největší délku cenobií měla 8-buněčná cenobia od délce 46 μm (medián), pak 4-buněčná cenobia 25 μm (medián) a 2-buněčná cenobia 16 μm (medián; Kruskal-Wallis PostHoc Test, $Z > 1,96$; Obr. 48).

Šířka cenobií se u 2-, 4- a 8-buněčných cenobií signifikantně liší (Kruskal-Wallis One-Way ANOVA, $H = 38,20204$, $P = 0,000037$). Šířka 8-buněčných cenobií byla o hodně menší (medián: 13 μm) než u 4-buněčných cenobií (medián: 15 μm). Největší šířku měla 2-buněčná cenobia (medián: 16 μm ; Kruskal-Wallis PostHoc Test, $Z > 1,96$; Obr. 49).



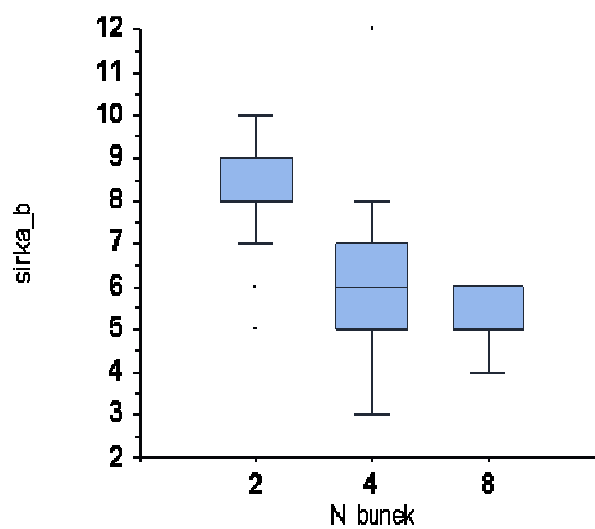
Obr. 48: Délka cenobií u 2-, 4- a 8-buněčných cenobií pod vlivem turbulencí.



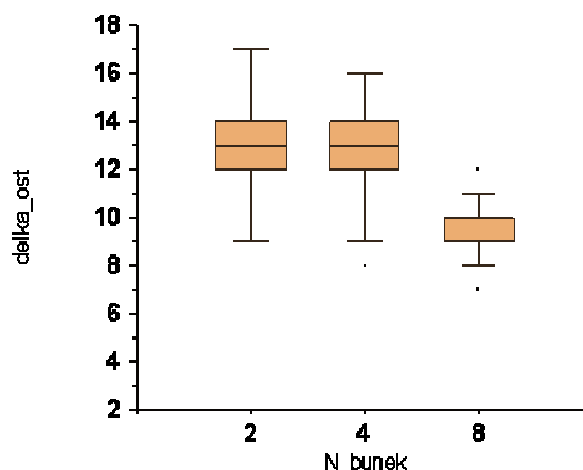
Obr. 49: Šířka cenobií u 2-, 4- a 8-buněčných cenobií pod vlivem turbulencí.

Šířka buňky se u 2-, 4- a 8-buněčných cenobií signifikantně liší (Kruskal-Wallis One-Way ANOVA, $H = 163,413$, $P = 0,00000$). Cenobia 2-buněčná měla nejširší buňky $8 \mu\text{m}$ (medián), nejmenší šířku buňky měla 8-buněčná cenobia $5 \mu\text{m}$ (medián; Kruskal-Wallis PostHoc Test, $Z > 1,96$; Obr. 50).

Délka ostnu se u 2-, 4- a 8-buněčných cenobií signifikantně liší (Kruskal-Wallis One-Way ANOVA, $H = 25,33999$, $P = 0,00000$). Délka ostnu byla u 2- a 4-buněčných cenobií stejná (medián: $13 \mu\text{m}$). Velmi krátké ostny měla 8-buněčná cenobia (medián: $10 \mu\text{m}$; Kruskal-Wallis PostHoc Test, $Z > 1,96$; Obr. 51).



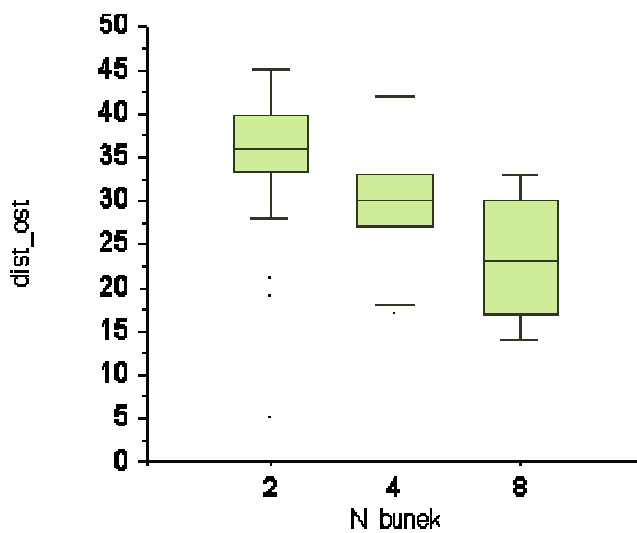
Obr. 50: Šířka buněk. u 2-, 4- a 8-buněčných cenobií.



Obr. 51: Délka ostnu u 2-, 4- a 8-buněčných cenobií.

Vzdálenost mezi apikálními ostny se u 2-, 4- a 8-buněčných cenobií signifikantně liší (Kruskal-Wallis One-Way ANOVA, $H = 103,2658$, $P = 0,00000$).

Největší vzdálenost apikálních ostnů měla 2-buněčná cenobia (medián: 35 μm), 4-buněčná cenobia měla hodnotu mediánu 30 μm . Nejmenší vzdálenost apikálních ostnů měla 8-buněčná cenobia (medián: 23 μm ; Kruskal-Wallis PostHoc Test, $Z > 1,96$; Obr. 52).



Obr. 52: Vzdálenost apikálních ostnů u 2-, 4- a 8-buněčných cenobií.

5 Diskuze

5.1 Kontrolní vzorek

Desmodesmus communis je chlorokokální, cenobiální zelená řasa (Scenedesmaceae, Chlorophyta) se širokým spektrem výskytu ve sladkých vodách se střední teplotou a mírnou eutrofizací. Buňky jsou lineárně uspořádané ve 2-, 4- či 8-buněčných cenobiích. (BICA et al., 2012).

Základem této práce bylo vyizolovat vlastní monospecifickou kulturu rodu *Desmodesmus*. Izolát, který byl dle HINDÁKA et KOMÁRKA (1978) a HINDÁKA (1990) určen jako druh *D. communis*. Ve vlastní izolované kultuře se při kontrole 15.5.2012 (těsně před započítím všech experimentů) vyskytovala pouze 4-buněčná cenobia s dvěma ostny situovanými proti sobě na každé apikální buňce. Na žádném cenobiu nebyly spatřeny ostny na vnitřních buňkách.

Bučková (data nepublikována) sledovala fenotypovou plasticitu *Desmodesmus communis* při kontinuální laboratorní teplotě 22 °C ve 2N BBM. V průběhu kultivace (27.6.–12.7.2012) byly zaznamenány i jiné fenotypy nežli bylo pozorováno 15.5.2012 při úvodní kontrole kultury. V každém termínu kontroly experimentu Bučková našla 2- a 4-buněčná cenobia. Některá 4-buněčná cenobia měla navíc jeden ostn na vnitřní buňce. Dne 4.7. (po 7 dnech kultivace) byla nalezena 8-buněčná cenobia se čtyřmi apikálními ostny (ústní sdělení, data nepublikována). Ačkoliv v původní vlastní kultuře 15.5.2012 nebyly tyto fenotypy spatřeny, je možné, že některé fenotypy, které se objevovaly v experimentech na vliv kairomonů a turbulencí nemusely vznikat přímo jako následky těchto faktorů, ale mohly souviset s růstem kultury za konstantních laboratorních podmínek.

5.2 Shrnutí výsledků statistických metod

5.2.1 Kairomony

Predace je významným faktorem úmrtnosti planktonních druhů. Proto si planktonní organismy vyvinuly širokou škálu obranných mechanismů, aby se chránily před spásáním. Mnoho druhů fytoplanktonu je flexibilních ve své morfologii a v biochemickém složení. Řasy se tak brání před požití predátory a při požití, aby přežily v jejich střevě. Například Chlorophyta jsou celkem snadno prozřetelné, ale těžko stravitelné. Jsou také značně fenotypově plastické při výskytu predátorů ve svém okolí. Jednotlivé kmeny různých druhů rodu *Desmodesmus* utváří 2-, 4-, 6-, 8- a více buněčná cenobia. Buňky se liší v počtu a velikosti trnů (VAN DONK, 2007).

Někteří vědci zjišťovali, zda nemohou být tyto změny vyvolány výkaly *Daphnia*, ale výzkum LÜRLINGA et ELERTA (2001) prokázali, že změny ve fenotypové plasticitě rodu *Desmodesmus* jsou vyvolávané hlavně tzv. kairomony. Tyto látky stimulují tvorbu kolonií i u jednobuněčných kmenů *Desmodesmus subspicatus*, pokud jsou zelené řasy vystaveny mediu, kde byla *Daphnia* pěstovaná. Je to hlavní informace o tom, že se v prostředí vyskytnul predátor. Rod *Desmodesmus* nebo i *Scenedesmus* tak začnou tvořit více buněčné kolonie (nejúčelnější jsou 8-buněčné kolonie), jejich hlavním důvodem je obrana před spásáním. Močovina, kterou *Daphnia* vypouští společně s kairomony má na fenotypovou plasticitu jen minimální význam (LÜRLING et ELERT, 2001).

Bylo prokázáno, že *Daphnia* má vysoké nároky na přítomnost fosfátů, ale do svého okolí je již nevyklučuje. Proto je vyloučené, aby řasy reagovaly v přítomnosti zooplanktonu na přítomnost fosforu (LAMPERT et WILTSHIRE, 1999). V tomto výzkumu byly znatelné vlivy kairomonů na buňky rodu *Desmodesmus*. Tento rod začal vytvářet různé trny, ostny a výběžky a byly patrné rozdíly v umístění těchto výrůstků na cenobiích. Je pravděpodobné, že tyto změny těmto organismům umožňují lépe se bránit před spásání predátory.

Vliv kairomonů na fenotypovou plasticitu *Desmodesmus communis* byl v provedených experimentech výrazný. Je třeba brát v potaz, že vzorky nebyly zcela sterilní a mohly obsahovat i přes filtraci (po kultivaci zooplanktonu *Daphnia*) další

mikroskopické organismy. Vzorky nemohly být sterilizovány, jelikož by se tímto rozložily chemické látky (kairomony) vylučované zooplanktonem (LAMPERT et WILTSHIRE, 1999). Dle výzkumů LÜRLING (2009) by první změny ve fenotypové plasticitě u řas, by měly být patrné již po 48 hod. vlivu kairomonů. Přítomnost kairomonů v kultivacích nebylo možné prokázat chemickými testy. Metodika tohoto pokusu byla založena na základě prostudovaných článků (LAMPERT et WILTSHIRE, 1999; LÜRLING, 2009). První sledování proběhlo 19.5.2012, tj. po třech dnech od zahájení pokusu (16.5.2012).

Kairomony pravděpodobně začaly ovlivňovat fenotypy již od první kontroly kultury *Desmodesmus communis*, kdy se začaly utvářet první morfotypy. Statistické neparametrické metody (viz kap. 3.2.7) prokázaly vrchol probíhajících sledovaných změn v kultuře 28.5.2012 (tj. po 12 dnech od naočkování). HESSEN et VAN DONK (1993) ve výzkumu prokázal rozpad kairomonů po 15 dnech ve filtrátu.

Do 28.5.2012 se 4-buněčná cenobia neustále zvětšovala ve všech studovaných parametrech (kromě délky ostnů). Vytvářela se cenobia s různým počtem ostnů či trnů. Se zvětšující se šířkou buňky se zvětšovala i délka cenobia. Pokaždé byla měřena v pořadí stejná vnitřní buňka *Desmodesmus communis*. Je možné, že šířka apikální buňky mohla dosahovat jiných rozměrů než vnitřní buňka, ale tento parametr nebyl sledován. Tímto se potvrdila hypotéza z kap. 3.1.1 (Obr. 1).

Zvětšující se 4-buněčná cenobia mají pravděpodobně větší možnost se uchránit před spásáním predátory, ačkoliv byly v kultivačním mediu přítomné pouze specifické látky zooplanktonu *Daphnia*. Cenobia 8-buněčná vytvářela širší buňky a měla největší rozpětí apikálních ostnů (obrana proti spasení). Naproti tomu 2-buněčná cenobia nevykazovala téměř žádnou obranu. Apikální ostny velmi často přimykaly k buňkám. Pravděpodobně by zbytečně vynakládaly energii na obranné strategie, jelikož jejich velikost byla vhodná pro spasení predátory.

LAMPERT et al. (1994) uvádějí zvětšování buněk v přítomnosti zooplanktonu. Autoři zjišťovali, jaké látky tuto reakci způsobují. Ve svém výzkumu za laboratorních podmínek nezjistili, že by řasy reagovaly přímo na látky jako je například močovina. Podle nich řasy morfologicky reagují přímo na přítomnost zooplanktonu a na jejich exkrementy, které obsahují výživné látky pro zelené řasy. Toto potvrzují i další studie (LÜRLING et ELERT, 2001).

Vlivem zvětšování buněk řas může docházet k omezení počtu dalších generací z důvodu spotřebované energie do růstu buněk. Je proto otázkou, jestli je pro řasy výhodné takto energii využívat. Z omezujícím se počtem generací je zde velké riziko, že nemusí přežít ani jedna generace a dojde tak úhynu rodu v dané oblasti (LÜRLING et ELERT, 2001).

Od 31.5.2012 se všechny sledované parametry začaly vracet do původního stavu. Pravděpodobně se kairomony začaly v kultivacích rozpadat (HESSEN et VAN DONK, 1993).

HESSEN et VAN DONK (1993) popsali vliv perloočky *Daphnia* na fenotypovou plasticitu rodu *Desmodesmus subspicatus*. Při pokusu ve filtrátu z těchto perlooček vznikaly velké 4- až 8-buněčné kolonie s pevnějšími a delšími trny. Přítomnost zooplanktonu ovlivňoval i další organismy ze skupiny Chlorophyceae, dva kmeny Bacillariophyceae a tři kmeny Cyanophyceae (HESSEN et VAN DONK, 1993).

Řasa *Staurastrum* se zvyšujícím se počtem zooplanktonu, začne produkovat více slizu na povrchu buněk, začnou se shlukovat a poklesat ve vodním sloupci. U řasy *Staurastrum* indukovaly *Daphnia* tvorbu hlenu a shlukování buněk tak, aby byly co nejvíce chráněny před spasením zooplanktonem *Daphnia* totiž produkováním kairomonů varuje ostatní o jejich přítomnosti. Avšak to může ovlivňovat další zooplankton ze skupin *Cladocera* a *Copepoda*. Zelené řasy na tuto látku začnou reagovat, až když je zooplankton dospělý, v raných stádiích zooplankton kairomony produkuje jen minimálně. Přesné účinky těchto chemických látek ještě nejsou přesně známy. Rody *Scenedesmus* nebo *Pediastrum* vegetují v podobě menších cenobií (menší buňky v cenobiích), ale v přítomnosti predátorů, zvláště korýšů (*Crustacea*), nastartují svůj obranný mechanismus. Začnou svoje buňky zvětšovat a tvořit četnější cenobia (kolonie jednobuněčných organismů, které mají určitou formu a organizaci, která se chová jako jednotlivce a reprodukuje dceřiná cenobia o minimální počtu 6 a více buněk, LAMPERT et WILTSHIRE, 1999). Proto lze předpokládat, že takto budou reagovat i ostatní druhy řas, ale není to pravidlem. Protože zelené řasy tvoří cenobia i bez přítomnosti predátorů, pravděpodobně to ovlivňují i další látky (přítomnost dusíků, močoviny a čpavku). Autoři v experimentech zjistili, že hlavním důvodem tvorby cenobií je močovina, produkovaná *Daphnia* a amoniak nemá pravděpodobně žádný účinek.

Jednobuněčný *Scenedesmus subspicatus* a cenobiální *S. obliquus* začali tvořit po přidání *Daphnia magna* 2-, 4- až 8-buněčná cenobia. Avšak změny vyvolávala i

většina druhů skupiny *Cladocera*, buchanky (*Eudiaptomus*) a někteří vířníci (LAMPERT et WILTSHIRE, 1999). Tzn. zelené řasy reagují na přítomnost různých predátorů nezávisle na jejich druhu.

5.2.2 Turbulence

Turbulence, jak dokázal tento výzkum, mají veliký vliv na plasticitu rodu *Desmodesmus*. Tento pokus měl velké úskalí. Docházelo k vysychání kultivovaných vzorků. Baňky s živným médiem 2N BBM byly uzavřené smotanou buničitou vatou, ve které byl zaveden přívod vzduchu z kontinuálního vzduchování. Baňky z důvodu přísunu vzduchu nemohly být uzavřeny těsně. Pokusy musely být ukončeny poté, co v baňkách vyschnul kultivační roztok (dále již nebylo možné odebrat vzorky pro mikroskopická pozorování).

V závislosti na těchto podmínkách začal izolát *Desmodesmus* vytvářet ostny a trny na apikálních i vnitřních buňkách ve všech datech kontrol (viz. Obr. 30–37). Tímto se potvrdila hypotéza z kap. 3.1.2 (Obr. 3).

Řasy vytváří různé ostny a trny nejen jako obranu před predátory. LÜRLING et VAN DONK (2000) uvádějí, že tyto výrůstky zvyšují vztlak ve vodním sloupci a tím se zpomaluje jejich sedimentace. Čím jsou větší cenobia, tím dochází k rychlejšímu poklesu do eufotické zóny, kde mají nevyhovující podmínky pro svůj život, ačkoliv tyto řasy jsou schopny přežít dlouhé období temna. Řasy musí volit jaká strategie je pro ně vhodnější (obrana před predátory či zabránění poklesu ve vodním sloupci). Tyto reakce nejsou strategie pouze rodů *Desmodesmus* a *Scenedesmus*. Při poklesu do eufotické zóny se kolonie rozpadnou a začnou sloužit jako inokula pro vhodnější období (např. nepřítomnost predátorů), nebo se opět vznesou nad eufotickou zónu, kde pak pravděpodobně dojde k rozmnožování (LÜRLING et VAN DONK, 2000).

Například rod *Pedistarium* má odlišnou strategii proti poklesu ve vodním sloupci. Tato zelená řasa vytváří na každé okrajové buňce slizové „stopky“ či vlákna, která se prokazatelně vytvořila proti vlivu turbulencí. Tyto vlákna jsou viditelná až po obarvení např. Lugolovým roztokem nebo methylenovou modří. Tyto vlákna mohou být 10–15x delší než je průměr buňky a odpovídají zhruba průměru cenobia. Tyto vlákna jsou měkké a pružné struktury, které nebrání spasení zooplanktonem (PADISÁK et al., 2003).

Na fenotypovou plasticitu zelených řas způsobené vlivem turbulencí je bohužel prozatím publikováno velmi málo vědeckých článků.

Výzkum turbulencí obsahoval 2 časově oddálená opakování. Data z 2. pokusu potvrdila naměřené hodnoty z 1. pokusu. Pokus zahájený dne 13.7.2012 se výrazně lišil od 2. experimentu zahájeného dne 29.1.2013 ve fenotypovém projevu druhu *Desmodesmus communis*. Je to pravděpodobně dáno odlišným ročním obdobím, který se vyznačuje různou délkou dne, kdy byly prováděny experimenty (letní období: 13.7.–19.7.2012; zimní období: 29.1.–5.2.2013). Při 1. pokusu se ve všech datech kontrol objevovala 8-buněčná cenobia, která nebyla vůbec zaznamenána ve 2. pokusu, kde byl naopak větší výskyt 2-buněčných cenobií (viz. Obr. 37). Tento výsledek nepotvrdil hypotézu z kap. 3.1.2 (Obr. 2), jelikož data ohledně četnosti se v jednotlivých pokusech nepotvrdila. Druh *Desmodesmus communis* vytváří pravděpodobně různě početná cenobia způsobená jiným vlivem, který nebyl sledován.

Podle výsledků lze tvrdit, že jsou turbulence pro rod *Desmodesmus* dokonce prospěšné. Ve vzorcích (31.1.–1.2.2013) docházelo k náhlému dělení buněk, které např. nebylo zpozorováno u vzorků s kairomony. Řasy mohou zvýšit svoji reprodukci z důvodu snazšího přežití nepříznivých podmínek. Cenobia, která se dostanou do eufotické zóny velmi dlouho vydrží nepříznivé podmínky a časem je turbulence vodního prostředí opět dostanou do příznivějších vrstev. Čím je vyšší abundance těchto zelených řas, tím je větší pravděpodobnost jejich přežití (LÜRLING, 2009).

Zajímavé byly statistické výsledky délky a šířky 4-buněčných cenobií, které dosahovaly maximálních hodnot vždy 3. den po zahájení experimentů (16.7.2012, 1.2.2013). Cenobia 2-buněčná byla celkově větší než 4- a 8-buněčná cenobia. Je tak pravděpodobné, že 2-buněčná cenobia dosahují větších rozměrů s větším rozpětím apikálních ostnů než 4-buněčná cenobia mají větší šanci udržet se ve svrchní vrstvě vodního sloupce. Tyto výsledky jsou úplně opačných hodnot, než tomu bylo u vlivu kairomonů.

5.3 Srovnání fenotypů s publikacemi

Vlastní výzkum prokázal vznik mnoha fenotypů druhu *Desmodesmus communis* způsobené vlivem kairomonů a turbulencí. Některé z těchto fenotypů byly ztotožněny s popisy jiných druhů nežli je *D. communis*.

Svým vzhledem se 2-buněčné cenobium, se čtyřmi apikálními ostny vyskytující se v experimentu (vliv kairomonů) dne 31.5.2012 o rozměrech buňky 10 x 4 μm, podobá druhu *Scenedesmus sempervirens* CHODAT (synonymum: *S. spinosus* CHODAT). Tento druh izoloval Hindák v roce 1986 (HINDÁK, 1990). Pro *S. sempervirens* však autor uvádí jiné rozměry buňky 5,5–8 x 1,8–2,5 μm nežli bylo zaznamenáno u fenotypu *D. communis* (Příloha 38, Obr. a). KOMÁREK et FOTT (1983) ovšem uvádějí rozměry, které odpovídají zaznamenanému fenotypu *D. communis*.

Ve výzkumu, sledování vlivu kairomonů na fenotypovou plasticitu, byla nalezena 2- (24.5. a 31.5.2012; Příloha 38, Obr. d, e) a 4-buněčná (24.5. a 28.5. 2012) cenobia. Cenobium 4-buněčné mělo jeden trn mezi dvěma apikálními ostny uprostřed apikální buňky (viz Příloha 38, Obr. b). Rozměry buňky 12 x 4 μm odpovídaly rozměrům buňky v publikaci KOMÁRKA et FOTTA (1983). Další 4-buněčné cenobium mělo lehce přimknuté apikální ostny k buňce (rozměry buňky 10 x 4 μm; Příloha 38, Obr. c). Oba tyto uvedené fenotypy jsou podobné druhu *Scenedesmus spinosus* CHODAT uvedené v publikaci od HINDÁKA (1990).

Cenobium 2-buněčné druhu *Scenedesmus subspicatus* CHODAT (synonyma: *S. quadricauda* f. *hyperabundans* GUTWIŃSKI, *S. spinosus* var. *bicaudatus* HORTOBÁGYI) je podobné objevenému fenotypu *D. communis* zaznamenanému v experimentu (vliv kairomonů) dne 7.6.2012. Cenobium mělo apikální ostny apikální buňky od sebe velmi vzdálené (Příloha 38, Obr. f). Rozměry buňky (11 x 3 μm) odpovídají uvedeným rozměrům uvedených v determinačním klíči (HINDÁK, 1990).

HINDÁK (1990) uvádí druh *Scenedesmus intermedius* CHODAT (synonymum: *S. intermedius* var. *bicaudatus* HORTOBÁGYI). Tento druh je podobný fenotypu nalezenému ve dnech 4.6.2012 (vliv kairomonů) a 31.1.2013 (vliv turbulencí; Příloha 38, Obr. g). Cenobium 2-buněčné se třemi apikálními ostny o rozměrech buňky 10 x 5 μm a délce ostnů 9 μm, rozměrově neodpovídá popisu Hindáka.

Fenotyp 4-buněčného cenobia se dvěma apikálními ostny, objevený v obou výzkumech dne 4.6.2012 a 19.7.2012 (Příloha 38, Obr. h) je v publikaci HINDÁKA (1990) popsán jako *Scenedesmus intermedius* CHODAT (synonymum: *S. intermedius* var. *bicaudatus* HORTOBÁGYI). Ten samý fenotyp je v publikaci KOMÁRKA et FOTTA, 1983) uveden jako *Scenedesmus bicaudatus* DEDUSENKO (synonymum: *S. quadricauda* var. *bicaudatus* HANSGIRG.).

Druh *Scenedesmus quadrispina* CHODAT (synonymum: *S. quadrispina* var. *spinosus* HORTOBÁGYI) byl popsán jako řasa tvořící mj. 2-buněčná cenobia, která mají všechny apikální ostny proti sobě umístěné téměř v jedné vertikální ose. Tento fenotyp (Příloha 38, Obr. i) byl objeven ve výzkumech dne 31.5.2012 (vliv kairomonů) a 1.2.2013 (vliv turbulencí). Rozměry buňky (18 x 6 μm) tohoto cenobia odpovídaly uvedeným rozměrům v determinačním klíči (HINDÁK, 1990).

6 Závěr

Cílem této práce bylo sledovat vliv predátorů a turbulencí na fenotypovou plasticitu rodu *Desmodesmus communis*.

Základem bylo vytvořit si vlastní monospecifickou izolovanou kulturu, která odpovídá jednomu genotypu. Tyto kultury byly ovlivněné kairomony a turbulencemi, na které reagovaly změnou fenotypu. V této práci byly statisticky srovnávány výsledky měření jednotlivých kontrol a byly zakresleny různé fenotypy tohoto druhu, které v determinačních klíčích odpovídají i jiným druhům rodu *Desmodesmus*. Vlastní výzkum ukázal, jak je tento rod variabilní a dokázal, že popisy druhů rodu *Desmodesmus* v determinačních klíčích nemusí odpovídat fylogenezi. Rod *Desmodesmus* vykazoval změny nejen ve velikosti buněk a cenobií, ale vytvářel trny a ostny o různých délkách na apikálních i vnitřních buňkách cenobií.

Tento výzkum může přispět k dalšímu sledování tohoto druhu nebo popřípadě k revizi tohoto taxonu. V některých případech mohl být druh *Desmodesmus communis* popisován jako několik odlišných druhů. Právě z tohoto důvodu je zapotřebí se této problematice dále věnovat a to nejen u tohoto druhu. Pokud by se tímto zabývalo více experimentů, pravděpodobně by poukázaly na problematiku počtu současných taxonů.

7 Resumé

Cílem této diplomové práce bylo zaznamenání fenotypové plasticity druhu *Desmodesmus communis* způsobené vlivem kairomonů vylučovaných predátory rodu *Daphnia* a vlivem turbulentního prostředí. V průběhu experimentů byly zaznamenány morfologické variability tohoto druhu (růst buněk a cenobií, ostnů, trnů a výběžků). Fenotypy nalezené v této práci byly porovnávány s publikacemi.

Klíčová slova:

Desmodesmus communis, fenotypová plasticita, kairomony, turbulence.

The aim of this thesis was to detect phenotypic plasticity of *Desmodesmus communis* caused by kairomons eliminated by predators *Daphnia* and turbulent environment. Morphological variability of this species were observed (growth of cell and cnohium, spines or projections). Phenotypes found in this work were compared with publications.

Keywords:

Desmodesmus communis, phenotypic plasticity, kairomons, turbulence.

8 Literatura

- AN, S.S, FRIEDL, T. et HEGEWALD, E. 1999. Phylogenetic relationships of *Scenedesmus* and *Scenedesmus*-like coccoid green algae as inferred from ITS-2 rDNA sequence comparisons. – *Plant Biology* **1**: 418-428.
- BERGSTROM, C., MCKEEL, C. et PATEL, S. 2007. Effects of pH on algal abundance: a model of Bay Harbor, Michigan. [online]. [cit. 2012-06-24]. Dostupné z WWW: <http://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/57443/Bergstrom_McKeel_Patel_2007.pdf?sequence=1>.
- BICA, A., BARBU-TUDORAN, L., DRUGA, B., COMAN, C., NICOARA, A., SZÖKE-NAGY, T. et DRAGOS, N. 2012. *Desmodesmus communis* (Chlorophyta) from Romanian freshwater: coenobial morphology and molecular taxonomy base on the its2 of new isolates. – *Annals of RSCB* **12**(1): 16-28.
- BRAAM, J. et DAVIS, R.W. 1990. Rain-, wind-, and touch-induced expression of calmodulin and calmodulin-related genes in *Arabidopsis*. – *Cell* **60**: 357-364.
- CASTILLO, M.N. 1981. Culture of the freshwater *Cladoceran*, *Daphnia pulex* f. utilizing *Scenedesmus obliquus* grown in dairy waste medium. – MS, *Diplomová práce, The University of British Columbia*, 1-147. Vancouver.
- ČERNÁ, K. et NEÚSTUPA, J. 2010. The pH-related morphological variations of two acidophilic species of Desmidiaceae (Viridiplantae) isolated from a lowland peat bog, Czech Republic. – *Aquat Ecol* **44**:409-419.
- DE BODT, C., VAN OOSTENDE, N., HARLAY, J., SABBE, K. et CHOU, L. 2010. Individual and interacting effects of $p\text{CO}_2$ and temperature on *Emiliana huxleyi* calcification: study of the calcite production, the coccolith morphology and the coccosphere size. – *Biogeosciences* **7**: 1401-1412.
- EGAN, P.F. et TRAINOR, F.R. 1989 Low cell density: the unifying principle for unicell development in *Scenedesmus* (Chlorophyceae). – *British Phycological Journal* **24**(3): 271-283.
- HEGEWALD, E. 1978. Eine neue Unterteilung der Gattung *Scenedesmus* Meyen. – *Nova Hedwigia* **30**: 343-376.

- HEGEWALD, E. et SILVA, P. 1988. An annotated catalogue of *Scenedesmus* and nomenclaturally related genera including original descriptions and figures. – *Bibliography of Phycology* **80**: 1-587.
- HESSEN, D.O. et VAN DONK, E. 1993. Morphological changes in *Scenedesmus* induced by substances released from *Daphnia*. – *Archiv für Hydrobiologie* **127**: 129-140.
- HINDÁK, F. 1990. Studies on the Chlorococcal algae (*Chlorophyceae*) V. – *VEDA*, 1-228. Bratislava.
- HINDÁK, F. et KOMÁREK, J. 1978. Sladkovodné riasy. – *SPN*, 1-724. Bratislava.
- HODAČ, L. 2005. Morfologie a fenotypická plasticita druhu *Pediastrum duplex* (*Chlorophyceae*). – *MS, Bakalářská práce, Univerzita Karlova*, 1-70. Praha.
- HODAČ, L. 2007. Geometrická morfometrika při studiu populační dynamiky a ekologie rodu *Pediastrum* v eutrofních nádržích. – *MS, Diplomová práce, Univerzita Karlova*, 1-41. Praha.
- CHEN, C.Y. et DURBIN, E.G. 1994. Effects of pH on the growth and carbon uptake of marine phytoplankton. – *Marine Ecology Progress Series* **109**: 83-94.
- CHEN, M., LI, J., DAI, X., SUN, Y., et CHEN, F. 2011. Effect of phosphorus and temperature on chlorophyll a contents and cell sizes of *Scenedesmus obliquus* and *Microcystis aeruginosa*. – *Limnology* **12**:187-192.
- KESSLER, E., SCHÄFER, M., HÜMMER, C., KLOBOUCEK, A. et HUSS, V.A.R. 1997. Physiological, biochemical, and molecular characters for the taxonomy of the subgenera of *Scenedesmus* (*Chlorococcales*, *Chlorophyta*). – *Botanica Acta* **110**: 244-250.
- KYONG, H., JANG, M., JOO, G. et TAKAMURA, N. 2001. Growth and Morphological Changes in *Scenedesmus dimorphus* Induced by Substances Released from Grazers, *Daphnia magna* and *Moina macrocopa*. – *Korean Journal of Limnology* **34**(4): 285-291.
- KUNC, D. 2008, Invaze rostlin – lokální adaptace a fenotypová plasticita. – *MS, Bakalářská práce, JČU*, 1-26. České Budějovice.
- LAMPERT, W., ROTHHAUPT, O. K. et ELERT, E. 1994. Chemical induction of colony formation in a green alga (*Scenedesmus acutus*) by grazers (*Daphnia*). – *Limnology and Oceanography* **39**(7): 1543-1550.
- LAMPERT, W. et WILTSHIRE, K. H. 1999. Urea excretion by *Daphnia*: A colony-inducing factor in *Scenedesmus*? – *Limnology and Oceanography* **44**(8): 1894-1903.

- LÜRLING, M. 2003. The effect of substances from different zooplankton species and fish on the induction of defensive morphology in the green alga *Scenedesmus obliquus*. – *Journal of plankton research* **25**(8): 979-989.
- LÜRLING, M. 2009. Phenotypic plasticity in the green algae *Desmodesmus* and *Scenedesmus* with special reference to the induction of defensive morphology. – *Annales de Limnologie International Journal of Limnology* **39**(2): 85-101.
- LÜRLING, M. et ELERT, E. V. 2001. Colony formation in *Scenedesmus*: No contribution of urca on induction by a lipophilic *Daphnia* exudate. – *Limnology and Oceanography* **46**(7): 1809-1813.
- LÜRLING, M. et VAN DONK, E. 1999. Grazer-induced colony formation in *Scenedesmus acutus* (Chlorophyceae): ecomorph expression at different temperatures. – *Journal of Phycology* **35**: 1120-1126.
- LÜRLING, M. et VAN DONK, E. 2000. Grazer-induced colony formation in *Scenedesmus*: Costs of being colonial ? – *Oikos* **88**: 111-118.
- LYYTINEN, A., BRAKEFIELD, P.M., LINDSTRÖM, L. et MAPPES, J. 2004. Does predation maintain eyespot plasticity in *Bicyclus anynana*. – *The Royal Society* **271**: 279-283.
- MAPY.CZ, s.r.o. ©2011. [online]. [cit. 2013-04-07]. Dostupné z WWW: <<http://mapy.cz/#x=13.430097&y=49.829238&z=15&l=15>>.
- MEHDIPOUR, N., FALLAHI, M., TAKAMI, A.G., VOSSOUGH G. et MASHINCHIAN, A. 2011. Freshwater green algae *Chlorella sp.* and *Scenedesmus obliquus* enriched with B group of vitamins can enhance fecundity of *Daphnia magna*. – *Iranian Journal of Science & Technology A* **2**: 157-163.
- MINER, G.B., SULTAN, E.S., MORGAN, G.S., PADILLA, K.D. et RELYEA, A.R. 2005. Ecological consequences of phenotypic plasticity. – *Trends in Ecology and Evolution* **20**(12): 685-692.
- MORALES, E.A., TRAINOR, F.R. et SCHLICHTING, C.D. 2002. Evolutionary and Ecological Implications of Plastic Responses of Algae [online]. [cit. 2013-05-09]. Dostupný z WWW: <http://ucjeps.berkeley.edu/constancea/83/morales_etal/plasticity.html>.
- NEUSTUPA, J., ŠŤASTNÝ, J. et HODAČ, L. 2008. Temperature-related phenotypic plasticity in the green microalga *Micrasterias rotata*. – *Aquatic microbial ecology* **51**: 77-86.

- PADISÁK, J., SORÓCZKI-PINTER, E. et REZNER, S. 2003. Sinking properties of some phytoplankton shapes and the relation of form resistance to morphological diversity of plankton – an experimental study. – *Hydrobiologia* **500**: 243-257.
- PETRUSEK, A. 2010. Modelka *Daphnia* – perloočky jako modelové organismy v biologii. – *Vesmír* **89**: 470-473.
- PIGLIUCCI, M. 2005. Evolution of phenotypic plasticity: where are we going now? – *Trends in Ecology and Evolution* **20**(9): 482-486.
- PIGLIUCCI, M., MURREN, C.J. et SCHLICHTING, C.D. 2006. Phenotypic plasticity and evolution by genetic assimilation. – *The Journal of Experimental Biology* **209**: 2362-2367.
- POLÁČKOVÁ, T. 2010. Teplotně korelovaná fenotypická plasticita u Protist. – *MS, Bakalářská práce, Univerzita Karlova*, 1-32. Praha.
- RHEE, G. 1977. Effects of N:P atomic ratios and nitrate limitation on algal growth, cell composition, and nitrate uptake. – *Limnology and Oceanography* **23**(1): 10-25.
- SANDGREN, C.D. 1988. Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton. – *Cambridge University Press*, 1-442, Cambridge.
- SCIASCIA, R., DE MONTE, S. et PROVENZALE, A. 2012. Physics of sinking and selection of plankton cell size. – *Physics Letters A* **377**: 467-472.
- SCHLICHTING, C.D. 1989. Phenotypic integration and environmental change. – *BioScience* **39**: 460-464.
- SCHLÜTTER, M., GROENEWEG, J. et SOEDER, J. 1987. Impact of rotifer grazing on population dynamics of green microalgae in a highrate pond. – *Water Research* **10**: 1293-1297.
- SLÍPKA, J. 2011. Historické kořeny buněčné teorie. – *Živa* **5**: 212-214.
- SMITH G.M. 1916. A monograph of the algal genus *Scenedesmus* based upon pure culture studies. – *Transactions of the Wisconsin Academy of Sciences* **18**: 422-530.
- ŠKALOUD, P. 2010. Culture collection of algae of Charles University in Prague : Media recepies [online]. [cit. 2012-02-2]. Dostupné z WWW: <<http://botany.natur.cuni.cz/algo/caup-media.html#BBM>>.
- TRAINOR, F.R. 1964. Spine distribution in several *Scenedesmus* cultures. – *American Journal of Botany* **51**: 995-1001.
- TRAINOR, F.R. 1992. Cyclomorphosis in *Scenedesmus communis* Hegew. Ecomorph expression at low temperature. – *British Phycological Journal* **27**(1): 75-81.

- TRAINOR, F.R. et EGAN, P.F. 1990. The implications of polymorphism for the systematics of *Scenedesmus*. – *British Phycological Journal* **25**(3): 275-279.
- TRAINOR, F.R., CAIN, J.R. et SHUBERT, E.L. 1976. Morphology and nutrition of the colonial green alga *Scenedesmus* : 80 years later. – *Botanical Review* **42**: 5-25.
- TRAINOR, F.R. et ROWLAND, H. 1968. Control of colony and unicell formation in a synchronized *Scenedesmus*. – *Journal of Phycology* **4**: 310-317.
- TSARENKO, P.M. et PETLEVANNY, O.A. 2001. Addition to the diversity of algae of Ukraine. – *Algologia*, Supplement: 10.
- TUCKER, C.S. et D'ABRAMO, L.R. 2008. Managing High pH in Freshwater Ponds. – *Southern Regional Aquaculture Center* **4604**: 1-5.
- VAN DONK, E. 2007. Chemical information transfer in freshwater plankton. – *Ecological Informatics* **2**: 112-120.
- VANORMELINGEN, P., VYVERMAN, W., DE BOCK, D. et VAN DER GUCHT, K. 2009. Local genetic adaptation to grazing pressure of the green alga *Desmodesmus armatus* in a strongly connected pond system. – *Limnology and Oceanography* **54**(2): 503-511.
- VAN HANNEN, E.J., FINK, P. et LÜRLING, M. 2002. A revised secondary structure model for the internal transcribed spacer 2 of the green algae *Scenedesmus* and *Desmodesmus* and its implication for the phylogeny of these algae. – *European Journal of Phycology* **37**: 203-208.
- WEST-EBERHARD, M. 2005. Developmental plasticity and origin of species differences. – *Smithsonian Tropical Research Institute* **2511**: 34020-9511.
- YOUNG, T.P., STANTON, M.L. et CHRISTIAN, C.E. 2003. Effects of natural and simulated herbivory on spine lengths of *Acacia drepanolobium* in Kenya. – *Oikos* **101**: 171-179.
- ZACHLEDER, V., BIŠOVÁ, K., VÍTOVÁ, M., KUBÍN, Š. et HENDRYCHOVÁ, J. 2002. Variety of cell cycle patterns in the alga *Scenedesmus quadricauda* (Chlorophyta) as revealed by application of illumination regimes and inhibitors. – *European Journal of Phycology* **37**(3): 361-371.
- ZIRBEL, M.J., VERON, F. et LATZ, M.I. 2000. The reversible effect of flow on the morphology of *Ceratocorys horrida* (Peridinales, Dinophyta). – *Journal of Phycology* **36**: 46-58.

9 Seznam příloh

Příloha 1: Návod na Boldovo Bazální Medium (BBM).	II
Příloha 2: Nádrž Česká Bříza – odběrové místo <i>Daphnia magna</i>	III
Příloha 3: Kultivace rodu <i>Daphnia</i>	IV
Příloha 4: Pokusy turbulence, 2N BBM.	V
Příloha 5: Naměřené parametry kontrolního vzorku <i>Desmodesmus communis</i>	VI
Příloha 6: Fenotypy <i>Desmodesmus communis</i> zaznamenané v experimentu vlivu kairomonů.	VII
Příloha 7: Fenotypy <i>Desmodesmus communis</i> zaznamenané v experimentu vlivu kairomonů-	VIII
Příloha 8: Fenotypy <i>Desmodesmus communis</i> zaznamenané v experimentu vlivu kairomonů.	IX
Příloha 9: Četnosti 2-, 4- a 8-buněčných cenobií pod vlivem kairomonů.	X
Příloha 10: Naměřené parametry 19.5.2012 (vliv kairomonů).	XI
Příloha 11: Naměřené parametry 21.5.2012 (vliv kairomonů).	XII
Příloha 12: Naměřené parametry 24.5.2012 (vliv kairomonů).	XIII
Příloha 13: Naměřené parametry 28.5.2012 (vliv kairomonů).	XIV
Příloha 14: Naměřené parametry 31.5.2012 (vliv kairomonů).	XV
Příloha 15: Naměřené parametry 4.6.2012 (vliv kairomonů).	XVII
Příloha 16: Naměřené parametry 7.6.2012 (vliv kairomonů).	XIX
Příloha 17: Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test) – Kruskal-Wallis PostHoc Test na délku 4-buněčného cenobia (vliv kairomonů).	XXI
Příloha 18: Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test) – Kruskal-Wallis PostHoc Test na šířku 4-buněčného cenobia (vliv kairomonů).	XXII
Příloha 19: Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test) – Kruskal-Wallis PostHoc Test na šířku buňky 4-buněčného cenobia (vliv kairomonů).....	XXIII
Příloha 20: Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test) – Kruskal-Wallis PostHoc Test na vzdálenost apikálních ostnů 4-buněčného cenobia (vliv kairomonů).	XXIV
Příloha 21: Fenotypy <i>Desmodesmus communis</i> zaznamenané v experimentu vlivu turbulencí	XXV

Příloha 22: Fenotypy <i>Desmodesmus communis</i> zaznamenané v experimentu vlivu turbulencí	XXVI
Příloha 23: Fenotypy <i>Desmodesmus communis</i> zaznamenané v experimentu vlivu turbulencí	XXVII
Příloha 24: Fenotypy <i>Desmodesmus communis</i> zaznamenané v experimentu vlivu turbulencí	XXVIII
Příloha 25: Četnosti 2-, 4- a 8-buněčných cenobií pod vlivem turbulencí.	XXIX
Příloha 26: Naměřené parametry 16.7.2012 (vliv turbulencí).	XXX
Příloha 27: Naměřené parametry 19.7.2012 (vliv turbulencí).	XXXI
Příloha 28: Naměřené parametry 30.1.2013 (vliv turbulencí).	XXXII
Příloha 29: Naměřené parametry 31.1.2013 (vliv turbulencí).	XXXIII
Příloha 30: Naměřené parametry 1.2.2013 (vliv turbulencí).	XXXIV
Příloha 31: Naměřené parametry 4.2.2013 (vliv turbulencí).	XXXV
Příloha 32: Naměřené parametry 5.2.2013 (vliv turbulencí).	XXXVI
Příloha 33: Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test) – Kruskal-Wallis PostHoc Test na délku 4-buněčného cenobia (vliv turbulencí)...	XXXVII
Příloha 34: Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test) – Kruskal-Wallis PostHoc Test na šířku 4-buněčného cenobia (vliv turbulencí)...	XXXVIII
Příloha 35: Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test) – Kruskal-Wallis PostHoc Test na šířku buňky 4-buněčného cenobia (vliv turbulencí).....	XXXIX
Příloha 36: Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test) – Kruskal-Wallis PostHoc Test na délku ostnu 4-buněčného cenobia (vliv turbulencí). .	XL
Příloha 37: Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test) – Kruskal-Wallis PostHoc Test na vzdálenost apikálních ostnů 4-buněčného cenobia (vliv turbulencí).	XLI
Příloha 38: Fenotypy <i>Desmodesmus communis</i> srovnávané s publikacemi	XLII

Přílohy

Příloha 1: Návod na Boldovo Bazální Medium (2 N BBM), (ŠKALOU, 2010).

Do 900 ml se přidá

ml	zásobní roztok	400ml H ₂ O
20	NaNO ₃	10
10	CaCl ₂ · 2H ₂ O	1
10	MgSO ₄ · 7H ₂ O	3
10	K ₂ HPO ₄ · 3H ₂ O	3
10	KH ₂ PO ₄	7
10	NaCl	1

Potom, se přidá 1 ml každého z následujících 4 zásobních roztoků do 1000 ml.

1. zásobní roztok B	
H ₃ BO ₃	11.42 g
rozpustit v 1000 ml destilované H ₂ O	

2. zásobní roztok H-Fe	
FeSO ₄ · 7H ₂ O	4.98 g
conc. H ₂ SO ₄	1 ml
rozpustit v 1000 ml destilované H ₂ O	

3. zásobní roztok H5	
ZnSO ₄ · 7H ₂ O	8.82 g
MnCl ₂ · 4H ₂ O	1.44 g
(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ · 4H ₂ O	0.88g
CuSO ₄ · 5H ₂ O	1.57 g
Co(NO ₃) ₂ · 6H ₂ O	0.49 g
rozpustit v 1000 ml destilované H ₂ O	

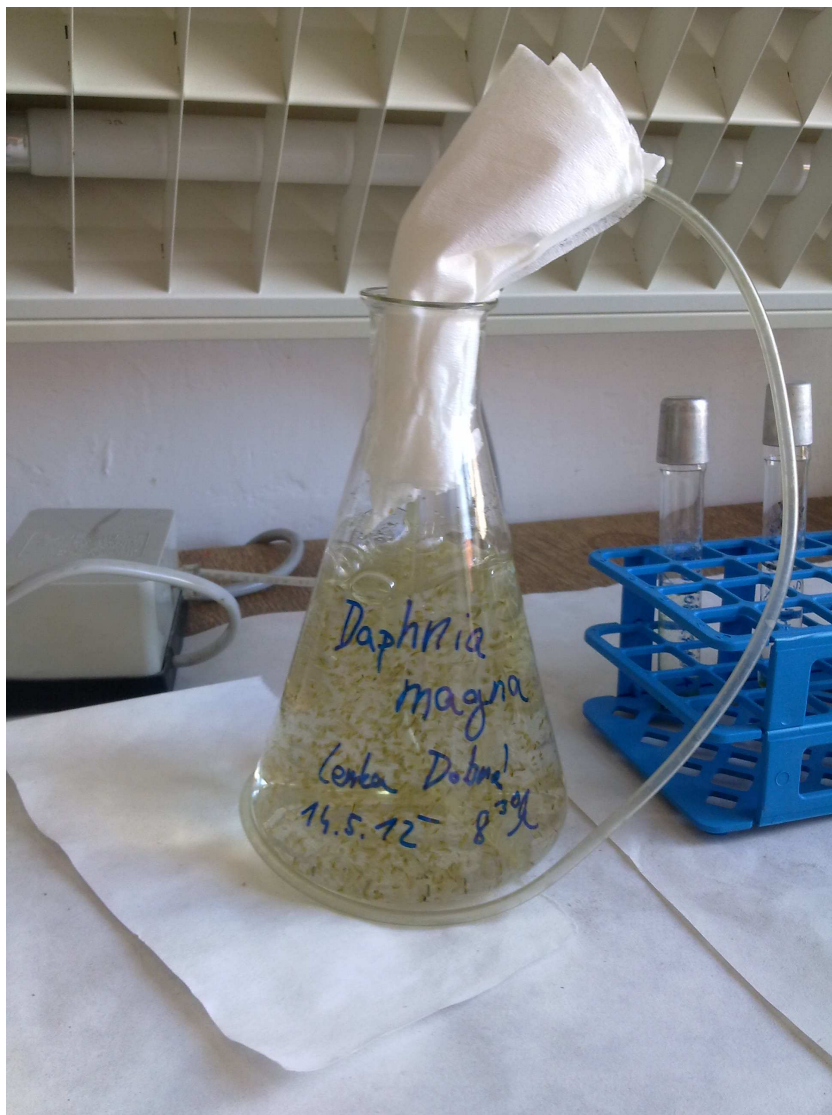
4. zásobní roztok EDTA	
EDTA	50 g
KOH	31 g
rozpustit v 1000 ml destilované H ₂ O	

Na konec doplnit destilovanou vodou, aby byl celkový objem 1000 ml.

Příloha 2: Nádrž Česká Bříza – odběrové místo *Daphnia magna* (MAPY.CZ, s.r.o., 2011).



Příloha 3: Kultivace rodu *Daphnia*.



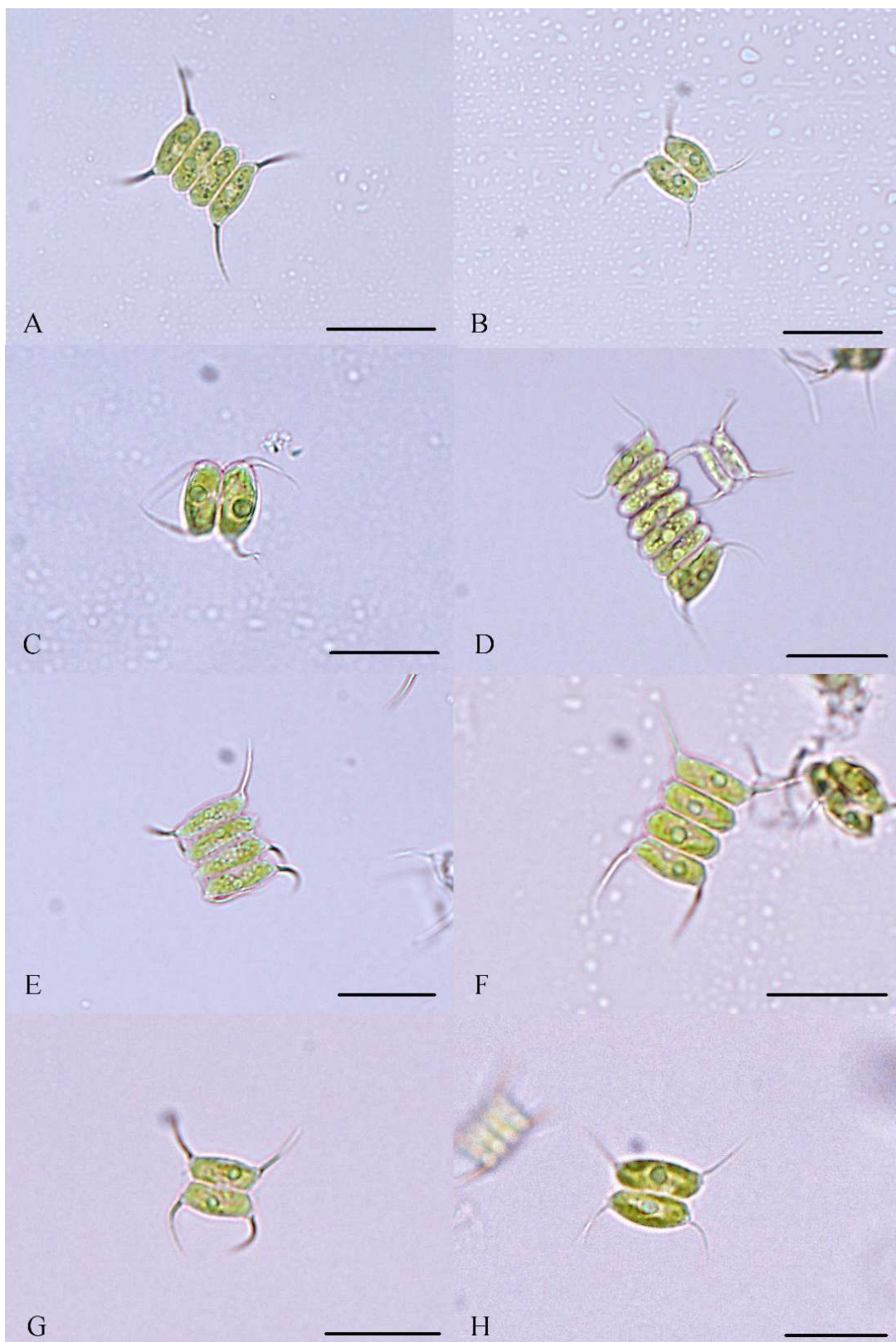
Příloha 4: Pokusy turbulence, 2N BBM.



Příloha 5: Naměřené parametry kontrolního vzorku *Desmodesmus communis* (4-buněčné cenobium; délka cenobia, šířka cenobia, šířka buňky v cenobiu, délka ostnů, vzdálenost ostnů) - hodnoty jsou udávány v μm .

Kontrolní vzorek							
id	datum	počet buněk v cenobiu	délka cenobia	šířka cenobia	šířka buňky v cenobiu	délka ostnu	vzdálenost ostnů
1	15.5.2012	4	20	10	5	10	20
2	15.5.2012	4	20	14	5	13	28
3	15.5.2012	4	20	14	5	11	28
4	15.5.2012	4	20	16	5	13	29
5	15.5.2012	4	19	14	4	10	25
6	15.5.2012	4	24	16	6	12	32
7	15.5.2012	4	17	12	4	10	21
8	15.5.2012	4	18	12	5	12	20
9	15.5.2012	4	16	12	4	10	22
10	15.5.2012	4	16	12	4	9	20
11	15.5.2012	4	15	10	4	9	16
12	15.5.2012	4	16	11	4	11	17
13	15.5.2012	4	14	11	3	9	19
14	15.5.2012	4	20	14	5	12	19
15	15.5.2012	4	15	11	3	10	26
16	15.5.2012	4	20	14	4	10	21
17	15.5.2012	4	20	14	5	20	26
18	15.5.2012	4	19	14	5	10	14
19	15.5.2012	4	17	10	4	8	25
20	15.5.2012	4	22	15	6	11	16
21	15.5.2012	4	17	11	4	9	22
22	15.5.2012	4	14	12	4	11	20
23	15.5.2012	4	16	12	4	10	22
24	15.5.2012	4	19	12	5	10	27
25	15.5.2012	4	18	12	4	11	7
26	15.5.2012	4	21	14	5	10	18
27	15.5.2012	4	27	19	6	11	27
28	15.5.2012	4	18	12	5	9	21
29	15.5.2012	4	19	13	5	11	33
30	15.5.2012	4	20	14	5	12	29

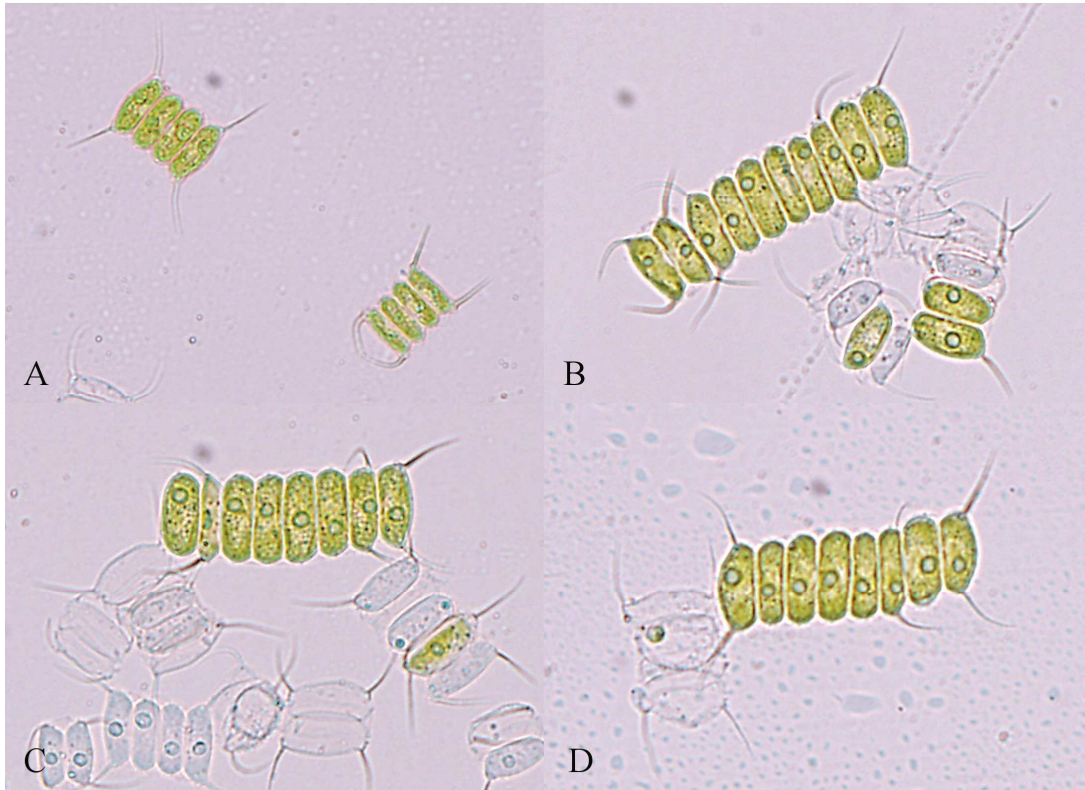
Příloha 6: Fenotypy *Desmodesmus communis* zaznamenané v experimentu vlivu kairomonů, A–C: 19.5.2012, D–E: 21.5.2012 a F–H: 24.5.2012; měřítko = 20 μ m.



Příloha 7: Fenotypy *Desmodesmus communis* zaznamenané v experimentu vlivu kairomonů, A–C: 28.5.2012, D: 31.5.2012, E–H: 4.6.2012; měřítko = 20 μm .



Příloha 8: Fenotypy *Desmodesmus communis* zaznamenané v experimentu vlivu kairomonů, A–D: 7.6.2012; měřítko = 20 μm .



Příloha 9: Četnosti 2-, 4- a 8-buněčných cenobií v jednotlivých datech kontrol pod vlivem kairomonů.

kaironomy	4-b.c.	2-b.c.	8-b.c.
Kontrolní vz.			
15.5.2012	158	0	0
19.5.2012	134	68	0
21.5.2012	261	163	1
24.5.2012	104	64	0
28.5.2012	168	204	1
31.5.2012	268	347	11
4.6.2012	69	71	4
7.6.2012	128	205	5

Příloha 10: Naměřené parametry 19.5.2012 (vliv kairomonů).

Tab. a: Hodnoty 4-buněčných cenobií.

id	datum	počet buněk v cenobiu	délka cenobia	šířka cenobia	šířka buňky v cenobiu	délka ostnu	vzdálenost ostnů
1	19.5.2012	4	20	16	5	14	35
2	19.5.2012	4	19	14	4	11	20
3	19.5.2012	4	19	14	5	12	24
4	19.5.2012	4	19	13	5	13	27
5	19.5.2012	4	16	12	4	10	23
6	19.5.2012	4	20	13	4	10	22
7	19.5.2012	4	14	12	3	12	21
8	19.5.2012	4	19	13	5	9	23
9	19.5.2012	4	24	14	5	12	27
10	19.5.2012	4	19	12	4	8	27
11	19.5.2012	4	22	15	6	11	31
12	19.5.2012	4	21	12	6	12	27
13	19.5.2012	4	19	15	4	11	25
14	19.5.2012	4	21	13	5	9	27
15	19.5.2012	4	21	15	5	10	28
16	19.5.2012	4	23	14	4	12	31
17	19.5.2012	4	19	15	4	13	24
18	19.5.2012	4	19	14	5	12	29
19	19.5.2012	4	20	15	5	13	31
20	19.5.2012	4	16	10	4	12	22
21	19.5.2012	4	22	13	5	9	26
22	19.5.2012	4	17	11	4	11	22
23	19.5.2012	4	22	11	6	10	26
24	19.5.2012	4	18	12	4	11	21
25	19.5.2012	4	21	13	5	12	27
26	19.5.2012	4	19	13	4	11	24
27	19.5.2012	4	20	15	5	13	27
28	19.5.2012	4	25	16	5	11	32
29	19.5.2012	4	21	15	5	11	26
30	19.5.2012	4	20	13	5	10	25

Tab. b: Hodnoty 2-buněčných cenobií.

id	datum	počet buněk v cenobiu	délka cenobia	šířka cenobia	šířka buňky v cenobiu	délka ostnu	vzdálenost ostnů
1	19.5.2012	2	12	15	5	11	25
2	19.5.2012	2	11	13	5	9	22
3	19.5.2012	2	12	15	5	11	24
4	19.5.2012	2	9	10	4	10	18
5	19.5.2012	2	10	12	4	9	16
6	19.5.2012	2	11	13	5	9	26
7	19.5.2012	2	10	12	5	10	22
8	19.5.2012	2	9	13	4	10	17
9	19.5.2012	2	10	13	4	11	28
10	19.5.2012	2	11	12	6	9	21
11	19.5.2012	2	12	13	9	11	22
12	19.5.2012	2	12	12	5	7	21
13	19.5.2012	2	9	11	6	7	17
14	19.5.2012	2	11	13	5	8	14
15	19.5.2012	2	11	13	6	10	24
16	19.5.2012	2	11	12	6	10	24
17	19.5.2012	2	12	13	5	11	23
18	19.5.2012	2	11	14	6	7	29
19	19.5.2012	2	11	13	5	7	23

Příloha 11: Naměřené parametry 21.5.2012 (vliv kairomonů).

Tab. a: Hodnoty 4-buněčných cenobií.

id	datum	počet buněk v cenobiu	délka cenobia	šířka cenobia	šířka buňky v cenobiu	délka ostnu	vzdálenost ostnů
1	21.5.2012	4	18	14	4	11	32
2	21.5.2012	4	20	12	5	8	24
3	21.5.2012	4	17	11	4	12	30
4	21.5.2012	4	19	13	5	9	24
5	21.5.2012	4	20	13	5	11	29
6	21.5.2012	4	21	14	5	13	32
7	21.5.2012	4	16	12	4	9	18
8	21.5.2012	4	17	12	4	11	21
9	21.5.2012	4	19	15	5	11	27
10	21.5.2012	4	18	11	4	9	23
11	21.5.2012	4	19	13	5	12	25
12	21.5.2012	4	20	14	5	12	29
13	21.5.2012	4	18	12	4	9	19
14	21.5.2012	4	17	12	4	10	19
15	21.5.2012	4	17	11	4	9	23
16	21.5.2012	4	17	12	5	9	25
17	21.5.2012	4	18	11	44	9	22
18	21.5.2012	4	25	16	6	11	30
19	21.5.2012	4	19	11	5	12	25
20	21.5.2012	4	19	13	5	11	24
21	21.5.2012	4	19	12	4	12	24
22	21.5.2012	4	22	17	5	14	26
23	21.5.2012	4	22	14	5	14	33
24	21.5.2012	4	19	15	5	9	28
25	21.5.2012	4	20	13	5	11	24
26	21.5.2012	4	20	13	5	10	24
27	21.5.2012	4	22	14	5	12	28
28	21.5.2012	4	24	16	6	12	32
29	21.5.2012	4	22	14	5	13	25
30	21.5.2012	4	24	15	6	11	33

Tab. b: Hodnoty 2-buněčných cenobií.

id	datum	počet b. v cenobiu	délka cenobia	šířka cenobia	šířka buňky v cenobiu	délka ostnu	vzdálenost ostnů
1	21.5.2012	2	9	11	4	5	16
2	21.5.2012	2	11	12	6	9	24
3	21.5.2012	2	10	13	5	10	16
4	21.5.2012	2	9	11	4	8	12
5	21.5.2012	2	11	13	5	8	14
6	21.5.2012	2	10	12	5	9	19
7	21.5.2012	2	10	11	5	9	15
8	21.5.2012	2	9	13	4	10	14
9	21.5.2012	2	11	13	6	8	6
10	21.5.2012	2	12	12	6	8	6
11	21.5.2012	2	12	16	6	8	26
12	21.5.2012	2	8	12	4	8	19
13	21.5.2012	2	8	12	4	8	13
14	21.5.2012	2	11	12	6	7	14
15	21.5.2012	2	10	13	5	9	21
16	21.5.2012	2	10	12	5	10	16
17	21.5.2012	2	11	13	5	9	27
18	21.5.2012	2	10	13	5	9	21
19	21.5.2012	2	12	15	5	11	9
20	21.5.2012	2	11	13	5	7	14
21	21.5.2012	2	10	12	5	8	13
22	21.5.2012	2	10	14	5	9	21
23	21.5.2012	2	9	10	5	7	14
24	21.5.2012	2	11	13	5	9	23
25	21.5.2012	2	11	12	5	8	20
26	21.5.2012	2	10	12	5	8	13
27	21.5.2012	2	9	11	5	9	20
28	21.5.2012	2	9	11	4	8	26
29	21.5.2012	2	10	15	5	9	22

Tab. c: Hodnoty 8-buněčného cenobia

id	datum	p. b. v cenobiu	d. cenobia	š. cenobia	š. b. v cenobiu	d. ostnu	Vz. ostnů
1	21.5.2012	8	38	12	5	8	29

Příloha 12: Naměřené parametry 24.5.2012 (vliv kairomonů).

Tab. a: Hodnoty 4-buněčných cenobií.

id	datum	počet buněk v cenobiu	délka cenobia	šířka cenobia	šířka buňky v cenobiu	délka ostnu	vzdálenost ostnů
1	24.5.2012	4	22	16	5	12	33
2	24.5.2012	4	19	12	4	11	24
3	24.5.2012	4	19	13	5	10	25
4	24.5.2012	4	20	13	6	11	30
5	24.5.2012	4	19	11	5	11	26
6	24.5.2012	4	19	14	4	11	21
7	24.5.2012	4	23	11	5	10	31
8	24.5.2012	4	22	13	5	10	25
9	24.5.2012	4	20	12	4	11	28
10	24.5.2012	4	24	15	6	11	29
11	24.5.2012	4	20	13	5	12	29
12	24.5.2012	4	19	13	4	13	32
13	24.5.2012	4	20	14	5	13	30
14	24.5.2012	4	19	14	4	13	32
15	24.5.2012	4	19	13	5	12	27
16	24.5.2012	4	20	14	4	12	27
17	24.5.2012	4	18	13	4	11	26
18	24.5.2012	4	21	14	6	12	31
19	24.5.2012	4	21	14	5	10	26
20	24.5.2012	4	19	12	5	10	22
21	24.5.2012	4	18	11	4	12	28
22	24.5.2012	4	18	11	4	12	27
23	24.5.2012	4	18	13	4	10	24
24	24.5.2012	4	20	13	5	13	27
25	24.5.2012	4	19	13	5	14	28
26	24.5.2012	4	23	15	6	11	33
27	24.5.2012	4	26	12	5	12	33
28	24.5.2012	4	22	15	5	11	31
29	24.5.2012	4	22	15	6	10	31
30	24.5.2012	4	20	13	4	11	26

Tab. b: Hodnoty 2-buněčných cenobií.

id	datum	počet buněk v cenobiu	délka cenobia	šířka cenobia	šířka buňky v cenobiu	délka ostnu	vzdálenost ostnů
1	24.5.2012	2	9	11	4	8	18
2	24.5.2012	2	9	12	4	10	23
3	24.5.2012	2	11	11	5	9	24
4	24.5.2012	2	11	13	5	9	24
5	24.5.2012	2	10	14	4	11	27
6	24.5.2012	2	11	13	5	10	23
7	24.5.2012	2	10	12	5	10	21
8	24.5.2012	2	11	12	5	8	12
9	24.5.2012	2	10	13	5	8	23
10	24.5.2012	2	9	12	5	8	19
11	24.5.2012	2	10	13	4	9	21
12	24.5.2012	2	11	12	5	11	21
13	24.5.2012	2	9	11	4	9	22
14	24.5.2012	2	11	12	5	10	24
15	24.5.2012	2	11	14	5	13	27
16	24.5.2012	2	12	14	5	11	25
17	24.5.2012	2	11	13	6	11	22
18	24.5.2012	2	9	12	3	8	27
19	24.5.2012	2	9	13	5	9	24
20	24.5.2012	2	9	11	4	9	22
21	24.5.2012	2	10	15	5	9	24
22	24.5.2012	2	14	17	6	11	33

Příloha 13: Naměřené parametry 28.5.2012 (vliv kairomonů).

Tab. a: Hodnoty 4-buněčných cenobií.

id	datum	počet buněk v cenobiu	délka cenobia	šířka cenobia	šířka buňky v cenobiu	délka ostnu	vzdálenost ostnů
1	28.5.2012	4	19	13	4	12	29
2	28.5.2012	4	20	13	4	11	26
3	28.5.2012	4	20	14	5	9	30
4	28.5.2012	4	23	14	5	12	33
5	28.5.2012	4	25	16	6	12	29
6	28.5.2012	4	25	16	7	12	31
7	28.5.2012	4	20	14	5	10	29
8	28.5.2012	4	29	16	6	10	30
9	28.5.2012	4	22	15	5	10	28
10	28.5.2012	4	22	15	6	11	30
11	28.5.2012	4	21	14	5	12	33
12	28.5.2012	4	20	12	5	12	26
13	28.5.2012	4	21	14	6	12	34
14	28.5.2012	4	18	13	4	11	25
15	28.5.2012	4	20	15	5	11	31
16	28.5.2012	4	22	15	6	12	33
17	28.5.2012	4	24	16	6	12	27
18	28.5.2012	4	22	16	5	11	21
19	28.5.2012	4	22	14	5	10	25
20	28.5.2012	4	19	14	4	11	27
21	28.5.2012	4	19	14	5	8	22
22	28.5.2012	4	28	15	6	12	39
23	28.5.2012	4	21	16	6	10	25
24	28.5.2012	4	25	14	4	9	25
25	28.5.2012	4	20	14	6	9	26
26	28.5.2012	4	24	17	6	10	30
27	28.5.2012	4	21	14	5	8	29
28	28.5.2012	4	24	16	6	11	27
29	28.5.2012	4	20	13	4	11	24
30	28.5.2012	4	21	14	4	13	24

Tab. b: Hodnoty 2-buněčných cenobií.

id	datum	počet buněk v cenobiu	délka cenobia	šířka cenobia	šířka buňky v cenobiu	délka ostnu	vzdálenost ostnů
1	28.5.2012	2	12	14	7	11	27
2	28.5.2012	2	11	13	6	12	27
3	28.5.2012	2	9	11	4	9	18
4	28.5.2012	2	10	15	6	11	31
5	28.5.2012	2	11	11	6	9	6
6	28.5.2012	2	10	12	5	8	22
7	28.5.2012	2	14	17	6	11	30
8	28.5.2012	2	10	12	6	8	16
9	28.5.2012	2	11	15	6	13	30
10	28.5.2012	2	13	14	6	8	23
11	28.5.2012	2	11	12	5	9	27
12	28.5.2012	2	12	15	6	12	21
13	28.5.2012	2	13	14	7	9	28
14	28.5.2012	2	13	15	6	9	21
15	28.5.2012	2	16	16	7	9	27
16	28.5.2012	2	12	14	5	7	17
17	28.5.2012	2	12	12	7	9	25
18	28.5.2012	2	11	12	5	8	8
19	28.5.2012	2	10	13	6	8	19
20	28.5.2012	2	10	12	5	9	25
21	28.5.2012	2	10	11	5	9	23
22	28.5.2012	2	11	13	5	8	26
23	28.5.2012	2	9	12	4	9	28
24	28.5.2012	2	10	13	5	8	23
25	28.5.2012	2	12	14	7	9	29
26	28.5.2012	2	11	13	5	10	25
27	28.5.2012	2	11	13	6	10	24
28	28.5.2012	2	10	12	5	9	28
29	28.5.2012	2	12	14	8	7	22
30	28.5.2012	2	11	13	6	10	28

Tab. c: Hodnoty 8-buněčného cenobia.

id	datum	p. b. v cenobiu	d. cenobia	Š. cenobia S- D- V cenobiu	d. ostnu	Vz. ostnů	
1	28.5.2012	8	40	13	5	12	28

Příloha 14: Naměřené parametry 31.5.2012 (vliv kairomonů).

Tab. a: Hodnoty 4-buněčných cenobíí.

id	datum	počet buněk v cenobiu	délka cenobia	šířka cenobia	šířka buňky v cenobiu	délka ostnu	vzdálenost ostnů
1	31.5.2012	4	21	13	4	11	27
2	31.5.2012	4	23	15	5	11	33
3	31.5.2012	4	18	13	4	11	23
4	31.5.2012	4	21	16	5	12	26
5	31.5.2012	4	22	12	5	10	19
6	31.5.2012	4	20	14	4	10	30
7	31.5.2012	4	20	15	5	12	28
8	31.5.2012	4	22	14	6	10	33
9	31.5.2012	4	18	12	5	7	23
10	31.5.2012	4	20	14	4	10	26
11	31.5.2012	4	22	15	5	11	29
12	31.5.2012	4	19	14	5	10	27
13	31.5.2012	4	23	14	4	13	29
14	31.5.2012	4	22	14	6	12	23
15	31.5.2012	4	19	12	4	9	25
16	31.5.2012	4	19	14	5	10	25
17	31.5.2012	4	29	18	7	11	33
18	31.5.2012	4	20	13	5	11	28
19	31.5.2012	4	21	14	5	9	24
20	31.5.2012	4	23	13	5	10	27
21	31.5.2012	4	18	13	5	11	24
22	31.5.2012	4	19	12	5	12	26
23	31.5.2012	4	20	14	4	13	32
24	31.5.2012	4	25	14	8	12	31
25	31.5.2012	4	19	13	5	11	29
26	31.5.2012	4	20	15	5	10	30
27	31.5.2012	4	22	13	6	12	29
28	31.5.2012	4	23	15	7	13	34
29	31.5.2012	4	38	17	10	12	32
30	31.5.2012	4	24	16	6	11	30

Tab. b: Hodnoty 2-buněčných cenobíí.

id	datum	počet buněk v cenobiu	délka cenobia	šířka cenobia	šířka buňky v cenobiu	délka ostnu	vzdálenost ostnů
1	31.5.2012	2	10	12	4	7	20
2	31.5.2012	2	10	12	4	9	12
3	31.5.2012	2	11	14	5	9	15
4	31.5.2012	2	10	12	4	10	32
5	31.5.2012	2	10	13	5	10	9
6	31.5.2012	2	14	14	7	10	33
7	31.5.2012	2	11	14	5	9	26
8	31.5.2012	2	10	12	5	8	24
9	31.5.2012	2	12	14	5	11	10
10	31.5.2012	2	9	13	5	11	11
11	31.5.2012	2	10	13	4	9	22
12	31.5.2012	2	9	11	4	8	20
13	31.5.2012	2	12	16	6	10	31
14	31.5.2012	2	11	12	6	10	4
15	31.5.2012	2	12	13	6	8	27
16	31.5.2012	2	11	13	5	13	23
17	31.5.2012	2	10	12	4	9	25
18	31.5.2012	2	13	17	7	12	23
19	31.5.2012	2	14	14	6	9	19
20	31.5.2012	2	10	12	4	11	23
21	31.5.2012	2	9	12	5	11	18
22	31.5.2012	2	11	13	6	10	21
23	31.5.2012	2	14	16	9	11	34
24	31.5.2012	2	13	15	6	10	31
25	31.5.2012	2	14	17	8	10	28
26	31.5.2012	2	12	15	6	9	14

Tab. c: Hodnoty 8-buněčných cenobíí.

id	datum	počet buněk v cenobíí	délka cenobia	šířka cenobia	šířka ostny v cenobíí	délka ostny	vzdálenost ostnů
1	31.5.2012	8	44	14	6	10	20
2	31.5.2012	8	48	16	6	11	31
3	31.5.2012	8	39	14	5	8	25
4	31.5.2012	8	40	13	5	9	23
5	31.5.2012	8	46	15	5	10	30
6	31.5.2012	8	43	14	5	12	33
7	31.5.2012	8	41	13	5	10	28
8	31.5.2012	8	43	15	6	11	28
9	31.5.2012	8	35	12	3	9	24
10	31.5.2012	8	40	13	5	6	28
11	31.5.2012	8	38	12	5	8	29

Příloha 15: Naměřené parametry 4.6.2012 (vliv kairomonů).

Tab. a: Hodnoty 4-buněčných cenobíí.

id	datum	počet buněk v cenobiu	délka cenobia	šířka cenobia	šířka buňky v cenobiu	délka ostnu	vzdálenost ostnů
1	4.6.2012	4	25	16	5	13	32
2	4.6.2012	4	21	14	5	11	36
3	4.6.2012	4	20	14	5	12	23
4	4.6.2012	4	17	11	4	9	20
5	4.6.2012	4	20	14	5	12	23
6	4.6.2012	4	24	15	6	14	33
7	4.6.2012	4	22	13	6	12	34
8	4.6.2012	4	23	15	5	13	36
9	4.6.2012	4	20	13	5	9	22
10	4.6.2012	4	18	13	5	11	28
11	4.6.2012	4	18	13	5	7	24
12	4.6.2012	4	23	14	6	12	26
13	4.6.2012	4	25	15	6	12	25
14	4.6.2012	4	20	13	5	13	29
15	4.6.2012	4	24	15	6	10	28
16	4.6.2012	4	22	15	6	13	34
17	4.6.2012	4	20	14	5	11	23
18	4.6.2012	4	23	15	5	12	31
19	4.6.2012	4	23	16	6	13	37
20	4.6.2012	4	24	16	6	13	29
21	4.6.2012	4	20	13	5	11	26
22	4.6.2012	4	18	11	5	12	27
23	4.6.2012	4	19	13	6	12	27
24	4.6.2012	4	18	12	5	11	21
25	4.6.2012	4	19	12	5	9	28
26	4.6.2012	4	23	15	5	10	26
27	4.6.2012	4	18	12	4	11	24
28	4.6.2012	4	21	14	5	11	23
29	4.6.2012	4	22	14	5	10	22
30	4.6.2012	4	20	15	6	12	23

Tab. b: Hodnoty 2-buněčných cenobíí.

id	datum	počet b. v cenobiu	délka cenobia	šířka cenobia	šířka b. v cenobiu	délka ostnu	vzdálenost ostnů
1	4.6.2012	2	10	13	4	10	27
2	4.6.2012	2	11	11	5	9	11
3	4.6.2012	2	13	15	6	9	6
4	4.6.2012	2	9	12	5	10	19
5	4.6.2012	2	12	14	5	9	20
6	4.6.2012	2	12	14	6	10	10
7	4.6.2012	2	11	14	5	9	27
8	4.6.2012	2	11	13	5	8	24
9	4.6.2012	2	12	14	5	7	21
10	4.6.2012	2	12	14	5	11	28
11	4.6.2012	2	10	13	4	10	23
12	4.6.2012	2	11	11	5	9	18
13	4.6.2012	2	10	13	5	10	24
14	4.6.2012	2	11	14	6	13	26
15	4.6.2012	2	10	12	4	9	24
16	4.6.2012	2	13	15	5	10	27
17	4.6.2012	2	11	13	5	10	21
18	4.6.2012	2	12	14	6	10	24
19	4.6.2012	2	9	15	4	11	25
20	4.6.2012	2	10	14	5	11	28
21	4.6.2012	2	10	12	5	10	23
22	4.6.2012	2	10	13	5	11	31
23	4.6.2012	2	10	12	5	11	21

Tab. c: Hodnoty 8-buněčných cenobíí.

id	datum	p. b. v cenobiu	d. cenobia	Š. cenobia	Š- b- v cenobiu	d. ostnu	Vz. ostrůů
1	4.6.2012	8	40	14	5	11	27
2	4.6.2012	8	43	13	6	10	25
3	4.6.2012	8	41	14	6	11	31
4	4.6.2012	8	38	13	5	9	28

Příloha 16: Naměřené parametry 7.6.2012 (vliv kairomonů).

Tab. a: Hodnoty č-buněčných cenobíí.

id	datum	počet buněk v cenobiu	délka cenobia	šířka cenobia	šířka buňky v cenobiu	délka ostnu	vzdálenost ostnů
1	7.6.2012	4	22	14	5	11	24
2	7.6.2012	4	19	13	4	10	21
3	7.6.2012	4	21	13	6	12	27
4	7.6.2012	4	16	11	4	10	22
5	7.6.2012	4	17	12	5	11	26
6	7.6.2012	4	18	13	4	10	20
7	7.6.2012	4	21	14	5	8	23
8	7.6.2012	4	22	16	5	9	24
9	7.6.2012	4	20	13	6	11	33
10	7.6.2012	4	21	13	5	10	23
11	7.6.2012	4	17	11	4	9	17
12	7.6.2012	4	27	17	6	9	27
13	7.6.2012	4	21	14	5	12	28
14	7.6.2012	4	22	13	6	11	25
15	7.6.2012	4	19	12	6	10	25
16	7.6.2012	4	20	12	5	9	21
17	7.6.2012	4	21	14	6	12	21
18	7.6.2012	4	18	12	5	9	20
19	7.6.2012	4	21	13	5	10	23
20	7.6.2012	4	16	10	4	10	20
21	7.6.2012	4	25	15	8	17	40
22	7.6.2012	4	20	14	5	11	28
23	7.6.2012	4	26	16	8	16	38
24	7.6.2012	4	20	16	6	13	28
25	7.6.2012	4	23	15	6	11	28
26	7.6.2012	4	27	17	7	8	26
27	7.6.2012	4	24	16	7	12	32
28	7.6.2012	4	19	14	5	11	26
29	7.6.2012	4	20	14	5	13	28
30	7.6.2012	4	21	15	6	12	25

Tab. b: Hodnoty 2-buněčných cenobíí.

id	datum	počet buněk v cenobiu	délka cenobia	šířka cenobia	šířka buňky v cenobiu	délka ostnu	vzdálenost ostnů
1	7.6.2012	2	13	16	6	9	26
2	7.6.2012	2	11	13	7	11	27
3	7.6.2012	2	14	14	6	13	28
4	7.6.2012	2	11	14	6	8	19
5	7.6.2012	2	11	11	5	8	14
6	7.6.2012	2	11	13	5	9	22
7	7.6.2012	2	11	15	6	10	22
8	7.6.2012	2	10	14	5	9	22
9	7.6.2012	2	10	10	6	9	21
10	7.6.2012	2	9	12	5	9	16
11	7.6.2012	2	12	15	6	10	28
12	7.6.2012	2	12	12	7	11	24
13	7.6.2012	2	14	15	6	11	19
14	7.6.2012	2	11	14	6	9	26
15	7.6.2012	2	12	16	6	11	27
16	7.6.2012	2	14	14	7	11	27
17	7.6.2012	2	10	12	5	9	19
18	7.6.2012	2	12	13	5	9	19
19	7.6.2012	2	12	12	6	11	18
20	7.6.2012	2	12	12	5	8	26
21	7.6.2012	2	12	13	6	10	18
22	7.6.2012	2	11	13	5	8	24
23	7.6.2012	2	12	12	6	10	26
24	7.6.2012	2	10	12	6	11	29
25	7.6.2012	2	10	16	5	10	32

Tab. c: Hodnoty 8-buněčných cenobí.

id	datum	počet buněk v cenobiu	délka cenobia	šířka cenobia	šířka buňky v cenobiu	délka ostnu	vzdálenost ostnů
1	7.6.2012	8	39	14	7	10	28
2	7.6.2012	8	41	12	6	10	25
3	7.6.2012	8	40	14	5	11	28
4	7.6.2012	8	38	13	6	9	22
5	7.6.2012	8	42	14	6	10	23

Příloha 17: Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test) – Kruskal-Wallis PostHoc Test, $Z > 1,96$ (hodnoty $> 1,96$, značí významnou změnu oproti kontrolnímu vzorku – tučně zvýraznění) na délku 4-buněčného cenobia (vliv kairomonů).

delka_cenx	15.05.12	19.05.12	21.05.12	24.05.12	28.05.12
15.05.12					
19.05.12	1.9344				
21.05.12	1.2211	0.7133			
24.05.12	2.3671	0.4327	1.1460		
28.05.12	4.7352	2.8007	3.5141	2.3681	
31.05.12	3.8266	1.8922	2.6055	1.4595	0.9086
04.06.12	3.5769	1.6425	2.3558	1.2098	1.1582
07.06.12	3.1452	1.2108	1.9241	0.7781	1.5900

Regular Test: Medians significantly different if z-value > 1.9600

delka_cenx	31.05.12	04.06.12	07.06.12
15.05.12			
19.05.12			
21.05.12			
24.05.12			
28.05.12			
31.05.12			
04.06.12			
07.06.12	0.6814	0.4317	

Příloha 18: Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test) – Kruskal-Wallis PostHoc Test, $Z > 1,96$ (hodnoty $> 1,96$, značí významnou změnu oproti kontrolnímu vzorku – tučné zvýraznění) na šířku 4-buněčného cenobia (vliv kairomonů).

sirka_cen	15.05.12	19.05.12	21.05.12	24.05.12	28.05.12
15.05.12					
19.05.12	1.4047				
21.05.12	0.5784	0.8264			
24.05.12	0.6266	0.7781	0.0483		
28.05.12	4.0789	2.6741	3.5005	3.4522	
31.05.12	2.6249	1.2202	2.0465	1.9983	1.4540
04.06.12	2.3996	0.9949	1.8212	1.7730	1.6793
07.06.12	1.9784	0.5736	1.4000	1.3517	2.1005
Regular Test: Medians significantly different if z-value > 1.9600					
sirka_cen	31.05.12	04.06.12	07.06.12		
15.05.12					
19.05.12					
21.05.12					
24.05.12					
28.05.12					
31.05.12					
04.06.12	0.2253				
07.06.12	0.6465	0.4212			

Příloha 19: Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test) – Kruskal-Wallis PostHoc Test, $Z > 1,96$ (hodnoty $> 1,96$, značí významnou změnu oproti kontrolnímu vzorku – tučné zvýraznění) na šířku buňky 4-buněčného cenobia (vliv kairomonů).

sirka_b	15.05.12	19.05.12	21.05.12	24.05.12	28.05.12
15.05.12					
19.05.12	0.4254				
21.05.12	1.2600	0.8347			
24.05.12	0.9978	0.5725	0.2622		
28.05.12	2.9094	2.4841	1.6494	1.9116	
31.05.12	2.4360	2.0107	1.1760	1.4382	0.4734
04.06.12	3.4258	3.0005	2.1658	2.4280	0.5164
07.06.12	3.6060	3.1806	2.3459	2.6082	0.6966

Regular Test: Medians significantly different if z-value > 1.9600

Bonferroni Test: Medians significantly different if z-value > 3.1237

sirka_b	31.05.12	04.06.12	07.06.12
15.05.12			
19.05.12			
21.05.12			
24.05.12			
28.05.12			
31.05.12			
04.06.12	0.9898		
07.06.12	1.1700	0.1801	

Příloha 20: Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test) – Kruskal-Wallis PostHoc Test, $Z > 1,96$ (hodnoty $> 1,96$, značí významnou změnu oproti kontrolnímu vzorku – tučné zvýraznění) na vzdálenost apikálních ostnů 4-buněčného cenobia (vliv kairomonů).

dist_ost	15.05.12	19.05.12	21.05.12	24.05.12	28.05.12
15.05.12					
19.05.12	2.3411				
21.05.12	2.3523	0.0112			
24.05.12	4.4026	2.0615	2.0503		
28.05.12	4.4017	2.0606	2.0494	0.0009	
31.05.12	4.1650	1.8239	1.8127	0.2377	0.2367
04.06.12	3.2852	0.9441	0.9329	1.1174	1.1165
07.06.12	1.7996	0.5415	0.5527	2.6030	2.6021
Regular Test: Medians significantly different if z-value > 1.9600					
dist_ost	31.05.12	04.06.12	07.06.12		
15.05.12					
19.05.12					
21.05.12					
24.05.12					
28.05.12					
31.05.12					
04.06.12	0.8798				
07.06.12	2.3653	1.4856			

Příloha 21: Fenotypy *Desmodesmus communis* zaznamenané v experimentu vlivu turbulencí, A–H: 16.7.2012; měřítko = 20 μm .



Příloha 22: Fenotypy *Desmodesmus communis* zaznamenané v experimentu vlivu turbulencí, A–E: 30.1.2013; měřítko = 20 μm .



Příloha 23: Fenotypy *Desmodesmus communis* zaznamenané v experimentu vlivu turbulencí, A–E: 31.1.2013 a F–G: 1.2.2013; měřítko = 20 μm .



Příloha 24: Fenotypy *Desmodesmus communis* zaznamenané v experimentu vlivu turbulencí, A–B: 4.2.2013 a C–F; měřítko = 20 μm .



Příloha 25: Četnosti 2-, 4- a 8-buněčných cenobíí v jednotlivých datech kontrol pod vlivem turbulencí.

turbulence	4-b.c.	2-b.c.	8-b.c.
Kontrolní vz. 15.5.2012	158	0	0
16.7.2012	89	1	13
19.7.2012	69	0	5
30.1.2013	67	45	0
31.1.2013	84	30	0
1.2.2013	129	51	0
4.2.2013	76	4	0
5.2.2013	135	3	0

Příloha 26: Naměřené parametry 16.7.2012 (vliv turbulencí).

Tab. a: Hodnoty 4-buněčných cenobií.

id	datum	počet buněk v cenobiu	délka cenobia	šířka cenobia	šířka buňky v cenobiu	délka ostnu	vzdálenost ostnů
1	16.7.2012	4	25	16	5	15	29
2	16.7.2012	4	23	15	5	11	26
3	16.7.2012	4	23	16	5	12	30
4	16.7.2012	4	25	17	6	14	34
5	16.7.2012	4	23	14	6	12	30
6	16.7.2012	4	24	15	7	12	32
7	16.7.2012	4	19	14	5	10	25
8	16.7.2012	4	25	19	6	13	26
9	16.7.2012	4	22	14	5	11	29
10	16.7.2012	4	24	14	5	11	30
11	16.7.2012	4	25	17	6	15	34
12	16.7.2012	4	23	16	6	13	35
13	16.7.2012	4	27	16	6	12	34
14	16.7.2012	4	27	18	7	12	33
15	16.7.2012	4	23	14	5	13	29
16	16.7.2012	4	25	17	5	14	35
17	16.7.2012	4	26	15	6	15	34
18	16.7.2012	4	26	16	6	14	38
19	16.7.2012	4	29	19	7	12	27
20	16.7.2012	4	22	14	5	10	31
21	16.7.2012	4	25	18	6	12	32
22	16.7.2012	4	24	15	6	13	34
23	16.7.2012	4	26	16	6	11	31
24	16.7.2012	4	24	14	6	13	30
25	16.7.2012	4	24	15	5	12	26
26	16.7.2012	4	25	17	6	14	33
27	16.7.2012	4	24	15	5	13	32
28	16.7.2012	4	26	16	6	15	29
29	16.7.2012	4	27	16	6	14	34
30	16.7.2012	4	27	17	5	15	30

Tab. b: Hodnoty 2-buněčného cenobia.

id	datum	počet buněk v cenobiu	délka cenobia	šířka cenobia	šířka buňky v cenobiu	délka ostnu	vzdálenost ostnů
1	16.7.2012	2	23	20	7	11	33

Tab. c: Hodnoty 8-buněčných cenobií.

id	datum	počet buněk v cenobiu	délka cenobia	šířka cenobia	šířka buňky v cenobiu	délka ostnu	vzdálenost ostnů
1	16.7.2012	8	41	13	5	10	28
2	16.7.2012	8	43	14	5	12	33
3	16.7.2012	8	46	15	5	10	30
4	16.7.2012	8	40	13	5	9	23
5	16.7.2012	8	39	14	5	8	25
6	16.7.2012	8	48	16	6	11	31
7	16.7.2012	8	44	14	6	10	20

Příloha 27: Naměřené parametry 19.7.2012 (vliv turbulencí).

Tab. a: Hodnoty 4-buněčných cenobíí.

id	datum	počet buněk v cenobíu	délka cenobia	šířka cenobia	šířka buňky v cenobíu	délka ostnu	vzdálenost ostnů
1	19.7.2012	4	21	13	4	16	34
2	19.7.2012	4	21	13	4	11	27
3	19.7.2012	4	19	15	4	14	20
4	19.7.2012	4	22	15	6	12	29
5	19.7.2012	4	24	16	5	15	35
6	19.7.2012	4	29	18	7	14	34
7	19.7.2012	4	21	14	6	14	32
8	19.7.2012	4	21	13	5	13	28
9	19.7.2012	4	20	14	4	12	32
10	19.7.2012	4	19	13	5	12	28
11	19.7.2012	4	23	15	5	14	36
12	19.7.2012	4	23	15	5	13	35
13	19.7.2012	4	24	16	6	11	32
14	19.7.2012	4	22	15	6	11	28
15	19.7.2012	4	23	14	5	20	36
16	19.7.2012	4	24	15	6	11	27
17	19.7.2012	4	27	16	6	13	38
18	19.7.2012	4	25	18	6	11	26
19	19.7.2012	4	23	16	6	11	25
20	19.7.2012	4	24	15	5	12	26
21	19.7.2012	4	22	16	5	14	33
22	19.7.2012	4	25	14	4	14	32
23	19.7.2012	4	20	13	6	12	26
24	19.7.2012	4	22	15	5	15	34
25	19.7.2012	4	24	18	5	13	32
26	19.7.2012	4	25	14	5	16	34
27	19.7.2012	4	21	14	4	12	29
28	19.7.2012	4	23	15	6	11	30
29	19.7.2012	4	20	13	5	15	28
30	19.7.2012	4	25	15	5	14	34

Tab. b: Hodnoty 8-buněčných cenobíí.

id	datum	počet buněk v cenobíu	délka cenobia	šířka cenobia	šířka buňky v cenobíu	délka ostnu	vzdálenost ostnů
1	19.7.2012	8	43	12	4	7	14
2	19.7.2012	8	42	11	5	9	17
3	19.7.2012	8	43	13	5	9	18
4	19.7.2012	8	40	12	6	10	17

Příloha 28: Naměřené parametry 30.1.2013 (vliv turbulencí).

Tab. a: Hodnoty 4-buněčných cenobií.

id	datum	počet buněk v cenobiu	délka cenobia	šířka cenobia	šířka buňky v cenobiu	délka ostnu	vzdálenost ostnů
1	30.1.2013	4	23	13	6	11	26
2	30.1.2013	4	22	13	6	10	22
3	30.1.2013	4	27	15	6	14	33
4	30.1.2013	4	26	13	6	14	36
5	30.1.2013	4	21	12	6	11	23
6	30.1.2013	4	21	13	6	11	28
7	30.1.2013	4	21	11	6	11	30
8	30.1.2013	4	17	12	5	13	25
9	30.1.2013	4	26	15	6	13	33
10	30.1.2013	4	28	14	7	13	34
11	30.1.2013	4	28	15	7	13	34
12	30.1.2013	4	22	11	5	11	23
13	30.1.2013	4	23	12	5	12	30
14	30.1.2013	4	19	13	5	12	31
15	30.1.2013	4	27	15	7	12	30
16	30.1.2013	4	30	16	7	15	42
17	30.1.2013	4	27	15	6	13	35
18	30.1.2013	4	28	15	8	13	33
19	30.1.2013	4	27	15	6	14	34
20	30.1.2013	4	25	15	6	14	24
21	30.1.2013	4	25	14	6	14	38
22	30.1.2013	4	26	14	6	14	37
23	30.1.2013	4	22	13	6	12	27
24	30.1.2013	4	21	12	6	11	24
25	30.1.2013	4	21	13	5	14	29
26	30.1.2013	4	25	14	6	12	27
27	30.1.2013	4	22	13	6	16	30
28	30.1.2013	4	25	15	5	15	31
29	30.1.2013	4	23	16	6	14	29
30	30.1.2013	4	21	12	5	14	32

Tab. b: Hodnoty 2-buněčných cenobií.

id	datum	počet buněk v cenobiu	délka cenobia	šířka cenobia	šířka buňky v cenobiu	délka ostnu	vzdálenost ostnů
1	30.1.2013	2	16	15	8	12	37
2	30.1.2013	2	11	12	5	15	28
3	30.1.2013	2	12	13	7	13	35
4	30.1.2013	2	18	13	8	11	5
5	30.1.2013	2	17	16	8	12	38
6	30.1.2013	2	15	14	7	12	36
7	30.1.2013	2	13	15	7	12	38
8	30.1.2013	2	15	13	7	11	33
9	30.1.2013	2	18	16	10	13	36
10	30.1.2013	2	16	15	9	13	37
11	30.1.2013	2	14	16	7	14	33
12	30.1.2013	2	17	15	8	11	33
13	30.1.2013	2	16	15	8	13	38
14	30.1.2013	2	19	17	9	13	35
15	30.1.2013	2	15	13	8	13	35
16	30.1.2013	2	16	16	7	12	35
17	30.1.2013	2	16	16	8	12	34
18	30.1.2013	2	15	14	7	12	21
19	30.1.2013	2	15	15	8	14	35
20	30.1.2013	2	15	15	8	13	36
21	30.1.2013	2	17	14	7	13	37
22	30.1.2013	2	14	15	8	14	34
23	30.1.2013	2	18	13	7	12	35
24	30.1.2013	2	16	16	7	14	33
25	30.1.2013	2	15	15	8	15	36
26	30.1.2013	2	16	14	7	12	37

Příloha 29: Naměřené parametry 31.1.2013 (vliv turbulencí).

Tab. a: Hodnoty 4-buněčných cenobíí.

id	datum	počet buněk v cenobíu	délka cenobia	šířka cenobia	šířka buňky v cenobíu	délka ostnu	vzdálenost ostnů
1	31.1.2013	4	27	15	7	13	33
2	31.1.2013	4	23	14	7	14	29
3	31.1.2013	4	24	14	6	14	26
4	31.1.2013	4	27	16	8	13	32
5	31.1.2013	4	23	14	5	11	26
6	31.1.2013	4	28	16	7	13	33
7	31.1.2013	4	23	13	6	12	25
8	31.1.2013	4	26	14	7	10	28
9	31.1.2013	4	23	12	6	13	39
10	31.1.2013	4	28	15	7	15	35
11	31.1.2013	4	25	14	7	15	34
12	31.1.2013	4	27	14	7	12	31
13	31.1.2013	4	27	15	6	15	30
14	31.1.2013	4	29	16	7	14	35
15	31.1.2013	4	26	17	7	15	41
16	31.1.2013	4	27	16	6	12	28
17	31.1.2013	4	23	13	6	13	30
18	31.1.2013	4	29	15	7	15	34
19	31.1.2013	4	25	14	6	12	29
20	31.1.2013	4	27	14	7	14	32
21	31.1.2013	4	25	15	7	11	26
22	31.1.2013	4	27	15	7	14	30
23	31.1.2013	4	29	16	8	14	35
24	31.1.2013	4	26	16	7	14	31
25	31.1.2013	4	27	15	6	15	32
26	31.1.2013	4	25	14	7	15	33
27	31.1.2013	4	25	14	6	13	33
28	31.1.2013	4	26	15	6	14	32
29	31.1.2013	4	24	16	7	15	34
30	31.1.2013	4	27	17	8	14	35

Tab. b: Hodnoty 2-buněčných cenobíí.

id	datum	počet buněk v cenobíu	délka cenobia	šířka cenobia	šířka buňky v cenobíu	délka ostnu	vzdálenost ostnů
1	31.1.2013	2	15	16	9	14	37
2	31.1.2013	2	16	14	8	12	36
3	31.1.2013	2	15	15	8	11	35
4	31.1.2013	2	17	16	8	13	36
5	31.1.2013	2	15	13	8	12	30
6	31.1.2013	2	13	16	6	14	33
7	31.1.2013	2	16	15	8	12	36
8	31.1.2013	2	18	17	9	14	30
9	31.1.2013	2	16	15	8	12	31
10	31.1.2013	2	17	18	8	10	43
11	31.1.2013	2	18	17	8	12	28
12	31.1.2013	2	17	16	9	12	37
13	31.1.2013	2	14	15	8	14	32
14	31.1.2013	2	18	16	9	15	41
15	31.1.2013	2	16	16	9	15	43
16	31.1.2013	2	16	15	9	13	30
17	31.1.2013	2	15	15	8	14	37
18	31.1.2013	2	16	14	8	12	34
19	31.1.2013	2	16	16	9	15	28
20	31.1.2013	2	17	14	8	13	30
21	31.1.2013	2	18	16	9	12	36
22	31.1.2013	2	15	15	9	13	35
23	31.1.2013	2	16	14	8	15	33
24	31.1.2013	2	15	14	9	14	30
25	31.1.2013	2	17	16	8	13	36

Příloha 30: Naměřené parametry 1.2.2013 (vliv turbulencí).

Tab.a: Hodnoty 4-buněčných cenobií.

id	datum	počet buněk v cenobiu	délka cenobia	šířka cenobia	šířka buňky v cenobiu	délka ostnu	vzdálenost ostnů
1	1.2.2013	4	27	15	6	11	33
2	1.2.2013	4	27	15	7	11	29
3	1.2.2013	4	28	16	7	13	32
4	1.2.2013	4	27	15	6	12	27
5	1.2.2013	4	28	16	7	15	38
6	1.2.2013	4	25	14	7	13	31
7	1.2.2013	4	27	15	7	12	33
8	1.2.2013	4	30	16	7	15	38
9	1.2.2013	4	30	16	7	14	29
10	1.2.2013	4	31	14	7	11	30
11	1.2.2013	4	29	15	7	12	28
12	1.2.2013	4	27	15	6	12	32
13	1.2.2013	4	24	14	6	13	27
14	1.2.2013	4	26	15	6	13	29
15	1.2.2013	4	28	17	7	12	32
16	1.2.2013	4	30	15	7	13	33
17	1.2.2013	4	26	15	7	14	31
18	1.2.2013	4	24	15	6	13	33
19	1.2.2013	4	41	16	7	14	31
20	1.2.2013	4	29	15	6	14	30
21	1.2.2013	4	24	16	6	15	30
22	1.2.2013	4	29	16	7	13	29
23	1.2.2013	4	27	14	6	11	27
24	1.2.2013	4	26	15	7	13	30
25	1.2.2013	4	28	17	7	12	28
26	1.2.2013	4	25	14	7	12	32
27	1.2.2013	4	27	15	6	12	33
28	1.2.2013	4	30	15	6	12	31
29	1.2.2013	4	30	16	6	15	29
30	1.2.2013	4	27	14	7	15	32

Tab. b: Hodnoty 2-buněčných cenobií.

id	datum	počet buněk v cenobiu	délka cenobia	šířka cenobia	šířka buňky v cenobiu	délka ostnu	vzdálenost ostnů
1	1.2.2013	2	16	16	9	13	38
2	1.2.2013	2	15	19	7	13	40
3	1.2.2013	2	17	19	9	12	38
4	1.2.2013	2	16	17	9	15	36
5	1.2.2013	2	15	16	8	13	35
6	1.2.2013	2	18	19	9	12	44
7	1.2.2013	2	19	19	10	15	38
8	1.2.2013	2	18	18	9	14	36
9	1.2.2013	2	18	16	8	16	43
10	1.2.2013	2	16	16	9	14	35
11	1.2.2013	2	18	18	9	13	45
12	1.2.2013	2	17	18	9	11	40
13	1.2.2013	2	15	15	8	13	43
14	1.2.2013	2	18	19	8	13	42
15	1.2.2013	2	19	19	9	13	39
16	1.2.2013	2	17	19	8	12	43
17	1.2.2013	2	18	16	8	14	44
18	1.2.2013	2	18	18	7	13	42
19	1.2.2013	2	19	17	9	15	41
20	1.2.2013	2	17	19	9	13	40
21	1.2.2013	2	15	16	7	14	38
22	1.2.2013	2	16	15	8	12	42
23	1.2.2013	2	17	17	8	11	39
24	1.2.2013	2	15	15	9	13	38
25	1.2.2013	2	18	18	8	12	41
26	1.2.2013	2	18	17	9	15	44
27	1.2.2013	2	19	19	7	14	43
28	1.2.2013	2	16	16	8	13	40
29	1.2.2013	2	15	15	9	13	38
30	1.2.2013	2	17	15	9	12	39

Příloha 31: Naměřené parametry 4.2.2013 (vliv turbulencí).

Tab. a: Hodnoty 4-buněčných cenobií.

id	datum	počet buněk v cenobiu	délka cenobia	šířka cenobia	šířka buňky v cenobiu	délka ostnu	vzdálenost ostnů
1	4.2.2013	4	23	14	7	15	31
2	4.2.2013	4	29	16	6	14	28
3	4.2.2013	4	27	15	8	13	24
4	4.2.2013	4	24	14	7	14	33
5	4.2.2013	4	26	15	7	14	31
6	4.2.2013	4	26	15	6	13	27
7	4.2.2013	4	26	16	7	13	32
8	4.2.2013	4	26	14	6	15	24
9	4.2.2013	4	28	17	6	14	33
10	4.2.2013	4	23	14	6	14	24
11	4.2.2013	4	30	17	7	13	34
12	4.2.2013	4	27	16	6	15	38
13	4.2.2013	4	29	17	8	12	32
14	4.2.2013	4	26	14	7	14	34
15	4.2.2013	4	27	15	7	13	33
16	4.2.2013	4	28	15	6	12	28
17	4.2.2013	4	26	14	7	13	31
18	4.2.2013	4	27	14	7	12	34
19	4.2.2013	4	28	15	6	12	33
20	4.2.2013	4	26	14	7	15	24
21	4.2.2013	4	29	17	7	14	25
22	4.2.2013	4	28	16	6	12	32
23	4.2.2013	4	27	15	7	13	33
24	4.2.2013	4	28	15	8	13	24
25	4.2.2013	4	27	16	5	14	27
26	4.2.2013	4	26	14	6	13	31
27	4.2.2013	4	28	16	6	15	30
28	4.2.2013	4	26	14	7	13	33
29	4.2.2013	4	27	15	7	15	34
30	4.2.2013	4	26	15	8	14	31

Tab. b: Hodnoty 2-buněčných cenobií.

	datum	počet buněk v cenobiu	délka cenobia	šířka cenobia	šířka buňky v cenobiu	délka ostnu	vzdálenost ostnů
1	4.2.2013	2	18	19	9	17	45
2	4.2.2013	2	17	14	10	11	19
3	4.2.2013	2	16	15	8	12	38

Příloha 32: Naměřené parametry 5.2.2013 (vliv turbulencí).

Tab. a: Hodnoty 4-buněčných cenobií.

id	datum	počet buněk v cenobiu	délka cenobia	šířka cenobia	šířka buňky v cenobiu	délka ostnu	vzdálenost ostnů
1	5.2.2013	4	24	13	7	13	28
2	5.2.2013	4	25	14	6	10	27
3	5.2.2013	4	24	15	7	14	31
4	5.2.2013	4	28	14	7	12	32
5	5.2.2013	4	24	13	6	13	32
6	5.2.2013	4	27	14	7	14	35
7	5.2.2013	4	25	14	6	15	23
8	5.2.2013	4	25	11	7	9	30
9	5.2.2013	4	25	13	12	12	30
10	5.2.2013	4	24	14	6	10	32
11	5.2.2013	4	26	14	5	12	31
12	5.2.2013	4	27	14	6	13	27
13	5.2.2013	4	25	16	8	14	28
14	5.2.2013	4	28	15	7	11	30
15	5.2.2013	4	25	13	7	14	29
16	5.2.2013	4	24	14	7	12	29
17	5.2.2013	4	26	15	7	13	20
18	5.2.2013	4	28	17	6	14	33
19	5.2.2013	4	25	14	8	15	32
20	5.2.2013	4	27	14	7	16	38
21	5.2.2013	4	31	16	6	13	30
22	5.2.2013	4	27	15	7	12	28
23	5.2.2013	4	31	14	7	14	29
24	5.2.2013	4	27	15	6	12	33
25	5.2.2013	4	24	14	5	13	23
26	5.2.2013	4	25	16	6	13	30
27	5.2.2013	4	25	17	5	12	31
28	5.2.2013	4	26	14	6	14	33
29	5.2.2013	4	27	16	5	14	32
30	5.2.2013	4	24	15	7	13	30

Tab. b: Hodnoty 2-buněčných cenobií.

id	datum	počet buněk v cenobiu	délka cenobia	šířka cenobia	šířka buňky v cenobiu	délka ostnu	vzdálenost ostnů
1	5.2.2013	2	15	15	8	9	30
2	5.2.2013	2	16	16	8	10	32
3	5.2.2013	2	18	16	9	15	42

Příloha 33: Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test) – Kruskal-Wallis PostHoc Test, $Z > 1,96$ (hodnoty $> 1,96$, značí významnou změnu oproti kontrolnímu vzorku – tučně zvýraznění) na délku 4-buněčného cenobia (vliv turbulencí).

delka_cenx	15.05.12	16.07.12	19.07.12	30.01.13	31.01.13
15.05.12					
16.07.12	4.8209				
19.07.12	2.6512	2.1697			
30.01.13	4.4825	0.3384	1.8313		
31.01.13	6.7840	1.9631	4.1329	2.3015	
01.02.13	8.9024	4.0815	6.2512	4.4199	2.1183
04.02.13	8.1106	3.2897	5.4594	3.6281	1.3265
05.02.13	6.6148	1.7939	3.9637	2.1323	0.1692

Regular Test: Medians significantly different if z-value > 1.9600

Bonferroni Test: Medians significantly different if z-value > 3.1237

delka_cenx	01.02.13	04.02.13	05.02.13
15.05.12			
16.07.12			
19.07.12			
30.01.13			
31.01.13			
01.02.13			
04.02.13	0.7918		
05.02.13	2.2875	1.4957	

Příloha 34: Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test) – Kruskal-Wallis PostHoc Test, $Z > 1,96$ (hodnoty $> 1,96$, značí významnou změnu oproti kontrolnímu vzorku – tučné zvýraznění) na šířku 4-buněčného cenobia (vliv turbulencí).

sirka_cen	15.05.12	16.07.12	19.07.12	30.01.13	31.01.13
15.05.12					
16.07.12	6.3576				
19.07.12	3.9853	2.3723			
30.01.13	1.2828	5.0749	2.7025		
31.01.13	4.0633	2.2943	0.0780	2.7806	
01.02.13	5.3032	1.0544	1.3180	4.0205	1.2399
04.02.13	4.9207	1.4369	0.9354	3.6380	0.8574
05.02.13	2.9623	3.3953	1.0230	1.6796	1.1010

Regular Test: Medians significantly different if z-value > 1.9600

Bonferroni Test: Medians significantly different if z-value > 3.1237

sirka_cen	01.02.13	04.02.13	05.02.13
15.05.12			
16.07.12			
19.07.12			
30.01.13			
31.01.13			
01.02.13			
04.02.13	0.3825		
05.02.13	2.3409	1.9584	

Příloha 35: Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test) – Kruskal-Wallis PostHoc Test, $Z > 1,96$ (hodnoty $> 1,96$, značí významnou změnu oproti kontrolnímu vzorku – tučné zvýraznění) na šířku buňky 4-buněčného cenobia (vliv turbulencí).

sirka_b	15.05.12	16.07.12	19.07.12	30.01.13	31.01.13
15.05.12					
16.07.12	3.4794				
19.07.12	1.8175	1.6619			
30.01.13	4.5436	1.0642	2.7262		
31.01.13	7.6634	4.1840	5.8460	3.1198	
01.02.13	7.4156	3.9362	5.5981	2.8720	0.2478
04.02.13	7.5866	4.1072	5.7692	3.0430	0.0768
05.02.13	6.8052	3.3258	4.9878	2.2616	0.8582

Regular Test: Medians significantly different if z-value > 1.9600

Bonferroni Test: Medians significantly different if z-value > 3.1237

sirka_b	01.02.13	04.02.13	05.02.13
15.05.12			
16.07.12			
19.07.12			
30.01.13			
31.01.13			
01.02.13			
04.02.13	0.1711		
05.02.13	0.6104	0.7814	

Příloha 36: Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test) – Kruskal-Wallis PostHoc Test, $Z > 1,96$ (hodnoty $> 1,96$, značí významnou změnu oproti kontrolnímu vzorku – tučné zvýraznění) na délku ostnu 4-buněčného cenobia (vliv turbulencí).

delka_ost	15.05.12	16.07.12	19.07.12	30.01.13	31.01.13
15.05.12					
16.07.12	4.3548				
19.07.12	4.9301	0.5753			
30.01.13	4.5787	0.2239	0.3514		
31.01.13	6.1713	1.8165	1.2413	1.5927	
01.02.13	4.5900	0.2352	0.3401	0.0113	1.5813
04.02.13	6.2790	1.9242	1.3489	1.7003	0.1077
05.02.13	4.6901	0.3353	0.2399	0.1115	1.4812

Regular Test: Medians significantly different if z-value > 1.9600

Bonferroni Test: Medians significantly different if z-value > 3.1237

delka_ost	01.02.13	04.02.13	05.02.13
15.05.12			
16.07.12			
19.07.12			
30.01.13			
31.01.13			
01.02.13			
04.02.13		1.6890	
05.02.13	1.5889		

Příloha 37: Kruskal-Wallis Multiple-Comparison Z-Value Test (Dunn's Test) – Kruskal-Wallis PostHoc Test, $Z > 1,96$ (hodnoty $> 1,96$, značí významnou změnu oproti kontrolnímu vzorku – tučné zvýraznění) na vzdálenost apikálních ostnů 4-buněčného cenobia (vliv turbulencí).

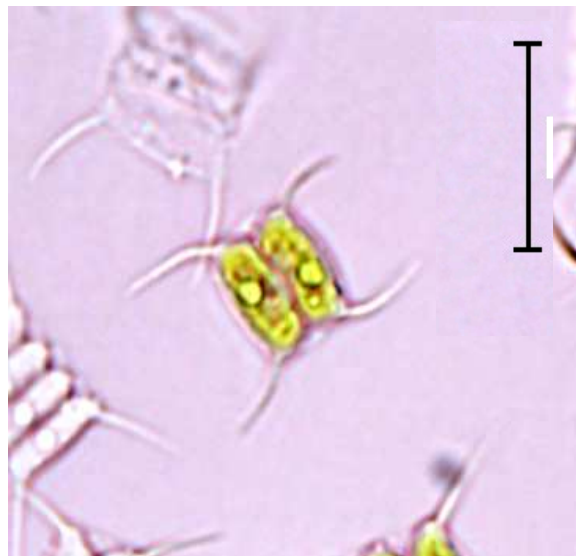
dist_ost	15.05.12	16.07.12	19.07.12	30.01.13	31.01.13
15.05.12					
16.07.12	5.6793				
19.07.12	5.3790	0.3003			
30.01.13	4.9267	0.7526	0.4523		
31.01.13	6.1820	0.5027	0.8029	1.2552	
01.02.13	5.2252	0.4542	0.1539	0.2984	0.9568
04.02.13	5.0722	0.6071	0.3068	0.1455	1.1098
05.02.13	4.4875	1.1918	0.8915	0.4392	1.6945

Regular Test: Medians significantly different if z-value > 1.9600

Bonferroni Test: Medians significantly different if z-value > 3.1237

dist_ost	01.02.13	04.02.13	05.02.13
15.05.12			
16.07.12			
19.07.12			
30.01.13			
31.01.13			
01.02.13			
04.02.13	0.1529		
05.02.13	0.7377	0.5847	

Příloha 38: Fenotypy *Desmodesmus communis* srovnávané s publikacemi.



Obr. a: *Scenedesmus sempervirens* CHODAT 1913 (Synonymum: *S. spinosus* CHODAT 1913).



Obr. b: *Scenedesmus spinosus* CHODAT 1913.



Obr. c: *Scenedesmus spinosus* CHODAT 1913.



Obr. d: *Scenedesmus spinosus* CHODAT 1913.



Obr. e: *Scenedesmus spinosus* CHODAT 1913.



Obr. f: *Scenedesmus subspicatus* CHODAT 1926 (Synonyma: *S. quadricauda* f. *hyperabundans* GUTWIŃSKI 1980, *S. spinosus* var. *bicaudatus* HORTOBÁGYI 1960).



Obr. g: *Scenedesmus intermedius* CHODAT 1926 (Synonymum: *S. intermedius* var. *bicaudatus* HORTOBÁGYI 1943).



Obr. h: *Scenedesmus intermedius* CHODAT 1926 (Synonymum: *S. intermedius* var. *bicaudatus* HORTOBÁGYI 1943) ; *Scenedesmus bicaudatus* DEDUSENKO 1925 (Synonym: *S. quadricauda* var. *bicaudatus* HANSG. 1892).



Obr. i: *Scenedesmus quadrispina* CHODAT 1913 (Synonymum: *S. quadrispina* var. *spinosus* HORTOBÁGYI 1960).

