

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4106 - Zemědělská specializace

Studijní obor: 4106R026 - Biologie a ochrana zájmových organismů

Katedra: Biologických disciplín

Vedoucí katedry: doc. Mgr. Michal Berec, Ph.D.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vliv podmínek skladování na klíčení kriticky ohroženého rdestu
trávolistého (*Potamogeton gramineus*) a ohroženého rdestu uzlinatého
(*Potamogeton nodosus*)

Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Jana Navrátilová, Ph. D.

Autor: Michaela Hodková

České Budějovice, 2020

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Zemědělská fakulta

Akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Michaela HODKOVÁ**
Osobní číslo: **Z17275**
Studijní program: **B4106 Zemědělská specializace**
Studijní obor: **Biologie a ochrana zájmových organismů**
Téma práce: **Vliv podmínek skladování na klíčení kriticky ohroženého rdestu trávolistého (*Potamogeton gramineus*) a ohroženého rdestu uzlinatého (*Potamogeton nodosus*)**
Zadávající katedra: **Katedra biologických disciplin**

Zásady pro vypracování

Cílem bakalářské práce je posouzení klíčení kriticky ohroženého rdestu trávolistého (*Potamogeton gramineus*) a ohroženého rdestu uzlinatého (*Potamogeton nodosus*) podle způsobu uchování semen v genové bance. Posouzen bude vliv teploty (mrazeno, nemrazeno) a vlhkosti uchování semen (sušené, vlhké) na jejich klíčovost. Semena budou poskytnuta z genové banky Sbírký vodních a mokřadních rostlin BÚ AV ČR, v.v.i., Třeboň a práce bude vypracována ve spolupráci s ústavem. Primární data k naplnění cílů práce budou tedy získána vlastním experimentem a tato data budou statisticky vyhodnocena.

Obsah práce:

¹ Rešeršní zpracování biologie rodu *Potamogeton* s přihlédnutím k semeny se rozmnožujícím druhům.

¹ Rešeršní zpracování biologie druhů *Potamogeton gramineus* a *Potamogeton nodosus*.

¹ Rešeršní zpracování problematiky uchování a klíčení semen vodních druhů rostlin mírného pásu.

¹ Metodika experimentu.

¹ Výsledky experimentu.

Rozsah pracovní zprávy: **30-40**
Rozsah grafických prací: **podle potřeby**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

Ailstock, M.S., Shafer, D.J., Magoun, A.D. (2010). Protocols for use of *Potamogeton perfoliatus* and *Ruppia maritima* seeds in large-scale Restoration. *Restoration Ecology*, 18 (4), pp. 560-573.

Hay, F., Probert, R., Dawson, M. (2008). Laboratory germination of seeds from 10 British species of *Potamogeton*. *Aquatic Botany*, 88 (4), pp. 353-357.

Prausová, R., Sikorová, P., Šafářová, L. (2015). Generative reproduction of long stalked pondweed (*potamogeton praelongus wulfen*) in the laboratory. *Aquatic Botany*, 120 (PB), pp. 268-274.

Su, H., Zhu, T., Bai, X., Ni, L., Xie, P., Zhang, X. (2018). Seed germination indicates adaptive transgenerational plasticity in a submerged macrophyte. (2018) *Frontiers in Plant Science*, 871, art. no. 1592.

Zhao, S., Zhang, R., Liu, Y., Yin, L., Wang, C., Li, W. (2017). The effect of storage condition on seed germination of six Hydrocharitaceae and Potamogetonaceae species. Aquatic Botany, 143, pp. 49-53.

Vedoucí bakalářské práce: **Mgr. Jana Navrátilová, Ph.D.**
Katedra biologických disciplin

Konzultant bakalářské práce: **doc. RNDr. Josef Navrátil, Ph.D.**
Katedra biologických disciplin

Datum zadání bakalářské práce: **22. března 2019**

Termín odevzdání bakalářské práce: **15. dubna 2020**

V Českých Budějovicích dne 22. března 2019

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Budovická 1828, 370 05 České Budějovice

L.S.


prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.
děkan


doc. RNDr. Ing. Josef Rajchard, Ph.D.
vedoucí katedry

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací 5 a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne.....

.....

Michaela Hodková

Poděkování:

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucí své bakalářské práce Mgr. Janě Navrátilové, Ph. D. a také svému konzultantovi doc. RNDr. Josefovi Navrátilovi, Ph.D. Děkuji jim za cenné rady a podněty, které mi pomohly k vypracování bakalářské práce, za přiložené fotografie a za pomoc při statistickém vyhodnocení výsledků. Dále bych chtěla poděkovat Sbírce vodních a mokřadních rostlin Botanického ústavu AV ČR, v.v.i v Třeboni za možnost provést pokus v jejich prostorech.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou uchování a klíčivosti semen ohrožených druhů rdestů, konkrétně druhů rdestu trávolistého (*Potamogeton gramineus*) a rdestu uzlinatého (*Potamogeton nodosus*). Úvodní kapitoly se zabývají problematikou testů uchování a klíčivosti vodních rostlin a dále popisem, rozšířením a ochranou rdestů rostoucích v České republice. Následně je věnována pozornost samotnému experimentu včetně postupu práce a popisu jednotlivých testů, které jsou poté statisticky vyhodnoceny. Ze shromážděných dat jsou následně učiněny závěry.

Klíčová slova: *Potamogeton gramineus* (rdest trávolistý), *Potamogeton nodosus* (rdest uzlinatý), vodní rostliny (makrofyta), uchování semen, klíčivost semen, ochrana druhů

Abstract

This thesis is concerned with the theme of preservation and germination of seeds of endangered species of *Potamogeton*, more precisely of *Potamogeton gramineus* and *Potamogeton nodosus*. The first chapters are focused on tests of preservation and germination aquatic plants, description, distribution and protection of *Potamogeton* which can be found in the Czech Republic. Subsequently attention is paid to the experiment itself, including to method of work and to tests which were statistically evaluated afterwards. Conclusions were made based on received results.

Keywords: *Potamogeton gramineus*, *Potamogeton nodosus*, aquatic plants (macrophytes), seed preservation, seed germination, species protection

Obsah

1	Úvod.....	10
2	Literární rešerše.....	11
2.1	Uchování a klíčení semen vodních druhů rostlin mírného pásu.....	11
2.1.1	Charakteristika vodních rostlin.....	11
2.1.2	Uchování semen rostlin.....	13
2.1.3	Klíčivost semen.....	16
2.1.4	Dormance semen.....	17
2.2	Rdesty.....	20
2.2.1	Obecné znaky rdestů.....	20
2.2.2	Diverzita a rozšíření na světě.....	23
2.2.3	Druhá diverzita rdestů v České republice.....	24
2.2.4	Ochrana rdestů v České republice.....	25
2.3	Potamogeton gramineus.....	30
2.3.1	Morfologie.....	30
2.3.2	Podobné druhy.....	30
2.3.3	Variabilita druhu.....	31
2.3.4	Rozšíření v České republice a ve světě.....	31
2.3.5	Lokality.....	32
2.3.6	Biotopy a jejich ochrana.....	33
2.4	Potamogeton nodosus.....	34
2.4.1	Morfologie.....	34
2.4.2	Podobné druhy.....	34
2.4.3	Variabilita druhu.....	35
2.4.4	Rozšíření v České republice a ve světě.....	35
2.4.5	Lokality.....	35
2.4.6	Biotopy a jejich ochrana.....	36
3	Cíle práce	37
4	Metodika.....	38
4.1	Rostlinný materiál.....	38
4.2	Experiment.....	38
4.3	Zpracování dat.....	40

5	Výsledky.....	43
5.1	Potamogeton nodosus.....	43
5.1.1	Potamogeton nodosus - test 1.....	44
5.1.2	Potamogeton nodosus - test 2.....	45
5.1.3	Potamogeton nodosus - test 3.....	47
5.1.4	Potamogeton nodosus - test 4.....	49
5.2	Potamogeton gramineus.....	51
5.2.1	Potamogeton gramineus - test 1.....	52
5.2.2	Potamogeton gramineus - test 2.....	53
5.2.3	Potamogeton gramineus - test 3.....	54
5.2.4	Potamogeton gramineus - test 4.....	56
5.3	Porovnání vybraných aspektů klíčivosti mezi P. nodosus a P. gramineus.....	57
5.3.1	Porovnání – test 5.....	57
5.3.2	Porovnání – test 6.....	59
5.3.3	Porovnání – test 7.....	60
6	Diskuze.....	62
7	Závěr.....	64
8	Citovaná literatura.....	66
9	Přílohy.....	73

1 Úvod

K významným druhům květeny České republiky patří *Potamogeton gramineus* a *Potamogeton nodosus*. Jelikož jsou tyto druhy ohrožené a mizí ze svých lokalit, je vhodné uchovat jejich genofond v genofondových bankách. Jednotlivé druhy vodních rostlin, včetně druhu rodu *Potamogeton*, mají specifické nároky na uchování semen.

Jednotlivé způsoby uchování semen a podmínky klíčení mají vliv na klíčivost, která se liší. Obecně je nejlepším způsobem uchování vysušení s následným hlubokým zamrazením (Hay, 2008 by Hay et al, 2000). U semen vodních rostlin je nutné dbát na to, aby se dlouhodobě nevystavovala vyschnutí, které může vést k zániku embrya (Muenscher, 1936, Brock, 2003), zatímco krátkodobé vyschnutí u mnoha druhů prolamuje dormanci (Zhao, 2017). Některé druhy vodních rostlin vyskytujících se v tropických oblastech nesnesou sušení semen. K zániku embrya v semeni může dojít také u semen, která se hluboce zamrazí vlhká či mokrá (Hay, 2008; Prausová, 2017). Avšak mnoho druhů rostlin z mírného pásu není schopno klíčit, pokud jejich semena nebudou vystavena chladné stratifikaci (Baskin et Baskin, 1998: 16-17, Prausová, 2015).

V této práci se hledá řešení nejvhodnějšího způsobu uchování semen vodních rostlin, konkrétně druhů *Potamogeton gramineus* a *Potamogeton nodosus*, protože jejich uchování může být problematické a je nutné tato semena dlouhodobě uchovávat z důvodu poklesu populací.

Klíčivost bude zkoumána v prostorech Sbírký vodních a mokřadních rostlin Botanického ústavu AV ČR, v.v.i v Třeboni. Faktory ovlivňující klíčivost budou vybrány s ohledem na praktický problém uchování klíčivosti a bude hledán nejefektivnější způsob uchování s ohledem na finanční prostředky, prostor a práci. Posuzován bude primárně vliv teploty (semena zamrazená či chlazená) na klíčivost semen. Významný je taktéž vliv vlhkosti uchovaných semen a hlavní test tedy bude doplněn o test vlivu vlhkosti (sušená a vlhká semena).

2 Literární rešerše

2.1 Uchování a klíčení semen vodních druhů rostlin mírného pásu

2.1.1 Charakteristika vodních rostlin

Vodní rostliny jsou rostliny svou existencí vázané na vodní toky (řeky, potoky) a také vodní plochy, jako jsou jezera či rybníky a jiné umělé vodní nádrže. Kromě nich mohou růst i na jiných trvale zvodnělých stanovištích v bažinách, na rašeliništích či slatinách (Baskin et Baskin, 1998:492)¹.

Tyto rostliny jsou adaptovány na vodní prostředí tak, že jsou na vodní prostředí vázány částí nebo i celým svým životním cyklem. Přizpůsobení se životu v různých podmínkách vodního prostředí vedlo k nejrůznějším adaptacím, které lze rozlišit do několika typů. Prvním typem jsou plovoucí rostliny, jejichž listy plovou na hladině, zatímco jejich nezakořeněné kořeny směřují dolů a jsou snadno přemísťovány větrem či jinak (na zvířatech) (např. *Azolla* – azola, *Lemna* - okřehek). Dalším typem jsou rostliny, které mají také plovoucí listy, ale mohou mít i listy ponořené a jejich kořeny jsou zakořeněné ve dně (např. *Callitriche* – hvězdoš, *Potamogeton* - rdest). Třetím typem jsou ponořené rostliny, které mají listy pouze pod vodní hladinou, jsou zakořeněné ve dně a jejich květy mohou dosáhnout na hladinu (např. *Ludwigia* – zakucelka, *Vallisneria* - zákruticha). Posledním typem jsou rostliny, které mají listy nad vodou a kořeny jsou zakořeněné (např. *Juncus* - sítina, *Typha* - orobinec) (Baskin et Baskin, 1998: 492-498).

Vodní rostliny jsou přizpůsobeny vodnímu prostředí i způsoby rozšiřování semen. Těmi jsou voda (hydrochorie) a zvířata (zoochorie) – především vodní ptactvo (Kaplan, 2000). Způsoby šíření semen mají následně vliv i na jejich klíčení, neboť některá klíčí u dna bez světla, ale některá na obnaženém substrátu na světle (Xiao,

¹ Kniha *Seeds - Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination* v anglickém znění od Baskin C. C. et Baskin J. M. je souborem více článků, které zahrnutí danou problematiku. Pro zjednodušení jsou zde uvedeni tito editoři knihy spolu s odkazem na stránky knihy, ze kterých bylo čerpáno a které by sloužily pro bližší informace či dohledání.

2010; Su, 2018).

Produkce semen je úměrná množství vegetativní biomasy mateřské rostliny, teplotě a délce dne (Vierssen, 1989: 241-246). Semena jsou tvořena embryem, endospermem (vnitřní živné pletivo) a oplodím, které zaručuje mechanickou ochranu (Fenner, 2000). Druhy, zejména jednoleté rostliny, produkují mnoho semen, která během další sezóny snadno klíčí (klíčivost až 100%). Mezi tyto druhy lze z vodních rostlin zařadit rod *Zannichellia* (šejdračka) a *Ruppia* (táhllice). Oproti těmto druhům existují druhy, které produkují málo semen či dokonce žádná. Pokud se semena utvoří, tak špatně klíčí. Pro zlepšení klíčivosti se v laboratorních podmínkách často používají různá ošetření jako jsou stratifikace, teplotní výkyvy, množství kyslíku ve vodě, změna salinity vody, vysychání semene či narušení oplodí (skarifikace). Pokud rostliny semena netvoří, tak nepříznivé období přečkají v podobě hlíz, turionů či pomocí fragmentů (části mateřské rostliny). Např. *Potamogeton pectinus* tvoří jak semena, tak turiony, ale tvorba turionů je zásadní pro přežití druhu. Turiony, kromě rodu rdest, tvoří také např. *Hydrilla* (přeslenice), *Myriophyllum* (stolístek), *Spirodela* (závitka) či *Hydrocharis* (vod'anka) (Vierssen, 1989: 241-246). Tvoří je také vodní masožravé rostliny jako jsou *Aldrovanda* (aldrovandka) či *Utricularia* (bublinatka) (Adamec, 1999).

V tabulce níže (Tabulka 1) jsou vypsány podmínky, které zlepšily klíčivost semen či tvorbu turionů u vybraných druhů vodních rostlin.

Tabulka 1: Druhy vodních rostlin, u kterých byly laboratorně zkoumány podmínky zajišťující lepší výsledky klíčivosti či tvorby turionů. (Vierssen, 1989: 244-245)

Druh	Podmínka pro vyšší klíčivost	Podmínka pro tvorbu turionů
<i>Pistia stratiotes</i>	Více světla a teplota	_____
<i>Zannichellia pedunculata</i>	Ve tmě neklíčí	_____
<i>Najas marina</i>	Pro klíčení je nutná tma	_____
	Vyšší hodnota kyslíku v	_____

Druh	Podmínka pro vyšší klíčivost	Podmínka pro tvorbu turionů
	sedimentu	
<i>Eichhornia crassipes</i>	Vysušení	_____
	Vyšší hodnota kyslíku ve vodě	_____
<i>Heteranthera limosa</i>	Vyšší hodnota kyslíku ve vodě	_____
<i>Myriophyllum verticillatum</i>	_____	Krátká fotoperioda a nízká teplota
<i>Potamogeton crispus</i>	_____	Dlouhá fotoperioda a vysoká teplota (20°C)
<i>Hydrilla sp.</i>	_____	Nedostatek živin
<i>Spirodela sp.</i>	_____	Nedostatek živin

2.1.2 Uchování semen rostlin

Základem výzkumu klíčivosti semen je jejich získání. Nejčastěji se tak děje přímým sběrem. Jak uvádí Baskin et Baskin (1998: 5-6), sběr by měl být proveden dříve, než semena plně dozrají nebo ještě lépe v době, kdy semena samovolně opadávají z matečné rostliny. V případě, že bychom klíčili méně vyzrálá semena, je vysoká pravděpodobnost, že budou semena napadena plísní. Při krátkodobém skladování by taková semena neměla vyschnout. Obecně platí, že zralá semena klíčí lépe, ale ve stadiu zralosti je u semene již plně vytvořeno oplodí, které je často tvrdé (např. rdesty) a tudíž pro vodu nepropustné. Toto je vhodné pro delší skladování semen. Pokud ale semena klíčíme dříve, než se jim oplodí utvoří, je možné sledovat rychlejší klíčení. To je možné díky tomu, že semeno ještě není vysušené a obsažená voda v semeni podporuje jeho klíčivost (Baskin et Baskin, 1998: 5-8).

Pro testy klíčivosti jsou nejlepší semena, která jsou čerstvě sesbírána a použijeme je do 7 až 10 dnů. U semen, která jsou skladována (např. při pokojové teplotě) určitou dobu, může dojít ke změně klíčivosti, která se liší mezi druhy (Tabulka 2). Problémem samozřejmě je, že naším cílem je semena uchovávat pro klíčení ve vzdálenější době a musíme tedy semena nějakým způsobem uskladnit (Baskin

et Baskin, 1998: 5-8).

Tabulka 2: Klíčivost u různě starých semen u několika vybraných druhů (Baskin et Baskin, 1998: 5-8)

Druh	Čerstvá semena	Starší semena
<i>Eucalyptus pauciflora</i> (blahovičník sněžný)	45%	0% po 1 roce
<i>Uniola avellana</i> (plocholíst)	10% ve vodě 50% v kyselině giberelové	2% po 4 měsících
<i>Corylus avellana</i> (líška obecná)	64%	10% po 2 měsících
<i>Viola rafinesquii</i> (violka trojbarevná)	0%	94% po 4 měsících
<i>Arthropodium cirratum</i>	0%	95% po 6 měsících 55% po 15 měsících

Jednotlivé způsoby uchování semen a podmínky klíčení mají vliv na klíčivost, která se liší. Obecně je nejlepším způsobem uchování vysušení s následným hlubokým zamrazením (Hay, 2008 by Hay et al, 2000). U semen vodních rostlin je nutné dbát na to, aby se dlouhodobě nevystavovala vyschnutí, které může vést k zániku embrya (Muenscher, 1936, Brock, 2003), zatímco krátkodobé vyschnutí u mnoha druhů prolamuje dormanci (Zhao, 2017). Některé druhy vodních rostlin vyskytujících se v tropických oblastech nesnesou sušení semen. K zániku embrya v semeni může dojít také u semen, která se hluboce zamrazí vlhká či mokrá (Hay, 2008; Prausová, 2017) nebo při skladování semen při vyšší teplotě (př. při pokojové teplotě u *Vallisneria spiralis*) (Kauth & Biber, 2015). Avšak mnoho druhů rostlin z mírného pásu není schopno klíčit, pokud jejich semena nebudou vystavena chladné stratifikaci (Baskin et Baskin, 1998: 16-17, Prausová, 2015). Také skladování vlhkých semen při vyšší teplotě není vhodné, jelikož může docházet ke spontánnímu klíčení (Prausová, 2015).

Pokud bychom chtěli semena uchovat, je možné to provést několika způsoby. Tím nejlepším je přirozené skladování, kdy semena vložíme do síťovaného vaku a ten

následně umístíme do přirozeného prostředí. Takto budou semena vystavena přírodním podmínkám teploty a vlhkosti. Pokud není možné tento vak uložit v přírodě, můžeme ho umístit do venkovních prostor, které budou podobné těm původním – např. na zahradu, do nevytápěného skleníku či do jezírka. A pokud nemáme ani tuto možnost, musíme semena uskladnit uměle – laboratorně. V tomto případě je semenům nutné poskytnout podmínky, které budou co nejbližší těm přírodním. Často se semena skladují v suchém stavu, přičemž se musí nejdříve vysušit při pokojové teplotě a nízké vlhkosti (při vyšší vlhkosti by semena začala plesnivět) (Baskin et Baskin, 1998: 16-17).

Zpomalení fyziologických změn (udržení životaschopnosti) semene je možné pomocí skladování v suchém stavu a při nízkých teplotách (Kauth & Biber, 2015). Toho lze často docílit v lednicích a mrazácích. U některých druhů může být nízká teplota také stimulací pro lepší klíčivost. U některých druhů rodů vodních rostlin jako je *Potamogeton*, *Butomus*, *Eleocharis*, *Najas*, *Nymphaea*, *Sagittaria* či *Vallisneria* je vhodné semena klíčit okamžitě, jelikož při mrazení či vyschnutí postupně ztrácejí svou životaschopnost, což však neřeší snahu o uchování genové banky těchto rostlin na delší dobu pomocí semen. U výše zmíněných druhů se již podařilo zjistit, že vhodná teplota uchování jsou 3°C. U druhů, které pocházejí z tropických oblastí je vhodná pokojová teplota s vysokou vlhkostí (Baskin et Baskin, 1998: 6-8). Zde je však problém s nemožností dlouhodobého skladování a vysoké nebezpečí kontaminace semen plísněmi.

Umělé skladování semen je tedy důležité z hlediska dlouhodobějšího uchování semen či pro zachování nějakým způsobem ohroženého druhu. Muenscher (1936) testoval různá uchování semen pro mnoho druhů vodních rostlin z několika čeledí. Mezi jeho způsoby uchování spadaly 4 způsoby – v kohoutkové vodě při teplotě 1-3°C, v kohoutkové vodě při pokojové teplotě (18-20°C) s rozptýleným světlem a s teplotními výkyvy (10-22°C), skladováno na vzduchu při teplotě 1-3°C a skladováno na vzduchu při pokojové teplotě (18-20°C). Z těchto způsobů se ukázalo, že nejlepší klíčivost většinou mají semena uskladněná ve vodě při teplotě 1-3°C (podmínky velmi podobné těm přírodním), zatímco skladování na vzduchu

často zničilo embrya. Skladování při nízkých teplotách (nad bodem mrazu) mělo výborné výsledky i u pozdějších výzkumů (Muenscher, 1936; Ailstock, 2010; Kauth & Biber, 2015; Prausová, 2015, Zhao, 2017).

Uchování semen a současné udržení životaschopnosti jsou také závislá na typu semene. Rozdělit bychom je mohli na ortodoxní a neortodoxní. Ortodoxní semena jsou úspěšně skladována jako sušená, protože jejich životaschopnost se udrží i při poklesu vlhkosti semene na 5%, jsou tedy tolerantní k vysychání. Dobře snášejí i zmrazení. Díky této kombinaci jsou dlouhodobě skladovatelná bez ztráty klíčivosti. Semena tohoto typu (obvykle drobná) jsou typická pro mnoho druhů jednoletých rostlin (např. *Capsicum* – paprika, většina druhů luštěnin). Oproti těmto poměrně malým semenům jsou tu semena neortodoxní, která jsou obvykle větší (např. malé semeno papriky oproti velkému semenu kokosovníku ořechoplodému). Neortodoxní semena mají poměrně krátkou životaschopnost a jsou citlivá na sušení, jelikož už při vlhkosti semene okolo 20-30% zcela ztrácejí schopnost klíčit. Také jsou netolerantní ke zmrazení, protože při tomto procesu se voda mění na ledové krystalky, které narušují buněčné membrány. Kvůli těmto dvěma okolnostem jsou velmi špatně skladovatelná a tudíž i ochrana *ex-situ*² problematická. V tomto případě je tedy obvykle nutné udržovat kultury živých rostlin, které jsou schopné semena produkovat kontinuálně, a optimálně je lze množit i vegetativní cestou (např. odnožemi, řízkami apod.) (Khandelwal, www.biologydiscussion.com, 2020).

2.1.3 Klíčivost semen

Vodní rostliny patří v mnoha případech k ohroženým a obecně je jejich pěstování v *ex-situ* podmínkách problematické (Dalziel et al, 2019). Proto je při samotném klíčení semen vhodné znát požadavky rostlin na množství faktorů, jako jsou typ substrátu, množství vody (vlhkost), pH vody, teplota nebo světlo. K lepším výsledkům klíčivosti je dobré semenům poskytnout substrát a vodu z lokality, kde rostla matečná rostlina (Baskin et Baskin, 1998: 9-17). Některá semena musejí projít

² Ochrana mimo přirozené prostředí druhu

studenou stratifikací, tedy obdobím s výrazným poklesem teplot, než začnou klíčit (Prausová, 2015). Kromě kolísání této teploty, je někdy nutné zajistit i kolísání teploty během dne a noci a opět to závisí na lokalitě, odkud druh pochází. Pro klíčení je optimální teplota, která se liší pro jednotlivé druhy – pro rostliny mírného pásu okolo 22°C, pro (sub)tropické druhy to může až 45°C. Jedním z nejdůležitějších faktorů je světlo. Množství a délka působení světla velmi často prolamuje dormanci (viz kapitola 2.1.5). Semena, která vyžadují velké množství světla zpravidla klíčí na jaře, protože prošla zimou, kdy byla nízká teplota a zároveň málo světla. Oproti tomuto semena, která klíčí na podzim, prošla obdobím s vysokými teplotami. Z toho plyne, že pro klíčení je množství světla úzce spjato s teplotami. Pro klíčení v laboratorních podmínkách je lepší používat zářivky s chladným bílým světlem než žárovky (světlo ze žárovek obsahuje červené spektrum a navíc hřeje = zvyšuje okolní teplotu) (Baskin et Baskin, 1998: 9-17). U vodních rostlin je také zásadní hloubka, ve které semeno bude klíčit (Xiao, 2010; Su, 2018) nebo také může klíčit na povrchu substrátu či mírně zahrabáno (Xiao, 2010), přičemž při větší hloubce klesá klíčivost.

Po dokončení testu klíčivosti jsou semena, která nevyklíčila, často dodatečně testována na životaschopnost. Ta semena, která jsou pokryta plísněmi nebo při zmáčknutí prasknou, jsou již mrtvá. Na ostatní semena se použije test s tetrazoliem. Přesněji řečeno se používá 2,3,5-trifenyl-2H-tetrazolium-chlorid (TTC). V tomto testu se semena rozříznou napůl tak, aby bylo vidět embryo (Baskin et Baskin, 1998: 19). Následně se semena umístí na filtrační papír, který je ovlhčený TTC (Grzybowski, 2012). V případě, že jsou semena živá, se z nich vyloučí vodíkové ionty a embryo se zabarví růžově až červeně. V opačném případě, kdy embryo nejsou živá, barva zůstane beze změny (Baskin et Baskin, 1998: 19). Tento test také ukazuje respirační procesy v mitochondriích v buněčných tkáních semene (França-Neto, 2019).

2.1.4 Dormance semen

Dormance je obdobím klidu, kdy semena přečkávají nepříznivé období – málo tepla, světla či vody. Přírozenou dormanci semen (organic seed dormancy) je možné

rozlišit na vnitřní (embryo zabraňuje klíčení) a vnější (klíčení zabraňuje osemení, oplodí či endosperm³). Aby byla dormance přerušena, jsou nutné vnitřní či vnější změny, např. odstranění nepropustného osemení (Baskin et Baskin, 1998:27).

Jelikož je více typů dormancí, jsou pro přehlednost uvedeny v tabulce (Tabulka 3) níže spolu s jejich příčinami a jejich překonáním.

³ Vnitřní živné pletivo semene

Tabulka 3: Tabulka typů dormancí různých druhů, jejich příčiny a překonání. (Baskin et Baskin, 1998:28 by Nikolaeva, 1977, Baskin et Baskin, 1998: 29-42)

Typ		Příčina	Překonání	Druhy
Vnitřní dormance	Fyziologická	Fyziologický inhibiční mechanismus klíčení	Teplá a/či chladná stratifikace	<i>Lamium</i> (hluchavka), <i>Echinochloa</i> (ježatka), <i>Draba</i> (chudina)
	Morfologická	Nevyvinuté embryo	Odpovídající podmínky pro růst/klíčení embrya	<i>Elaeis</i> (olejnice), <i>Anemone</i> (sasanka), <i>Apium</i> (miřík)
	Morfofyziologická	Fyziologický inhibiční mechanismus klíčení a nevyvinuté embryo	Teplá a/či chladná stratifikace	<i>Nymphaea</i> (leknín)
Vnější dormance	Fyzická	Pro vodu nepropustné osemení	Otevření specializovaných struktur	<i>Cuscuta</i> (kokotice), <i>Nelumbo</i> (lotos), <i>Pisum</i> (hrách)
	Chemická	Inhibitory klíčení	Vyluhování	<i>Chenopodium</i> (merlík), <i>Lactuca</i> (locika), <i>Hordeum</i> (ječmen)
	Mechanická	Dřevěné útvary omezující růst	Teplá a/či chladná stratifikace	

Na rozdíl od dormantních semen jsou semena také nedormantní. Ta jsou po zasetí schopna téměř okamžitého klíčení. Z vodních rostlin mezi ně patří např. druhy z rodů: *Lemna* (okřehek), *Ludwigia* (zakucelka), *Orontium* (vodoklas), *Typha* (orobínek) či *Vallisneria* (zákruticha) (Baskin et Baskin, 1998:494).

2.2 Rdesty

Rod rdest (*Potamogeton*) patří mezi vodní rostliny. Rdesty patří do říše rostliny (*Archaeplastida*), oddělení cévnaté rostliny (*Tracheophyta*), třídy jednoděložné (*Liliopsida*), řádu žabníkotvaré (*Alismatales*), čeledi rdestovité (*Potamogetonaceae*).

Mimo zmiňovaný rod rdest, patří do této čeledi také rod *Althenia*, *Groenlandia*, *Stuckenia* a *Zanichellia*. Některé zdroje sem také zařazují rody *Buccaferrea* či *Lepilaena* (The Plant List, 2013).

2.2.1 Obecné znaky rdestů

Rostliny z čeledi rdestovité jsou výhradně vodní byliny, které se vyskytují ve sladkých až mírně brakických vodách.

Jsou zakořeněné ve dně tenkými kořeny a často mají krátké či podlouhlé oddenky, které mohou být tenké až tlusté. Pomocí těchto oddenků některé druhy přezimují (např. *Potamogeton praelongus* (Prausová, 2015), *P. polygonifolius* (Hay, 2008)), zatímco jiné druhy k přezimování používají hlízky na konci oddenků nebo turiony, které tvoří rdesty s jednoletými lodyhami (www.botany.cz; 2007-2019). Turiony jsou přezimující pupeny, kterými se rostlina rozmnožuje vegetativně (Ailstock, 2010). Obvykle se vytvářejí od srpna do října a jsou 1 až 4 cm dlouhé. Tvořeny jsou několika přitisknutými redukovanými listy a na bázi mají 2 až 3 volně přitisknuté až šikmo odstálé neredukované listy. Turiony mohou být vrcholové, jelikož vyrůstají na vrcholu krátkých úžlabních větví (*Potamogeton acutifolius*, *Potamogeton compressus*) nebo vyrůstají u báze listů na uzlinách lodyhy a nazývají se tak turiony úžlabní (*Potamogeton crispus*), které vyrůstají od června do října a mají tmavozelenou barvu. U druhu *P. natans* se turiony nevytváří, ale někdy jim ztloustne vrcholová část lodyhy, která zmíněné turiony připomíná (Štěpánková, 2010).

Lodyhy mají přímé či vystoupavé, tedy ležící a později se napřimující, a bývají

větvené, někdy jednoduché. U báze listů mohou být žlázy, jinak jsou lodyhy lysé, bez trichomů (Štěpánková, 2010).

U vodních rostlin, jako je rdest, se morfologicky diferencují listy na ponořené a plovoucí. Tento jev se nazývá heterofylie, česky různolistost, tedy na jedné rostlině jsou listy odlišných tvarů a velikostí (www.botany.cz; 2007-2019). Listy ponořené jsou uspořádané střídavě. Jsou také jednoduché, celistvé, přisedlé či řapíkaté. Čepel je úzká až niťovitá, eliptická či vejčitá, je celokrajná nebo pilovitá a zpravidla je blanitá. U ponořených listů bývá častá přeměna na fylodia (*P. lucens*, *P. natans*), neboli listově rozšířený asimilující řapík a čepel obvykle zaniká. Tento typ listu nemá průduchy. U rostlin se mohou objevovat oba typy listů (*Potamogeton alpinus*, *Potamogeton coloratus*) nebo na rostlině mohou být pouze listy ponořené (*Potamogeton acutifolius*, *Potamogeton compressus*). Palisty jsou vyvinuty u všech listů a bývají navzájem nesrostlé. Druhým typem listů jsou listy plovoucí, které jsou kožovité a na svrchní straně mají průduchy. Tyto listy jsou vždy řapíkaté a čepel je podlouhlá, eliptická až vejčitá. Žilnatina listů je souběžná či rovnoběžná, přičemž je hlavní žilka vždy nejvýraznější. Žilek může být od 9 (*P. lucens*) po 33 (*P. perfoliatus*). Často se vyskytují anastomózy, neboli spojky mezi žilkami (Štěpánková, 2010), průsvitné pletivo s intercelulárami (lakunární systém, podél středního žebra listu) a také sklerenchymatická vlákna, která jsou v čepeli listu umístěné rovnoběžně se středním žebrem a jsou dobře viditelné pod zvětšovací lupou při pohledu proti světlu a jsou u druhu *P. acutifolius* a *P. compressus* (Kaplan, 2000).

Květenstvím rdestů bývá nejčastěji válcovitý klas, dále to může být kulovitý či elipsoidní klas, který je ponořený či vynořený. V jednom květenství může být až 80 květů a je husté, řídké až přetrhované bez listenů. Vyrůstá z vrcholu lodyhy či z úžlabí listů je nesené na dlouhé či krátké stopce. Jednotlivé květy jsou zelené až hnědé, drobné, přisedlé a oboupohlavní. Květní obaly nejsou rozlišené na kalich a korunu a tvoří tedy okvětí. Mají čtyři okvětní lístky a čtyři tyčinky uspořádané do kruhu. Tyčinky jsou volné, ale jejich nitky jsou u báze srostlé s okvětím (www.botany.cz; 2007-2019). Prašníky na nitkách mají čtyři pouzdra a jejich pylová zrna jsou kulovitá až elipsoidní. Semeník je svrchní a má apokarpní gyneceum, což

je soubor většího počtu jednoplodolistových pestíků v květu, a které bývá volné. V těchto gyneceích jsou vajíčka na stěnách a proto je zde nástěnná placentace. Vajíčka mohou být atropní (přímá) či kampylotropní (příčná) a v plodolistu je jen jedno (Štěpánková, 2010).

Druhy s květenstvím nad vodní hladinou jsou nejčastěji opylovány větrem a hovoříme o alogamii. Květenství, která jsou pod hladinou, se opylují autogamicky a dochází tak k samoopylení. Jde o systém, kde pylová zrna pronikají k bliznám pomocí vzduchových bublinek. Pod vodou taktéž dochází k hydrogamii, kde přenos pylových zrn je zprostředkován vodou (www.botany.cz; 2007-2019).

Plod vzhledem připomíná nažku, avšak je to plod, který v dosavadní době není jednoznačně pojmenovaný a vlastnostmi odpovídá nejbližše nažce. Proto se v této práci hovoří o plodu jako o nažce. Osemení je srostlé s oplodím. Není to suchý plod, jelikož uschlé plody již nejsou životaschopné. Mají blanité tvrdé oplodí (exokarp), jejich střední vrstva oplodí (mezokarp) je dužnatá či kožovitá a vnitřní vrstva oplodí (endokarp) je měkká až tvrdá (www.botany.cz; 2007-2019). Tvrdé oplodí následně semenům zajišťuje mechanickou ochranu (Ailstock, 2010). Plod má tvar kulovitý až elipsoidní a ze stran je zploštělý. Na vrcholu bývá obvykle krátký zobánek, což je zúžený konec plodu. Může být ventrální (přední) nebo apikální (vrcholový) (Hay, 2008). Avšak plody rodu *Groenlandia* tvoří plod připomínající bobuli a jeho oplodí je měkké (www.botany.cz; 2007-2019).

Semena v plodu jsou malá a nemají endosperm, neboli živné pletivo. Zárodek je hákovitý až krátce spirálovitý. U jednotlivých druhů se liší barva a velikost semen, ale všechna jsou produkována ve velkém množství a jsou dlouhověká (Ailstock, 2010).

Rdesty obsahují několik chemických látek, např. taniny neboli třísloviny známé svou trpkou chutí, flavonoidy, které mají antioxidační účinky a některým druhům (*Potamogeton crispus*, *Potamogeton alpinus*) dodává načervenalou barvu barvivo rhodoxantin, které má taktéž protirakovinové účinky (Ren, 2006). Avšak chybějí

saponiny, alkaloidy či anthokyany. U některých vodních rostlin včetně rdestů je možné sledovat příjem hydrogenuhličitanů tak, že se přijímá pouze spodní stranou listu, zatímco na vrchní straně listu se následkem metabolických reakcí sráží uhličitan vápenatý a tím tvoří světlé povlaky na zmíněných listech (www.botany.cz; 2007-2019).

2.2.2 Diverzita a rozšíření na světě

Domovinou těchto rostlin je především sladká voda, kde mohou osidlovat vodní sloupec stojatých i tekoucích vod. Daří se jim také ve vodách eutrofních, neboli ve vodě s vysokým obsahem živin a především dusíku a fosforu, ale i ve vodách dystrofních, které obsahují málo živin a hodně huminových kyselin. Druhy rodu *Zannichellia* se přizpůsobily brakické i slané vodě (www.botany.cz; 2007-2019). V současné době je na světě 94 rozeznáváno druhů rdestů (přičemž okolo 70 druhů z nich je považováno za dostatečně známé díky podrobnějšímu popisu (Wieglet, 1998)) a také mnoho jejich kříženců.

Hybridizace je důležitým zdrojem rozmanitosti genetické informace u rdestů. Množství a rozšíření hybridů není na světě nijak rovnoměrná. Noví hybridi se v současné době dají odhalit pomocí sekvenování a klonování oblasti ITS (Internal transcribed spacer – část DNA umístěná mezi geny ribozomální RNA) (Aykurt, 2017). Ze severní polokoule (těžiště výskytu rdestů) je známo přibližně 80 hybridů. Oproti tomu na jižní polokouli se teprve v roce 2011 našel první hybrid této polokoule (Kaplan, 2011).

V České republice bylo zatím nalezeno 7 hybridů, kteří jsou různou měrou podobní jedné či druhé rodičovské rostlině. Z tohoto důvodu bylo možné druh zaměnit za druh hybridní. Hlavními rozpoznávacími znaky jsou např. stavba stonku (stlačení), počet žilek v listu, barva listu, tvar čepele listu, délka květního stonku apod. Zpětné určení hybridů lze učinit pomocí herbářových materiálů. Hybridní druhy dříve nejhojněji vyskytovaly v rybnících s tradičním hospodařením, kdy se zde chovaly

ryby a rybník byl přes léto vypuštěný, nebo řekách, které ale během let vymizely. Mezi vymizelé druhy patří *Potamogeton x cooperi* (= *P. crispus* × *P. perfoliatus*), *Potamogeton* × *olivaceus* (*P. alpinus* × *P. crispus*) a *Potamogeton* × *undulatus* (*P. crispus* × *P. praelongus*). Avšak druhy *Potamogeton* × *angustifolius* (*P. gramineus* × *P. lucens*), *Potamogeton* × *fluitans* (*P. lucens* × *P. natans*), *Potamogeton* × *schreberi* (*P. natans* × *P. nodosus*) a *Potamogeton* × *sparganiifolius* (*P. gramineus* × *P. natans*) se i v současné době vyskytují na několika lokalitách, a to zejména v jižních Čechách, východních Čechách a na Moravě. Hybridní druh *Potamogeton* × *angustifolius* je zcela životaschopný, protože jeho semena jsou schopna klíčit. Zatímco jiní hybridi (př. *Potamogeton* × *nitens*) neklíčí a lze je označit jako sterilní (Kaplan, 2010).

2.2.3 Druhá diverzita rdestů v České republice

V současné době se v České republice nachází 12 druhů rdestů (viz Tabulka 4 – kapitola 2.2.4) a 3 druhy jsou vymizelé (*Potamogeton coloratus*, *Potamogeton compressus*, *Potamogeton friesii*). Populace *P. coloratus* však byla obnovena na Hrabanovské černavě a druh se objevil i v tůni v NPP V jezírkách.

Jak již bylo zmíněno v předchozích podkapitolách, jedná se o byliny, které mají vytrvalý oddenek a nevytvářejí turiony (*Potamogeton alpinus*, *P. coloratus*, *P. lucens*) nebo naopak oddenek nemají a turiony vytvářejí (*Potamogeton acutifolius*, *P. obtusifolius*) nebo tvoří oddenky i turiony (*Potamogeton crispus*). Z toho plyne, že k přečkání nepříznivého období dosahují pomocí zmíněných oddenků nebo turionů. Lodyhy mají různé délky, které se mezi druhy liší (60-200 cm) a jsou nejčastěji jednoleté, ale např. u druhu *P. crispus* či *P. natans* může být lodyha jednoletá i dvouletá. Větvení lodyh je také odlišné – od nevětvených lodyh druhu *P. natans* až po bohatě větvené lodyhy *P. obtusifolius* či *P. perfoliatus*. Rdesty mají více typů listů a lze je rozlišit na ponořené úzkolisté (*Potamogeton acutifolius*, *P. berchtoldii*, *P. obtusifolius*, *P. pusillus* a *P. trichoides*), ponořené širokolisté (*P. crispus*, *P. lucens*, *P. praelongus*, *P. perfoliatus*) a listy ponořené i plovoucí (*P. alpinus*, *P. coloratus*,

P. gramineus, *P. natans*, *P. nodosus*, *P. polygonifolius*) (Štěpánková, 2010).

Kromě výše zmíněného rodu rdest, zahrnuje čeleď *Potamogetonaceae* také rody *Groenlandia* (rdestice) a *Stuckenia* (rdestík). V rodě *Groenlandia* jsou rostliny zpravidla vytrvalé, ponořené vodní byliny, které se vyznačují vstřícně postavenými listy, které jsou přisedlé a ponořené, palisty vyvinuty jsou u listů podpírající květenství, která jsou krátká a redukovaná se dvěma květy, stopka je výrazně obloukovitě zahnutá, nažky mají měkký endokarp s krátkým zobánkem. V České republice se roste na poslední lokalitě jen *Groenlandia densa* na Kutnohorsku, která je podobná rdestům s ponořenými širokými listy. Rod *Stuckenia* je také vytrvalá ponořená vodní rostlina. Mají oddenky i hlízky, listy mají střídavé, přisedlé, palisty srostlé s bazální částí listů, klasy jsou řídké s 8 až 12 květy, stopky klasů mají ohlé, nažky mají tvrdý endokarp s taktéž krátkým zobánkem a elipsoidním tvarem (Štěpánková, 2010).

Rdesty rostou ve vodách čistých, stojatých po mírně až rychleji proudících vodách. Vodu vyžadují eutrofní (vody bohaté na živiny, trofický potenciál⁴: 200-500 mg l⁻¹) či mezotrofní (vody se středním obsahem živin, trofický potenciál: 50-200 mg l⁻¹). Mezi lokality výskytu patří rybníky, nížinné vodní nádrže, řeky, odvodňovací kanály někdy i mrtvá říční ramena, rybí sádky či zatopené pískovny. Dno lokalit bývá bahnitě, písčité, kamenité, šterkovité až rašelinové a rostou v hloubkách od 20 do 200 cm.

2.2.4 Ochrana rdestů v České republice

Některé z druhů rdestů z českých biotopů mizí v souvislosti s degradací či přímým ničením přirozených stanovišť (Chytrý, 2012; Chytrý et al., 2019), některé nikoliv. Z důvodu přehlednosti jsou druhy s jejich ochranou uvedeny níže (Tabulka 4). Je zde uvedena ochrana podle Červeného seznamu (Chobot, 2017). Zde jsou dvě kategorie: kategorie ohrožení IUCN (*The International Union for Conservation of Nature, neboli Mezinárodní svaz ochrany přírody*), kde jsou taxony zařazeny do kategorií

⁴ Trofie vody = ukazatel obsahu biologicky využitelných živin ve vodě (Žáková, 2001)

s ohledem na mezinárodně uznávaná pravidla; a národní kategorie ohrožení udávající ohrožení, které je mírně odlišné od předchozího, a odpovídá stavu v České republice. Je zde uvedena také zákonná ochrana obsažená v příloze II vyhlášky č. 395/1992 Sb, kde jsou druhy označeny jako kriticky ohrožené, silně ohrožené a ohrožené, anebo ohroženy nejsou. Informace jsou brány z webové stránky <https://pladias.cz/>, dostupné online ke 14.2.2020.

Kategorie platící pro národní ohrožení jsou:

- A1 - vyhynulý taxon
- A2 - neznámý taxon
- A3 - vyhynulý nebo neznámý taxon (nejasný případ)
- C1r - kriticky ohrožený taxon, vzácný
- C1t - kriticky ohrožený taxon, ustupující
- C1b - kriticky ohrožený taxon, vzácný a ustupující
- C2r - silně ohrožený taxon, vzácný
- C2t - silně ohrožený taxon, ustupující
- C2b - silně ohrožený taxon, vzácný a ustupující
- C3 - ohrožený taxon
- C4a - vzácnější taxon vyžadující pozornost
- C4b - vzácnější taxon, nejasný případ,

a pro ohrožení IUCN:

- CR - kriticky ohrožený (*Critically Endangered*)
- DD - taxon, o němž jsou nedostatečné údaje (*Data Deficient*)
- EN - ohrožený (*Endangered*)
- EW – vyhynulý nebo vyhubený ve volné přírodě (*Extinct in the Wild*)
- EX - vyhynulý nebo vyhubený (*Extinct*)
- LC - málo dotčený (*Least Concern*)
- NA - nevhodný pro hodnocení (*Not Applicable*)
- NE - nevyhodnocený (*Not Evaluated*)
- NT - téměř ohrožený (*Near Threatened*)

- RE - regionálně vyhynulý nebo vyhubený (*Regionally Extinct*)
- VU - zranitelný (*Vulnerable*).

Tabulka 4: Přehled druhů (latinsky a česky) rdestů s jejich ochranou a ohrožením vztaženým na Českou republiku spolu s výskytem. NKO* = Červený seznam 2017 (národní kategorie ohrožení), KO** = Červený seznam 2017 (kategorie ohrožení IUCN).

Druh latinsky	Druh česky	NKO*	KO**	Zákonná ochrana	Výskyt nynější, u vyhynulých dřívější výskyt
<i>Potamogeton acutifolius</i>	rdest ostrolistý	C3	NT	-	Jižní a jihozápadní Čechy, Blatensko, Vodňansko, Českobudějovicko, Třeboňsko, Plzeňsko, Českolipsko, Český ráj, Českomoravská vrchovina, Opavsko, Ostravsko, Břeclavsko, v Pomoraví
<i>Potamogeton alpinus</i>	rdest alpský, rdest červenavý	C2b	VU	Silně ohrožený	Západní a jižní Čechy, Českomoravská vrchovina, dříve na Kokořínsku, ve Žďárských vrších, na Olomoucku
<i>Potamogeton berchtoldii</i>	rdest Berchtoldův	-	-	-	Žďárské vrchy, Křivoklátsko, Kokořínsko, Dokesko, Mimoňsko, Trosecká pahorkatina, vzácně v Českém krasu, na jižní Moravě
<i>Potamogeton coloratus</i>	rdest zbarvený	C1t	CR	-	V České Republice již vyhynulý, dříve v Polabí
<i>Potamogeton compressus</i>	rdest smáčknutý	A1	RE	-	V České Republice již vyhynulý, dříve v Polabí, Hornomoravském úvalu, na

Druh latinsky	Druh česky	NKO *	KO **	Zákonná ochrana	Výskyt nynější, u vyhynulých dřívější výskyt
					Broumovsku, Havlíčkobrodsku či Opavsku
<i>Potamogeton crispus</i>	rdest kadeřavý	-	-	-	Polabí, Dyjsko-svratecký úval, Pomoraví, Plzeňsko, Blatensko, Českobudějovicko, Třeboňsko, Českolipsko, Poodří, Pobečví, Žďárské Jihlavské vrchy, Jizerské hory
<i>Potamogeton friesii</i>	rdest hrotitý	A2	RE	Kriticky ohrožený	V České Republice již vyhynulý, dříve Křivoklátsko
<i>Potamogeton gramineus</i>	rdest trávolistý	C1t	CR	-	Dokesko, okolí Loučeně, Železné hory, jižní část Českomoravské vrchoviny
<i>Potamogeton lucens</i>	rdest světlý	C3	NT	-	Polabí, Břeclavsko Kroměřížsko, Plzeňsko, Blatensko, Vodňansko, Ostravská pánev, Českolipsko, Dolní Poodří, Železné hory, Šumava, Velký Kozí rybník
<i>Potamogeton natans</i>	rdest vzplývavý	-	-	-	Šumava, Polabí, Blatensko, Plzeňsko či Českolipsko
<i>Potamogeton nodosus</i>	rdest uzlinatý	C3	NT	-	Dokesko, v okolí Loučeně, Železné hory, jižní část Českomoravské vrchoviny
<i>Potamogeton obtusifolius</i>	rdest tupolistý	C3	NT	-	Blatensko, Vodňansko, Českobudějovicko, Třeboňsko, Plzeňsko, Českolipsko, Český ráj, dolní Poodří, Železné hory,

Druh latinsky	Druh česky	NKO *	KO **	Zákonná ochrana	Výskyt nynější, u vyhynulých dřívější výskyt
					Českomoravská vrchovina, Opavsko, Ostravská pánev
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	rdest prorostlý	C2t	EN	-	Ohře, Ploučnice, Vltava, Opočno, u Hradce Králové, Pomoraví, spodní Podýjí, Pobečví, u Opavy
<i>Potamogeton polygonifolius</i>	rdest rdesnolistý	C2r	EN	-	Ašsko
<i>Potamogeton praelongus</i>	rdest dlouholistý	C1t	CR	Kriticky ohrožený	v Hradci Králové, u Malšovy Lhoty v dolním Poorličí, dříve řeky Orlice, Vltava, Otava, Ploučnice
<i>Potamogeton pusillus</i>	rdest maličký	-	-	-	Blatensko, Vodňansko, Českobudějovicko, Třeboňsko, Rožďalovická tabule, Břeclavsko, Ostravská pánev
<i>Potamogeton trichoides</i>	rdest vláskovitý	C3	NT	-	Blatensko, Vodňansko, Českobudějovicko, Třeboňsko, Pomoraví, Břeclavsko, Ostravsko

Tato práce bude věnována druhům *Potamogeton gramineus* a *Potamogeton nodosus*.

2.3 *Potamogeton gramineus*

2.3.1 Morfologie

Vodní bylina s vytrvalým oddenkem a s jednoletými lodyhami. Nikdy nevytváří turiony. Lodyha je na průřezu oblá a dorůstá délky až 120 cm. Bývá bohatě větvena, nemá žlázky a má žlutozelenou až tmavě zelenou barvu. Listy jsou heterofylní neboli rozlišené. Ponořené listy pod vodou jsou přisedlé, při kolísání hladiny vody mohou být krátce řapíkaté. Tyto listy se přeměňují na fylodia (listově rozšířený asimilující řapík, kdy čepel zcela či zčásti zaniká). Nezměněné listy jsou úzké a kopinaté, po okrajích mohou být zvlněné a na vrcholu jsou špičaté. Délka těchto listů se pohybuje mezi 4-9 cm na hlavní lodyze, na vedlejších lodyhách jsou listy kratší a jsou 1,5- 5 cm dlouhé. Při bližším pohledu lze u vrcholu listu pozorovat drobné pilovité zuby. Ponořené listy jsou měkké, blanité s 5-7 žilkami a častými anastomózami. Barva těchto listů je světle až tmavě zelená a někdy s červenohnědým nádechem. Listy plovoucí jsou v období kvetení již vyvinuté. Mají řapíky a čepel je eliptická až vejčitá o délce 1,5-7 cm a šířce 0,6-3,4 cm. Přítomné palisty jsou odvrácené od listu, jsou nesrostlé a jejich délka je 1-2,5 cm. Barva plovoucích listů je světle až tmavě zelená a mají dvě nízká nekřídlatá žebra na hřbetní straně. Pod těmito žebry jsou dvě silné žilky, zatímco ostatní nejsou výrazné. Okvětní lístky květů jsou zelené a mají přibližně 2 mm v průměru. Kveté v červnu a srpnu. Nažky jsou elipsoidní s nízkým až výrazným hřbetním kýlem, který je mírně ostrý. Jejich barva je tmavě zelená, jsou vypouklá a přibližně 3 mm velké (Šumberová, 2011).

Fotografie druhu jsou uvedeny v přílohách (Příloha 1 – 5).

2.3.2 Podobné druhy

Potamogeton gramineus může být zaměňován s *P. alpinus*. Oba tyto druhy obývají velmi podobné lokality. Také oba druhy mají ponořené listy, které jsou přisedlé, a listy plovoucí.

P. gramineus mívá lodyhu bohatě větvenou, v suchém stavu mají listy tmavě zelenou barvu, listy ponořené mají 7 žilek a mají drobné pilovité zuby u vrcholu listu. Vrchol listu je ukončen špičatě. Plovoucí listy mají čepel kratší než řapík a nažky mají zelenou barvu.

Oproti tomu *P. alpinus* má lodyhu jednoduchou, tedy nevětvenou, listy v suchém stavu jsou rezavé až červenohnědé, ponořené listy mají 9-17 žilek, listy nemají zuby, ale jsou celokrajné, vrchol listu je tupý, plovoucí listy mají čepel delší než řapík a nažky jsou okrové či světle červenohnědé.

2.3.3 Variabilita druhu

Velice variabilní druh, který mění velikost a tvar vegetativních orgánů v ohledu na prostředí s odlišnými podmínkami. Rdest rostoucí v mělkých vodách je bohatě větvený, má krátká internodia, neboli části stonku mezi uzlinami z nichž vyrůstají listy, a listy mají malé ponořené a plovoucí, které jsou dobře vyvinuté. Tento druh také roste v hlubokých či proudících vodách, kde jsou rostliny málo či středně větvené s prodlouženými internodii a listy mají jen velké ponořené. Roste také na obnaženém bahnitém dně, kde vzniká subterestrická forma, které odumírají ponořené listy. Ve vodách, které jsou hluboké a čisté, rostou rdesty s prodlouženými lodyhami a velice dlouhými stopkami klasů, které na území České republiky dosahuje až 13 cm mimo obvyklých 1,2 - 3,5 cm (Šumberová, 2011).

2.3.4 Rozšíření v České republice a ve světě

Rdest trávolistý se vyskytuje v arktických až temperátních oblastech severní polokoule. Osidluje jižní a jihozápadní Grónsko a většinu území Evropy a to od severních oblastí Islandu a Skandinávie po jižní části Evropy, kde se vyskytuje řidčeji, jako je Řecko, Itálie, Španělsko a Portugalsko. Zasahuje také do okolních

oblastí, jako je např. Ukrajina, střední část evropského Ruska a evropská část Turecka. V Asii je k nalezení od Sibíře po 45. rovnoběžku, ke Kamčatce a Kurilským ostrovům až k Japonsku na východě. Také se vyskytuje v Severní Americe v Kanadě a USA až ke 34. rovnoběžce, kde je Kalifornie, Arizona a Kentucky.

Dříve tato bylina rostla ve Středním a Východním Polabí a v jižních Čechách v rybníčných oblastech, např. na Blatensku, Českobudějovicku a Třeboňsku, nebo také na Moravě. Avšak v průběhu 2. poloviny 20. století došlo k výrazné redukci počtu lokalit a nyní je v těchto oblastech vyhynulý nebo velmi vzácný. Dnes bychom tento druh našli na několika lokalitách na Dokesku, v okolí Loučeně, v Železných horách a v jižní části Českomoravské vrchoviny.

2.3.5 Lokality

Nachází se v rybnících, občas v mělkých přehradních nádržích, mrtvých říčních ramenech a tůních v mokřadech. Vodu vyžaduje stojatou, mezotrofní až přirozeně eutrofní, s pH okolo 6-7, čistou, s bahnitým, hlinitým či jílovitým dnem, kde zakořeňuje v hloubkách 50 cm, někdy až ve 120 cm. Kolísání vodní hladiny tomuto rdestu nevadí a přežije i dočasné vypuštění nádrže či vysušení, ale je nutné opětovné zatopení. Toto vysychání je také pro *P. gramineus* velmi výhodný, jelikož tento druh často obrůstá vláknitými zelenými řasami, které při zmíněném vyschnutí z větší části odumřou (Šumberová, 2011).

V mělkých vodách bývá dominantní vegetací, ale jak již bylo zmíněno výše, je nutný nízký obsah živin. V těchto mělkých vodách rostou mimo *P. gramineus* také další vodní makrofyty, např. *Batrachium trichophyllum* (lakušník niťolistý), *P. pectinatus* (rdestík hřebenitý), *P. pusillus* (rdest maličký), *Utricularia australis* (bublinatka jižní) a *Alisma gramineum* (žabník trávolistý). Mimo těchto makrofyt jsou zde zastoupeny také různé rákosiny a vysoké ostřice (Šumberová, 2011).

2.3.6 Biotopy a jejich ochrana

V současné době existují populace, které se neustále zmenšují v důsledku eutrofizací vod, ničením stanovišť, změnami hospodářství a rozšiřování konkurenčně silnějších druhů. V České republice jsou populace k nalezení v Českém ráji, Poděbradsku, Kolínsku, Pardubicku, Železných horách, Vodňansku a také u Českých Budějovic či Velkého Meziříčí. Fotografiemi nedoložené výskyty jsou také na Jindřichohradecku, v jižních Čechách či na Českomoravské vrchovině (Šumberová, 2011).

Na území střední Evropy patří k dramaticky ubývajícím druhům, na Slovensku patří mezi zákonem chráněné druhy (Grulich, 2011).

2.4 *Potamogeton nodosus*

2.4.1 Morfologie

Druh rdestu, který má vytrvalý oddenek a nevytváří turiony. Lodyha je jednoletá, až 200 cm dlouhá (v proudících vodách až 300 cm), na průřezu oblá, je jednoduchá či velmi chudě větvená a má zelenou až zelenavě okrovou barvu. Listy jsou dimorfní – ponořené i plovoucí. Ponořené listy jsou řapíkaté, čepel je podlouhlá, 8 až 18 cm dlouhé a široké 1,5 až 3,8 cm. Na vrcholu listu je špička, která je tupá. Na okrajích listů jsou velmi drobné pilovité zuby, které postupně opadávají. Mají světle zelenou až žlutozelenou barvu, zatímco v suchém stavu jsou s hnědavým nádechem, a jsou také měkké, blanité a jemné s až 13 podélnými žilkami. Plovoucí listy jsou řapíkaté (4 až 16 cm) s podlouhlou kožovitou čepelí. Jejich délka je 6 až 12 cm a šířka 2,5 až 5 cm. Na vrcholu listu je tupá či krátce nasazená špička. Mají zelenou barvu s málo častým hnědavým nádechem. Tyto listy jsou již vyvinuté během období kvetení, které je od června po srpen. Palisty jsou na straně od listu odvrácené nesrostlé, vytrvalé, až 12 cm dlouhé, mají bělavou až světle hnědou barvu a v suchém stavu jsou světle zelené až světle hnědé. Válcovité klasy dosahují délky až 7 cm, jsou husté, mnohokvěté s dlouhou stopkou (až 13 cm). Květy jsou světle zelené a jsou tvořeny většinou ze 4 plodolistů. Nažky mají elipsoidní tvar s nevýrazným hřbetním kýlem, po stranách jsou vypouklé a se zobánkem kratším než tělo plodu. Mají tmavou hnědočervenou barvu a dosahují délky až 4 mm (Šumberová, 2011).

Fotografie druhu jsou uvedeny v přílohách (Příloha 6 – 10).

2.4.2 Podobné druhy

Snadno se splete od *P. natans*, který má ovšem bázi listů plovoucích listů klínovitou na rozdíl od pozvolně klínovitě se zužující bázi *P. nodosus*. *P. natans* se odlišuje také ponořenými listy bez čepele, které se přeměňují ve fylodia, a horní část řapíku plovoucích listů je nezelná a zúžená (*P. nodosus* má řapík tmavě zelený až zelenohnědý).

2.4.3 Variabilita druhu

Variabilní druh v závislosti na rychlost proudění vody. Ve zmíněných rychle proudících vodách tvoří jen ponořené listy s čepelí, která je blanitá a podlouhlá. Na rozdíl ve stojatých vodách tvoří plovoucí kožovité listy, jejichž čepel je široce eliptická a na vodní hladině tvoří souvislou vrstvu tvořenou z listů.

2.4.4 Rozšíření v České republice a ve světě

K nalezení je v mírném až subtropickém pásu s těžištěm na severní polokouli s přesahem do jižní polokoule na území Afriky. V Evropě se vyskytuje na středomořských ostrovech a od jižní po střední až k severní části Evropy (sever Anglie, Polska, Německa a dalších států) a také ke střední části evropského Ruska. V Asii se pás rozšíření táhne od jihozápadních částí Asie až k východnímu pobřeží na území Číny. Vyskytuje se také v jižněji položených oblastech jako je Thajsko až k severní Austrálii a Nové Kaledonii. Na Africkém kontinentu jsou těžištěm výskytu severní a jižní oblasti a také přilehlý ostrov Madagaskar. Vyskytuje se také na Americkém kontinentu, a to konkrétně v jižní části Kanady, v USA, Mexiku, Guatemale, Panamě a Venezuele. Z ostrovů by to byly ostrovy v Karibském moři, na Trinidadu či Havajských ostrovech.

V České republice je k nalezení na dolním toku řeky Kyjovky (přítok řeky Dyje), v několika lokalitách na řece Labi, v Úslavě, Vltavě u Českým Budějovic, Ve Stropnici, Zlaté stoce, Dyji, Třebůvce, Bečvě či na Ostravsku. Dříve byl také v Ohři, Teplé či ve Vltavě v Praze.

2.4.5 Lokality

Nachází se v rybnících, občas v mělkých přehradních nádržích, mrtvých říčních ramenech a tůních v mokřadech. Vodu vyžaduje stojatou, mezotrofní až přirozeně

eutrofní, čistou, s bahnitým, kamenitým, jílovitým či štěrkovým dnem, kde zakořeňuje v hloubkách okolo 50 cm a vzácněji až 200 cm. Kolísání vodní hladiny tomuto rdestu nevadí a přežije i dočasné vypuštění nádrže či vysušení, přičemž potřebuje opětovné zatopení. Tomuto jevu se říká limózní ekofáze, kdy je oblast nezatopená, ale půda je prosycená vodou (Šumberová, 2011).

Na stanovištích s *P. nodosus* se také často objevují pleustofyty, tedy rostliny, které rostou na hladině a jsou to často drobné rostliny. Mezi ně patří např. *Lemna gibba* (okřehek hrbatý), *Lemna minor* (okřehek menší) či *Spirodela polyrhiza* (závitka mnohokořená). Mezi makrofyta žijící s *P. nodosus* patří *Ceratophyllum demersum* (růžkatec ostnitý), *Myriophyllum spicatum* (stolístek klasnatý), *Potamogeton crispus* (rdest kadeřavý) nebo *Nuphar lutea* (stulík žlutý) (Šumberová, 2011).

2.4.6 Biotopy a jejich ochrana

Tak jako předchozí druh *P. gramineus* je i *P. nodosus* druhem, který je na ústupu. V přirozených lokalitách tohoto rdestu je nutné dodržovat mimo jiné proudění vody. V dnešní době je však dno zanášeno organickými sedimenty, které zabraňují zmíněnému proudění vody. Dalším významným faktorem je sukcese, tedy vývoj a změny ve složení společenstev v ekosystému. V důsledku sedimentace organických látek a tím i zpomalení proudění vody, jsou společenstva s *P. nodosus* nahrazovány společenstvy jinými, jako například společenstvem se šípátkou střelolistou a zevarem jednoduchým (vegetace *Sagittario sagittifoliae-Sparganietum emersi*), nebo se rozrůstá již výše zmíněný růžkatec ostnitý, který naopak prospívá v oblastech s organickým sedimentem. Proto by bylo vhodné k zachování tohoto druhu odstraňovat organické sedimenty a omezit lodní dopravu, která ničí rostliny (Prausová, 2015; Pladias.cz, 2014–2020).

3 Cíle práce

Cíl této bakalářské práce byl definován jako: posouzení klíčení kriticky ohroženého rdestu trávolistého (*Potamogeton gramineus*) a ohroženého rdestu uzlinatého (*Potamogeton nodosus*) podle způsobu uchování semen v genové bance.

Výsledek práce je významný pro Genofondovou skupinu při Unii botanických zahrad ČR a provedena bude na půdě jednoho ze zakládajících členů Genofondové skupiny - ve Sbírce vodních a mokřadních rostlin Botanického ústavu AV ČR, v.v.i v Třeboni, který bude výsledky aplikovat v metodice uchování jí spravovaného genofondu vodních a mokřadních rostlin.

4 Metodika

4.1 Rostlinný materiál

Semena byla sesbírána z rostlin pěstovaných ve Sbírce vodních a mokřadních rostlin Botanického ústavu AV ČR, v.v.i. (Navrátilová, 2020) na konci vegetační sezóny roku 2017. Tyto matečné rostliny byly vypěstovány ze semen:

- *Potamogeton nodosus* – IPEN Nr. CZ 0 HBT 2017.03718, pocházející ze Skašovského rybníka, nacházejícího se jižně od Tovačova u osady Annín;
- *Potamogeton gramineus* – IPEN Nr. CZ 0 HBT 2017.03723, pocházející z rybníka Matka u Bohdaneče.

4.2 Experiment

Pro identifikaci nejjednoduššího vhodného uchování semen při zachování klíčivosti v podmínkách botanické zahrady bylo použito designu experimentu odvíjejícího se od praktického požadavku cíle práce. Obecně jednodušší je uchování semen mrazením než chlazením a to především z důvodu možnosti dlouhodobého uchování semen v konstantních klimatických podmínkách. Avšak toto mrazení nevysušených semen vede k úhynu embrya v semeni, jak již bylo uvedeno výše.

Cílem tohoto připraveného experimentu je primárně posouzení možnosti uchování semen mrazením ve srovnání s chlazením. Vzhledem k tomu, že v literatuře byl prokázán poměrně významný vliv na prolomení dormance sušení semen (Zhao, 2017) jednotlivých druhů rdestů, bylo přistoupeno také k testu vlivu sušení.

Připravený experiment zaujímá vliv dvou faktorů uchování semen – teplota uskladnění (lednice při konstantní teplotě +5°C, mrazák při konstantní teplotě -25°C) a sušení semen (semena sušená před uskladněním, semena ponechána vlhká, vlhká

uskladněná semena usušena před výsadbou). S ohledem na podmínky botanické zahrady byl dále zjišťován také vliv vody na mrazení semen, proto byla k experimentu přiřazena ještě varianta s mrazením semen na -25°C ve vodě, která ale nebyla dále statisticky hodnocena. Pro každou kombinaci zásahů byla naplánována tři opakovaná měření (větší množství opakování nebylo možno provést především z důvodu velikosti experimentální plochy).

Semena obou druhů byla na podzim roku 2017 ihned po sběru rozdělena a uložena do 24 plastových uzavíratelných nádob (pro každý druh 2*3 - tedy 2 zásahy s vodou, tři opakování) o objemu 15 ml v množství měřeném podle objemu semen tak, aby byl v každé nádobě stejný objem semen. Sušení semen probíhalo po dobu 2 dní při konstantní teplotě 25°C .

Dva dny před zahájením experimentu byla polovina vlhkých semen z lednice i mrazáku a semen ve vodě z mrazáku usušena při teplotě 25°C . Experiment klíčení byl zahájen 23.4.2018. Z každé uskladněné nádoby byla semena vyjmuta a umístěna do Petriho misek o velikosti 120 x 20 mm, dále byla zalita 8 mm vody a uzavřena. Misky byly opatřeny identifikačním štítkem (Příloha 12). Experiment probíhal v místnosti s regulovatelným klimatem – konstantní teplota 18°C , konstantními světelnými podmínkami a konstantním světelným režimem střídajícím se po 12 hodinách. Vzhledem k homogenním podmínkám v místnosti nebylo nutné připravovat speciální prostorový design rozmístění kombinací zásahů jednotlivých opakování (Příloha 11).

V týdenních intervalech počínaje 10. 5. 2018 byla z misek odstraňována a počítána klíčící semena (vývoj klíčících rostlinek - Příloha 1 a 6). Zbylá semena byla promyta v tekoucí vodě a doplněna vodou do výšky 8 mm. Potenciální dormance u zásahů, u nichž nedošlo k jedinému klíčení, byla prolomena nařezáním (Vierssen, 1989: 241- 246; Prausová, 2015) vždy 10 ks semen dne 12.6.2018. Experiment byl ukončen 25. 6. 2018 a byla dopočítána veškerá nevyklíčená semena.

4.3 Zpracování dat

V jednotlivých kombinacích faktorů a jejich opakováních nebyl stejný počet semen, jelikož byla semena měřena objemově a nikoli početně. Vzhledem k tomuto, byl každý den odečtu spočítán počet klíčících semen a následně byly tyto údaje spočteny jako součet spolu se semeny nevyklíčenými. Pro následné statistické a grafické vyhodnocení byly jednotlivé počty klíčících semen v dané dny spočteny jako podíly klíčících semen.

Hlavním cílem bakalářské práce je posouzení možnosti uchovávat semena vodních rostlin sušená v mrazáku a dále posouzení potenciálních rozdílů v klíčivosti mezi mraženými a chlazenými semeny. Experiment byl naplánován tak, aby bylo možno současně posoudit vliv i dalších faktorů – sušení semen a časového průběhu klíčení. Vzhledem k tomu, že u obou zkoumaných druhů nedošlo k žádnému klíčení semen, která byla uchována mražením ve vlhku a ve vodě (podle očekávání), nemá praktický smysl k testu používat plánovanou třífaktorovou analýzu rozptylu (ANOVA) pro opakovaná měření – ANOVA testem by bylo možno posoudit společně vliv teploty uskladnění (2 úrovně), vliv sušení (3 úrovně), termínu odečtu (7 měření – within efekt), včetně jejich kombinace druhé a třetí úrovně. Vzhledem k cíli experimentu by toto statistické řešení nemělo praktický smysl – mrazení celkově by bylo zásadně podhodnoceno, neboť ANOVA počítá s průměry. Z tohoto důvodu jsme přistoupili ke statistickému řešení, které je za této situace vhodnější pro praktické řešení našeho problému, nicméně si vyžádalo rozdělení statistické analýzy do několika samostatných částí, aby nedocházelo k replikaci dat při řešení dílčích otázek.

Hlavní řešený problém – Je možné skladovat semena rdestů vysušená a hluboce zmrazená, aby si uchovala klíčivost? – byl vyřešen prostým pozorováním klíčících rostlin. Nicméně z naměřených dat lze získat další důležité informace k následujícím tématům klíčení:

1. Test rozdílů v celkové klíčivosti k 25. 6. 2018 mezi uchováním mražením a chlazením podle tří typů sušení semen (sušeno, nesuseno, nesuseno před výsevem)

sušeno). K tomuto byla použita jednofaktorová ANOVA s Dunnetovým post-hoc testem umožňujícím porovnání průměru klíčivosti hlavního cílového zásahu, kterým je mrazeno/sušeno s jednotlivými chlazenými vzorky.

2. Test rozdílů v tempu nárůstu klíčivosti mezi čtyřmi typy zásahů. Do analýzy vstupují data kumulované klíčivosti v jednotlivých termínech odečtu klíčících semen. Zjistit tento trend je složitější a aplikována na něj byla dvoufaktorová ANOVA pro opakovaná měření. Porovnány takto mohou být tři typy zásahů semen uchovaných v lednici semen (sušeno, nesušeno, nesušeno před výsevem sušeno) s cílovým zásahem uchovaným v mrazáku (jako v předchozím případě, ale výsledný průměr je zde počítán z opakovaných měření, kde dochází k nárůstu klíčících semen, a nemá tedy význam vzhledem k průměrné klíčivosti), jednotlivé časy odečtu semen (within effect, který ale nepoužijeme, jelikož se jedná o kumulativní data) a to hlavní, co nás v tomto testu zajímá, tedy vazba změny v počtu klíčících semen v typech zásahů s časem odečtu semen – tedy aditivita obou faktorů a porovnání trendů v klíčivosti mezi čtyřmi skupinami zásahů. K testu rozdílů v trendech bylo použito Tukeyho post-hoc testu.

3. Test rozdílů v dílčí klíčivosti mezi jednotlivými týdny od počátku klíčení do ukončení experimentu a mezi čtyřmi typy zásahu (mrazeno/sušeno, chlazeno/nesušeno, chlazeno/nesušeno před výsevem sušeno, chlazeno/sušeno). Do analýzy vstupují data klíčivosti za jednotlivé termíny odečtu klíčících semen. Statistický model použitý k této analýze je stejný jako předchozí. Na rozdíl od něj je ale sestaven na nekumulativních datech. Zajímavý je pro nás opět pouze test aditivity obou faktorů.

4. Vzhledem k tomu, že u předchozího testu mohou vysoké míry klíčivosti na počátku klíčení ovlivnit podíly klíčivosti na všech semenech, byl model z testu 3 zopakován ještě tak, že do analýzy vstupují data klíčivosti za jednotlivé termíny odečtu klíčících semen (jako u testu 3), ale vztažena nikoliv k celkovému počtu semen, ale počtu semen, ze kterých mohla v daném termínu klíčit (tedy po odečtu již vyklíčených semen).

Jelikož se podle literatury (Hay, 2008) jednotlivé druhy rdestů mezi sebou v klíčivosti liší, byl na závěr ještě posouzen potenciální rozdíl v klíčivosti semen obou druhů:

5. Test rozdílů v celkové klíčivosti k 25. 6. 2018 mezi druhy a rozdílů mezi druhy v klíčivosti podle uchování mrazením a chlazením třech typů sušení semen. K oběma testům byla použita dvoufaktorová ANOVA v níž nás zajímá porovnání celkových průměrů (s následným Tukeyho post-hoc testem) a test aditivity obou faktorů (druhy a typ zásahu).

6. Test rozdílů v tempu růstu klíčících semen mezi oběma druhy. Test a využití analogické použitému ANOVA modelu ze 2. analýzy. Do analýzy vstupují data kumulované klíčivosti v jednotlivých termínech odečtu klíčících rostlin. Ve dvoufaktorové ANOVA pro opakovaná měření (druhy a čas) nás zajímá jen test aditivity obou proměnných, tedy vazba změny v počtu klíčících semen mezi druhy s časem odečtu semen. K testu rozdílů v trendu bylo použito Tukeyho post-hoc testu.

7. Test rozdílů v dílčí klíčivosti mezi jednotlivými týdny od počátku klíčení do ukončení experimentu a mezi druhy. Do analýzy vstupují data klíčivosti za jednotlivé termíny odečtu klíčících semen vztažené k aktuálnímu počtu zbývajících nevyklíčených semen. Statistický model použitý k této analýze je stejný jako předchozí. Faktorem se vzájemně nezávislými měřeními je druh a stejně, jako v předchozím případě, nás zajímá test aditivity druhu a změny v čase.

Vyhodnocení výsledku bylo provedeno v počítačovém softwaru Statistica.

5 Výsledky

5.1 *Potamogeton nodosus*

Po dobu celého experimentu nevyklíčilo žádné semeno, které bylo uchováno mrazením a zamrazeno bylo vlhké. Stejně tak nevyklíčilo žádné semeno, které bylo uchováno mrazením ve vodě. V ostatních případech semena do různé míry klíčila.

První klíčení byla zaznamenána 7. 5. 2018, tedy 14 dní od započetí experimentu. A to ve dvou ze tří opakování zásahů mrazeno/sušeno, chlazeno/sušeno a chlazeno/nesušeno. Do 10. 6. 2018 se objevila první klíčící semena ve dvou opakováních zásahu chlazeno/sušeno před výsevem. Do toho termínu klíčila semena už ve všech opakováních zásahů mrazeno/sušeno a mrazeno/sušeno, chlazeno/sušeno a chlazeno/nesušeno. Po ukončení pokusu byla nejvyšší zaznamenaná klíčivost 0,613 ve třetím pokusu zásahu mrazeno/sušeno a nejmenší 0,354 v prvním pokusu zásahu chlazeno/nesušeno (Tabulka 5).

Tabulka 5: Přehled podílu klíčících semen pro jednotlivé odečty měření, *P. nodosus*.

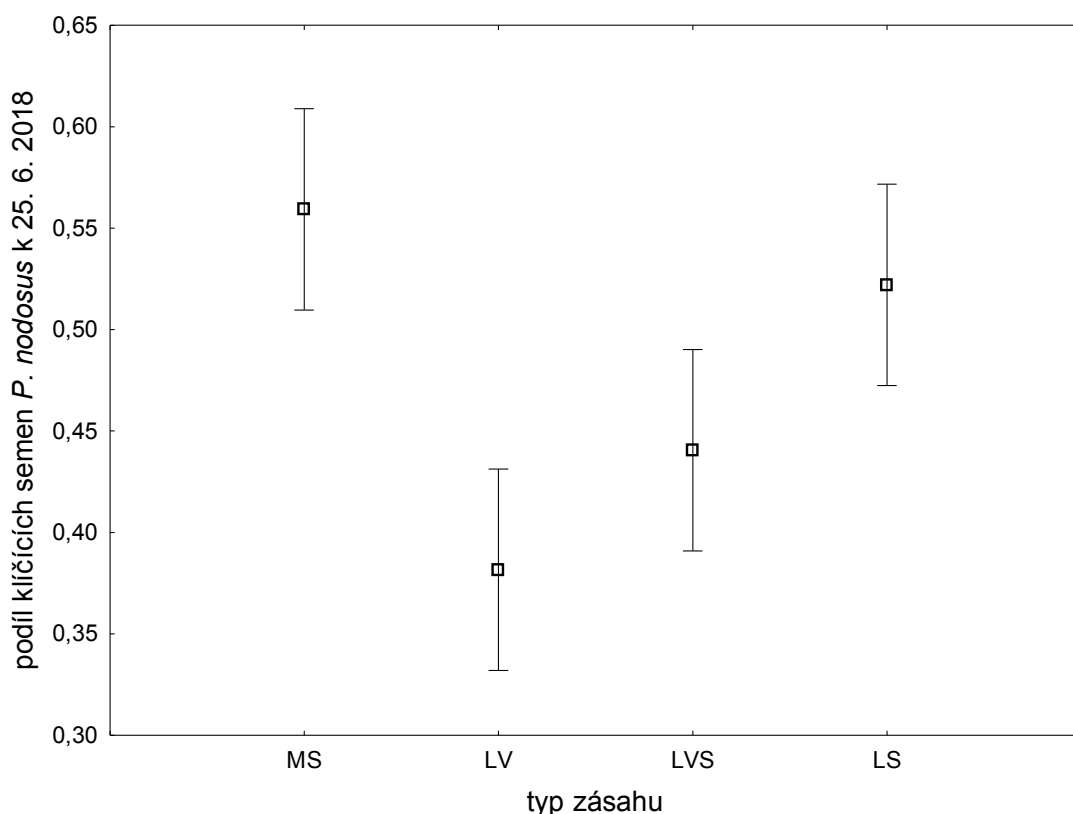
identifika ce měření	mrazeno/sušeno			chlazeno/nesušeno			chlazeno/sušeno před výsevem			chlazeno/sušeno		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
10.5.2018	0,009	0,010	0,017	0,014	0,004	0,016	0,008	0,004	0,000	0,016	0,007	0,012
17.5.2018	0,237	0,177	0,204	0,093	0,097	0,114	0,087	0,106	0,055	0,168	0,116	0,106
25.5.2018	0,139	0,130	0,183	0,121	0,135	0,122	0,166	0,176	0,141	0,147	0,109	0,176
4.6.2018	0,100	0,123	0,124	0,081	0,085	0,118	0,109	0,145	0,083	0,102	0,138	0,135
11.6.2018	0,048	0,059	0,048	0,028	0,042	0,016	0,049	0,026	0,097	0,058	0,061	0,065
18.6.2018	0,004	0,017	0,029	0,008	0,012	0,024	0,019	0,013	0,014	0,026	0,041	0,032
25.6.2018	0,011	0,000	0,010	0,008	0,000	0,004	0,000	0,009	0,014	0,013	0,022	0,018
celková klíčivost	0,549	0,516	0,613	0,354	0,375	0,416	0,438	0,480	0,403	0,530	0,493	0,543

5.1.1 *Potamogeton nodosus* - test 1

Test rozdílů v celkové klíčivosti k 25. 6. 2018 mezi uchováním mrazením a chlazením podle tří typů sušení semen je vysoce statisticky průkazný (Tabulka 6). Nejvyšší průměrné hodnoty ze tří měření dosáhla klíčivost u zásahu mrazeno/sušeno (Obrázek 1). Celková klíčivost zásahu mrazeno/sušeno je statisticky průkazně vyšší než chlazení/nesušeno (Dunnettův test, $p < 0,01$) a než chlazení/sušeno před výsevem (Dunnettův test, $p < 0,05$). Statistický rozdíl mezi zásahy mrazeno/sušeno a chlazení/sušeno identifikován nebyl.

Tabulka 6: Výsledek jednofaktorové ANOVA pro vliv typu zásahu na průměrnou celkovou klíčivost semen *P. nodosus* k 25. 6. 2018. (SS = suma čtverců, d.f. = počet stupňů volnosti, MS = průměrný čtverec, F = f-test rozptylu, p = míra signifikance).

	SS	d.f.	MS	F	p
Intercept	2,717112	1	2,717112	1953,403	0,000000
typ zásahu	0,057694	3	0,019231	13,826	0,001569
Error	0,011128	8	0,001391		



Obrázek 1: Průměrné hodnoty klíčivosti semen *P. nodosus* k 25. 6. 2018. *MS* = mraženo/sušeno, *LV* = chlazeno/nesušeno, *LVS* = chlazeno/sušeno po chlazení, *LS* = chlazeno/sušeno před chlazením

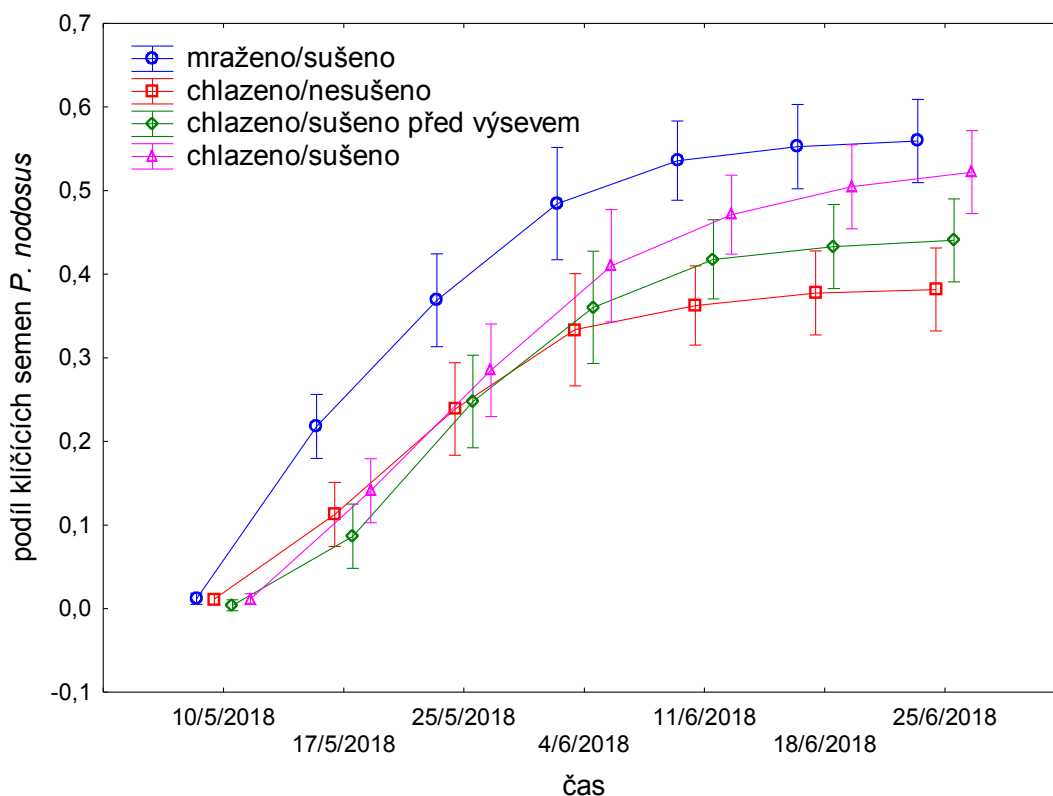
5.1.2 *Potamogeton nodosus* - test 2

Termín počátku klíčení semen je u všech zásahů přibližně stejný. K prvnímu klíčení došlo v intervalu 14-17 dní od výsevu. Zajímavé pro klíčení však je rychlost klíčení po počátku klíčení. Potenciální rozdíly v rychlosti klíčení byly identifikovány testem aditivity s faktory typu zásahu a rychlosti klíčení měřená jako kumulativní počet klíčících semen ve dvoufaktorové ANOVA pro opakovaná měření. Lineární model ANOVA identifikoval rozdíly v nárůstech počtu semen v jednotlivých zásazích (Tabulka 7). Náš cílový zásah mraženo/sušeno vykázal statisticky významně vyšší nárůst v počátku pokusu = v prvních třech týdnech od počátku klíčení (Obrázek 2). Rychlost klíčení chlazených semen zůstávala ve všech třech typech zásahu nižší než mraženo/sušeno. K jejich diferenciaci došlo až k 4. 6. 2018, tedy po 4 týdnech od počátku klíčení. Od tohoto odečtu počtu klíčících semen si růst počtu semen udržela

chlazená/sušená semena, která se svou celkovou mírou klíčivosti na konci pokusu vyrovnala celkové klíčivosti zásadu mraženo/sušeno. Naopak chlazené/nesušeno zůstávalo v klíčivosti po 4. týdnu na více méně konstantní úrovni, což na konci experimentu vyústilo ve statisticky významně vyšší klíčivost semen chlazených/sušených než semen chlazených/nesušených a neexistenci rozdílu v celkové klíčivosti mezi zásahy mraženo/sušeno a chlazené/sušeno (Tukeyho post-hoc test s $p < 0,05$). Z výsledků plyne, že trend klíčivosti semen *P. nodosus* je stejný pro zásahy mraženo/sušeno, chlazené/nesušeno a chlazené/sušeno před výsevem, ale ve všech se liší trend klíčení semen chlazené/sušeno.

Tabulka 7: Výsledek dvoufaktorové ANOVA pro opakovaná měření pro vliv typu zásahu na vývoj klíčivosti semen *P. nodosus*.

	SS	d.f.	MS	F	p
Intercept	8,454860	1	8,454860	1225,636	0,000000
typ zásahu	0,210390	3	0,070130	10,166	0,004189
Error	0,055187	8	0,006898		
čas	2,375240	6	0,395873	1031,064	0,000000
čas * typ zásahu	0,050689	18	0,002816	7,334	0,000000
Error	0,018429	48	0,000384		



Obrázek 2: Průměrné hodnoty klíčivosti semen *P. nodosus* k jednotlivým datům odečtů počtu semen.

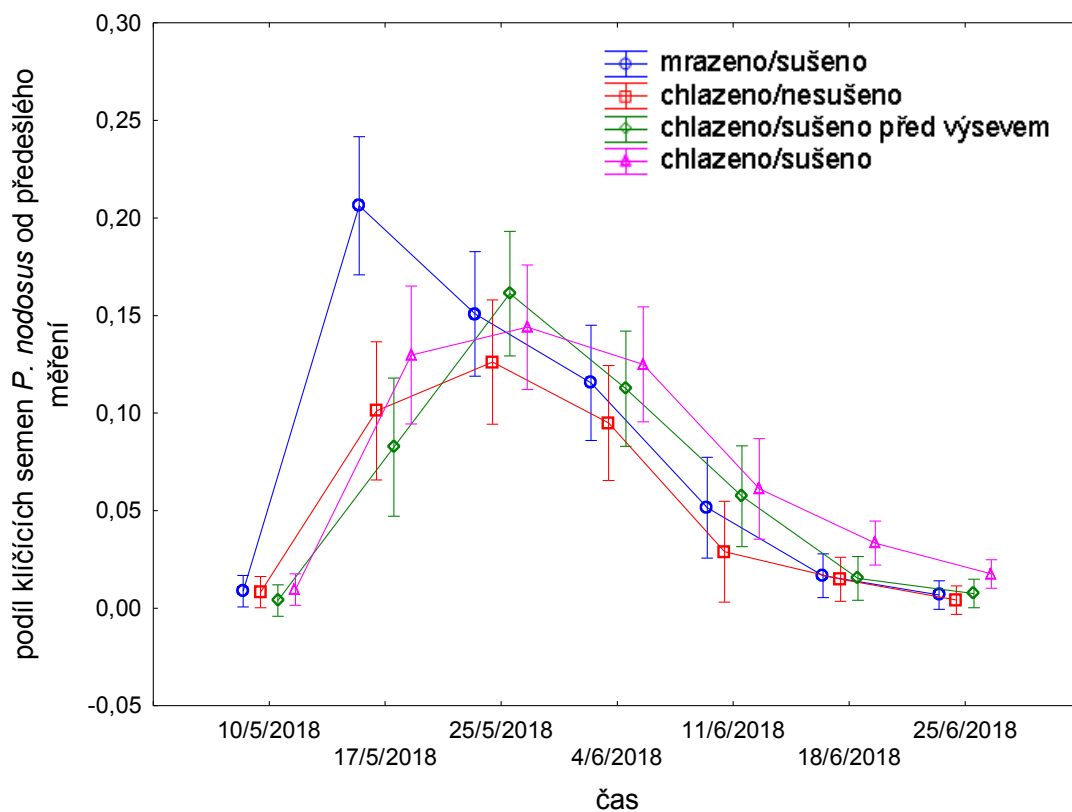
5.1.3 *Potamogeton nodosus* - test 3

V předchozí analýze jsme mohli posoudit vývoj celkové klíčivosti v čase. Nyní se podíváme detailněji na vývoj celkového počtu klíčících semen na základě analýzy mezitýdenních přírůstků. Na první pohled by se mohlo zdát, že se jedná o stejnou analýzu, jako předchozí, ale není tomu tak. Předchozí byla věnována problematice trendu růstu a tato je věnována potenciálním rozdílům v přírůstcích. I v této analýze byl rozdíl mezi skupinami ve vývoji přírůstků zaznamenán (Tabulka 8), avšak na základě post-hoc testu byl jako jediný průkazný rozdíl v trendu způsoben extrémně velkým podílem klíčení semen zásahu mrazeno/sušeno oproti všem ostatním. Ve všech ostatních termínech odečtů se přírůstky mezi všemi typy zásahů statisticky neliší. Znamená to tedy, že z modelu tempa přírůstků se vymyká jen měření po týdnu od počátku klíčení, kde nesrovnatelně vysokých hodnot dosáhl zásah

mrazeno/sušeno (Obrázek 3).

Tabulka 8: Výsledek dvoufaktorové ANOVA pro opakovaná měření pro vliv typu zásahu na vývoj přírůstků klíčivosti semen *P. nodosus*.

	SS	d.f.	MS	F	p
Intercept	0,384899	1	0,384899	1838,999	0,000000
typ zásahu	0,008212	3	0,002737	13,079	0,001882
Error	0,001674	8	0,000209		
čas	0,258535	6	0,043089	124,499	0,000000
čas * typ zásahu	0,024777	18	0,001376	3,977	0,000067
Error	0,016613	48	0,000346		



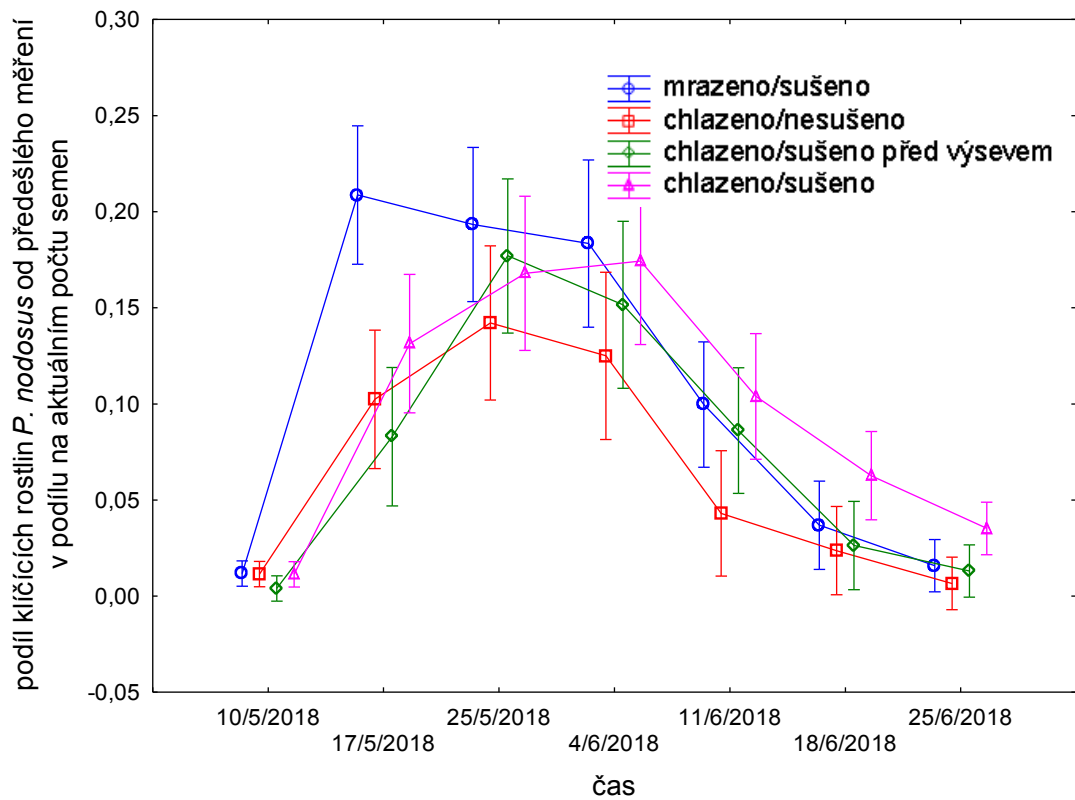
Obrázek 3: Průměrné hodnoty přírůstků klíčivosti semen *P. nodosus* k jednotlivým datům odečtů počtu semen.

5.1.4 *Potamogeton nodosus* - test 4

Na závěr statistických pohledů na klíčivost *P. nodosus* byl zopakován předchozí model, ale s daty reálné možné klíčivosti semen ke každému termínu. Podíl klíčících semen mezi termíny odečtů v tomto případě nebyl vztažen k celkovému počtu, ale jen k semenům, která v pokusu zbyla po odečtení již vyklíčených semen. Test je taktéž statisticky významný a hlavním rozdílem zůstává nárůst klíčících semen v zásahu mrazeno/sušeno (Tabulka 9). Z výsledných průměrů je patrné, že vysoká míra klíčivosti pro mrazeno/sušeno, kolem 20%, zůstala zachována i po další dva týdny (Obrázek 4). Pro zásah chlazeno/sušeno pak klíčivost narůstala až do 4. 6. 2018. Ve všech případech platí, že výrazný pokles v míře klíčivosti nastal po měsíci od prvních vyklíčených rostlin (v odečtu 11. 6. 2018). Tato zjištění byla v předchozích analýzách skryta a přináší další zajímavou skupinu poznatků.

Tabulka 9: Výsledek dvoufaktorové ANOVA pro opakovaná měření pro vliv typu zásahu na vývoj přírůstků klíčivosti semen *P. nodosus* vztažených k aktuálnímu zbývajícimu počtu semen v pokusu.

	SS	d.f.	MS	F	p
Intercept	0,633256	1	0,633256	1054,190	0,000000
typ zásahu	0,023284	3	0,007761	12,921	0,001958
Error	0,004806	8	0,000601		
čas	0,327079	6	0,054513	104,437	0,000000
čas * typ zásahu	0,025719	18	0,001429	2,737	0,002803
Error	0,025055	48	0,000522		



Obrázek 4: Průměrné hodnoty přírůstků klíčivosti semen *P. nodosus* vztažené k aktuálnímu možnému počtu klíčících semen pro jednotlivé daty odečtu počtu semen.

5.2 *Potamogeton gramineus*

Po dobu celého experimentu nevyklíčilo, stejně jako u *P. nodosus* žádné semeno, které bylo uchováno mražením a zamrazeno bylo vlhké. Stejně tak nevyklíčilo žádné semeno, které bylo uchováno mražením ve vodě. V ostatních případech semena do různé míry klíčila.

První klíčení byla zaznamenána 5. 5. 2018, tedy 12 dní od započetí experimentu a o dva dny dříve než u *P. nodosus*. Semena začala klíčit současně ve všech opakováních zásahů mrazeno/sušeno a chlazeno/sušeno. Do 7. 5. 2018, kdy se objevily první klíčení u *P. nodosus*, vyklíčilo po jednom semeni *P. gramineus* v jednom opakování zásahů chlazeno/sušeno před výsevem i chlazeno/sušeno před výsevem. K 10. 6. 2018, kdy jsem začala s týdenním sledováním klíčivosti, klíčilo alespoň po jednom semeni ve všech opakováních. Po ukončení pokusu byla nejvyšší zaznamenaná klíčivost 0,266 ve třetím opakování zásahu mrazeno/sušeno a nejmenší 0,020 v prvním opakování zásahu chlazeno/nesušeno (Tabulka 10).

Tabulka 10: Přehled podílu klíčících semen pro jednotlivé odečty měření, *P. gramineus*.

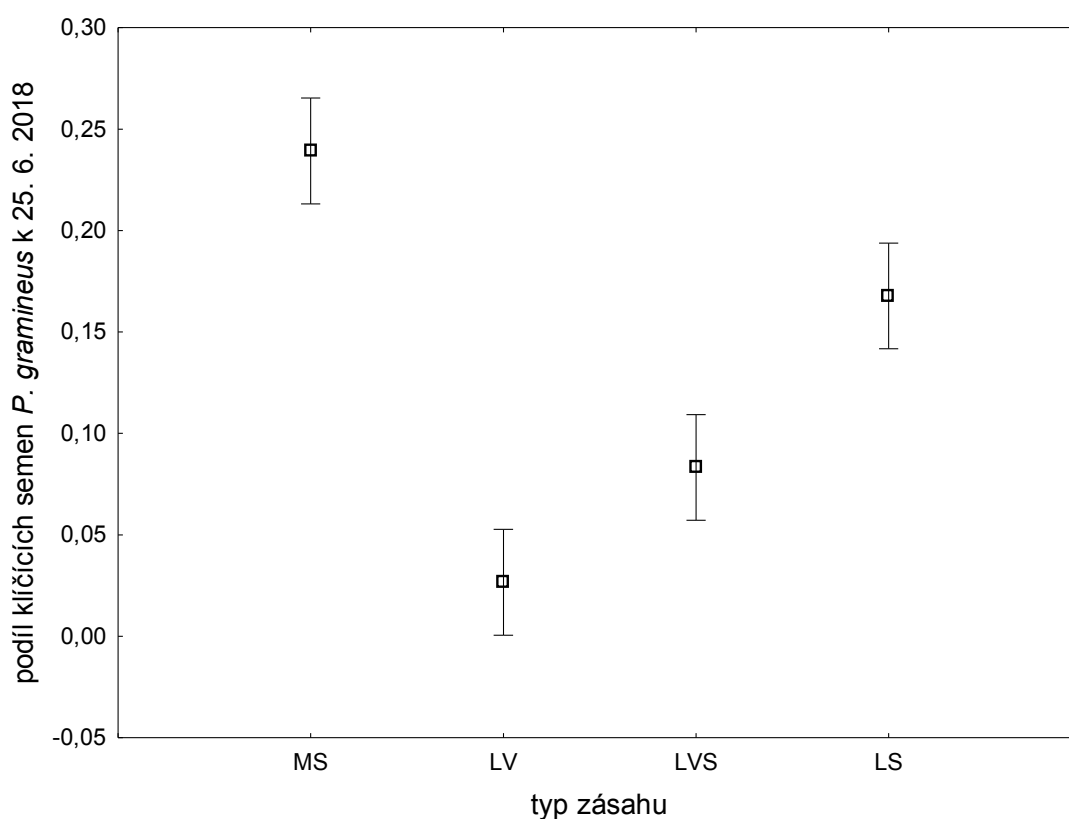
identifika ce měření	mrazeno/sušeno			chlazeno/nesušeno			chlazeno/sušeno před výsevem			chlazeno/sušeno		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
10.5.2018	0,010	0,004	0,005	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,003	0,009	0,007	0,006
17.5.2018	0,018	0,013	0,034	0,003	0,006	0,007	0,007	0,014	0,004	0,022	0,016	0,018
25.5.2018	0,033	0,033	0,063	0,000	0,002	0,006	0,002	0,005	0,001	0,034	0,032	0,032
4.6.2018	0,060	0,075	0,101	0,004	0,001	0,011	0,004	0,011	0,007	0,038	0,056	0,065
11.6.2018	0,070	0,058	0,026	0,002	0,011	0,002	0,015	0,023	0,014	0,039	0,042	0,037
18.6.2018	0,023	0,019	0,024	0,004	0,003	0,004	0,022	0,022	0,022	0,009	0,009	0,021
25.6.2018	0,021	0,016	0,014	0,005	0,003	0,000	0,015	0,037	0,018	0,004	0,001	0,005
Celková klíčivost	0,234	0,218	0,266	0,020	0,029	0,030	0,067	0,113	0,069	0,156	0,163	0,185

5.2.1 *Potamogeton gramineus* - test 1

Test rozdílů v celkové klíčivosti k 25. 6. 2018 mezi uchováním mrazením a chlazením podle tří typů sušení semen je vysoce statisticky průkazný (Tabulka 11). Nejvyšší průměrné hodnoty ze tří měření dosáhla, stejně jako u *P. nodosus*, klíčivost u zásahu mrazeno/sušeno (Obrázek 5). Na rozdíl od testu pro *P. nodosus* byl v případě *P. gramineus* Dunnettovým testem zjištěn významný rozdíl v míře klíčení mezi zásahem mrazeno/sušeno a všemi ostatní zásahy – chlazeno/nesušeno ($p < 0,001$), chlazeno/sušeno před výsevem ($p < 0,001$) a chlazeno/sušeno ($p < 0,01$).

Tabulka 11: Výsledek jednofaktorové ANOVA pro vliv typu zásahu na průměrnou celkovou klíčivost semen *P. gramineus* k 25. 6. 2018.

	SS	d.f.	MS	F	p
Intercept	0,200276	1	0,200276	522,576	0,000000
typ zásahu	0,078722	3	0,026241	68,469	0,000005
Error	0,003066	8	0,000383		



Obrázek 5: Průměrné hodnoty klíčivosti semen *P. gramineus* k 25. 6. 2018. MS =

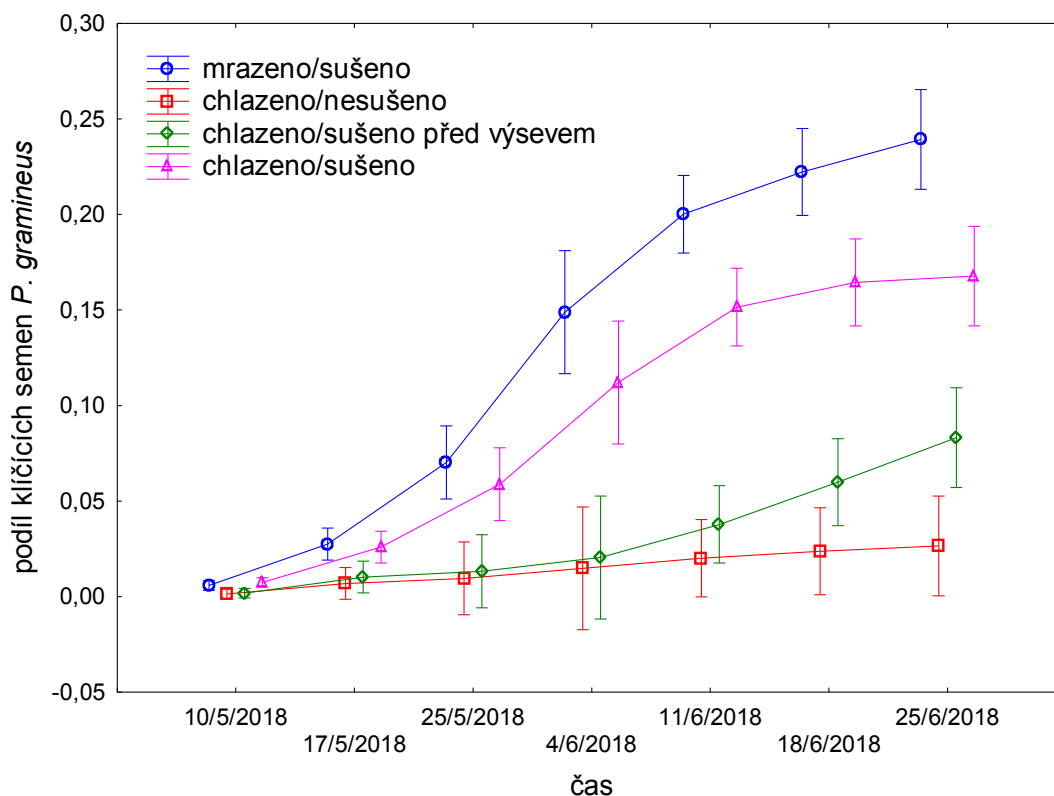
mrazeno/sušeno, LV = chlazeno/nesušeno, LVS = chlazeno/sušeno po chlazení, LS = chlazeno/sušeno před chlazením

5.2.2 *Potamogeton gramineus* - test 2

Termín počátku klíčení semen je u všech zásahů přibližně stejný. K prvnímu klíčení došlo v intervalu 14-17 dní od výsevu. Ve druhém testu se věnujeme potenciálním rozdílům v rychlosti klíčení mezi typy zásahů. Modelem byly identifikovány rozdíly v nárůstech počtu semen v jednotlivých zásazích (Tabulka 12). Náš cílový zásah mrazeno/sušeno vykázal podobný chod růstu počtu klíčících semen jako zásah chlazeno/sušeno (Obrázek 6). Výrazně se od těchto dvou liší klíčení zásahu chlazeno/sušeno před výsevem, jehož rychlost se zvýšila až měsíc po vyklíčení prvních semen. Klíčivost semen chlazeno/nesušeno vykázala velmi nízký lineární růst.

Tabulka 12: Výsledek dvoufaktorové ANOVA pro opakovaná měření pro vliv typu zásahu na vývoj klíčivosti semen *P. gramineus*.

	SS	d.f.	MS	F	p
Intercept	0,399939	1	0,399939	346,032	0,000000
typ zásahu	0,187574	3	0,062525	54,097	0,000012
Error	0,009246	8	0,001156		
čas	0,179214	6	0,029869	307,420	0,000000
čas * typ zásahu	0,085668	18	0,004759	48,985	0,000000
Error	0,004664	48	0,000097		



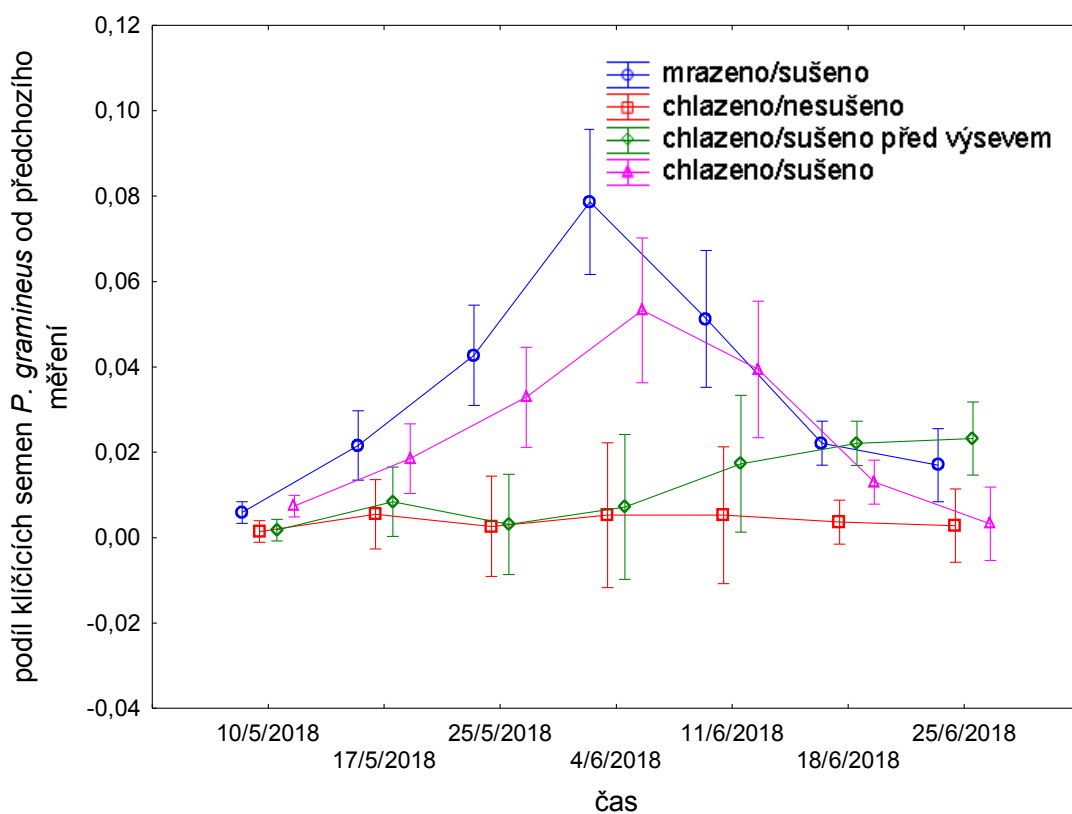
Obrázek 6: Průměrné hodnoty klíčivosti semen *P. gramineus* k jednotlivým datům odečtů počtu semen.

5.2.3 *Potamogeton gramineus* - test 3

V předchozí analýze jsme mohli posoudit vývoj celkové klíčivosti v čase. Nyní se, stejně jako v případě *P. nodosus*, podíváme detailněji na vývoj celkového počtu klíčících semen na základě analýzy mezitýdenních přírůstků. Už z výsledků pro *P. nodosus* víme, že tento test může odhalit některé zajímavé skutečnosti, kde vyšších hodnot dosáhl zásah mrazeno/sušeno oproti ostatním zásahům. I v této analýze byl rozdíl mezi skupinami ve vývoji přírůstků zaznamenán (Tabulka 13). Nárůsty zásahů mrazeno/sušeno a chlazeno/sušeno se nijak v chodu neliší. Výrazně se od nich ale liší přírůstky chlazeno/nesušeno, které zůstávají u druhu *P. gramineus* v čase konstantní a u zásahu chlazeno/sušeno před výsevem se začal významně zvedat počet klíčících semen až po měsíci od prvních vyklíčených semenech (Obrázek 7).

Tabulka 13: Výsledek dvoufaktorové ANOVA pro opakovaná měření pro vliv typu zásahu na vývoj přírůstků klíčivosti semen *P. gramineus*.

	SS	d.f.	MS	F	p
Intercept	0,028611	1	0,028611	522,576	0,000000
typ zásahu	0,011246	3	0,003749	68,469	0,000005
Error	0,000438	8	0,000055		
čas	0,008392	6	0,001399	19,620	0,000000
čas * typ zásahu	0,010390	18	0,000577	8,097	0,000000
Error	0,003422	48	0,000071		



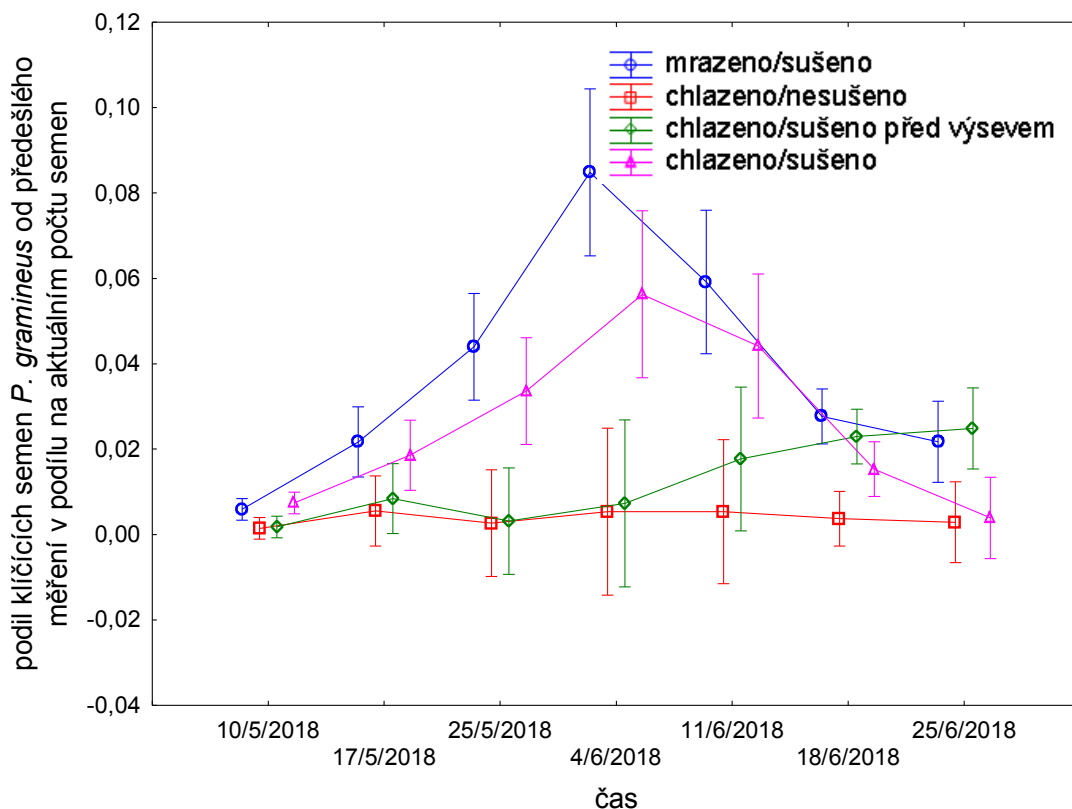
Obrázek 7: Průměrné hodnoty přírůstků klíčivosti semen *P. gramineus* k jednotlivým datům odečtů počtu semen.

5.2.4 *Potamogeton gramineus* - test 4

Stejně, jako v případě *P. nodosus* na závěr zopakujeme předchozí model (test 3), ale s daty reálné možné klíčivosti semen ke každému termínu. Podíl klíčících semen mezi termíny odečtů v tomto případě nebyl vztažen k celkovému počtu, ale jen k semenům, která v pokusu zbyla po odečtení již vyklíčených semen. Test je taktéž statisticky významný a hlavním rozdílem zůstává nárůst klíčících semen v zásahu mrazeno/sušeno (Tabulka 14). Rozdíly, ale oproti analýze klíčení *P. nodosus* žádný další nový poznatek nepřinesly – charakter zůstává pro všechny zásahy stejný (Obrázek 8).

Tabulka 14: Výsledek dvoufaktorové ANOVA pro opakovaná měření pro vliv typu zásahu na vývoj přírůstků klíčivosti semen *P. gramineus* vztažených k aktuálnímu zbývajícimu počtu semen v pokusu.

	SS	d.f.	MS	F	p
Intercept	0,033272	1	0,033272	453,063	0,000000
typ zásahu	0,014069	3	0,004690	63,858	0,000006
Error	0,000588	8	0,000073		
čas	0,009838	6	0,001640	19,456	0,000000
čas * typ zásahu	0,011775	18	0,000654	7,762	0,000000
Error	0,004045	48	0,000084		



Obrázek 8: Průměrné hodnoty přírůstků klíčivosti semen *P. gramineus* vztažené k aktuálnímu možnému počtu klíčících semen pro jednotlivé daty odečtů počtu semen.

5.3 Porovnání vybraných aspektů klíčivosti mezi *P. nodosus* a *P. gramineus*

Získaná primární data nám mohou pomoci s identifikací případných rozdílů v klíčivosti mezi oběma druhy.

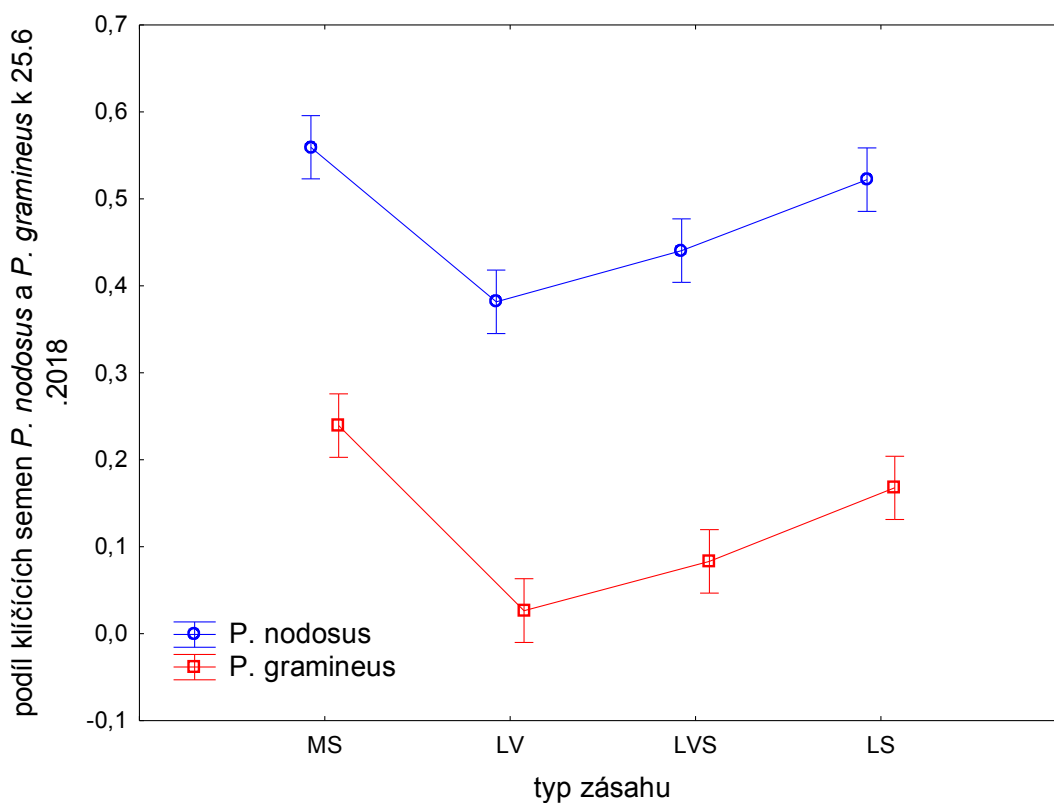
5.3.1 Porovnání – test 5

Vzhledem k cíli práce je hlavní otázkou, jestli se nějak liší oba druhy v zásazích provedených na semenech. K tomu bylo použito dvoufaktorové ANOVA založené na datech celkové klíčivosti k 25. 6. 2018. Rozdíl v celkové klíčivosti je mezi oběma

druhy velmi vysoký a vysoce statisticky průkazný (Tabulka 15) – klíčivost *P. nodosus* ($0,476 \pm 0,079$) byla více než trojnásobně větší než *P. gramineus* ($0,129 \pm 0,086$). Výsledek testu aditivity je ale negativní – modelem nemůžeme vyvrátit nulovou hypotézu o stejnosti vlivu zásahu na oba druhy (Tabulka 15). Přestože se průměry pro oba druhy liší velmi výrazně, tak rozdíly mezi druhy jsou ve všech čtyřech zásazích stejné (Obrázek 9).

Tabulka 15: Výsledek dvoufaktorové ANOVA pro typ zásahu a oba druhy

	SS	d.f.	MS	F	p
Intercept	2,196375	1	2,196375	2475,889	0,000000
typ zásahu	0,134992	3	0,044997	50,724	0,000000
druh	0,721014	1	0,721014	812,771	0,000000
druh * typ zásahu	0,001424	3	0,000475	0,535	0,664810
Error	0,014194	16	0,000887		



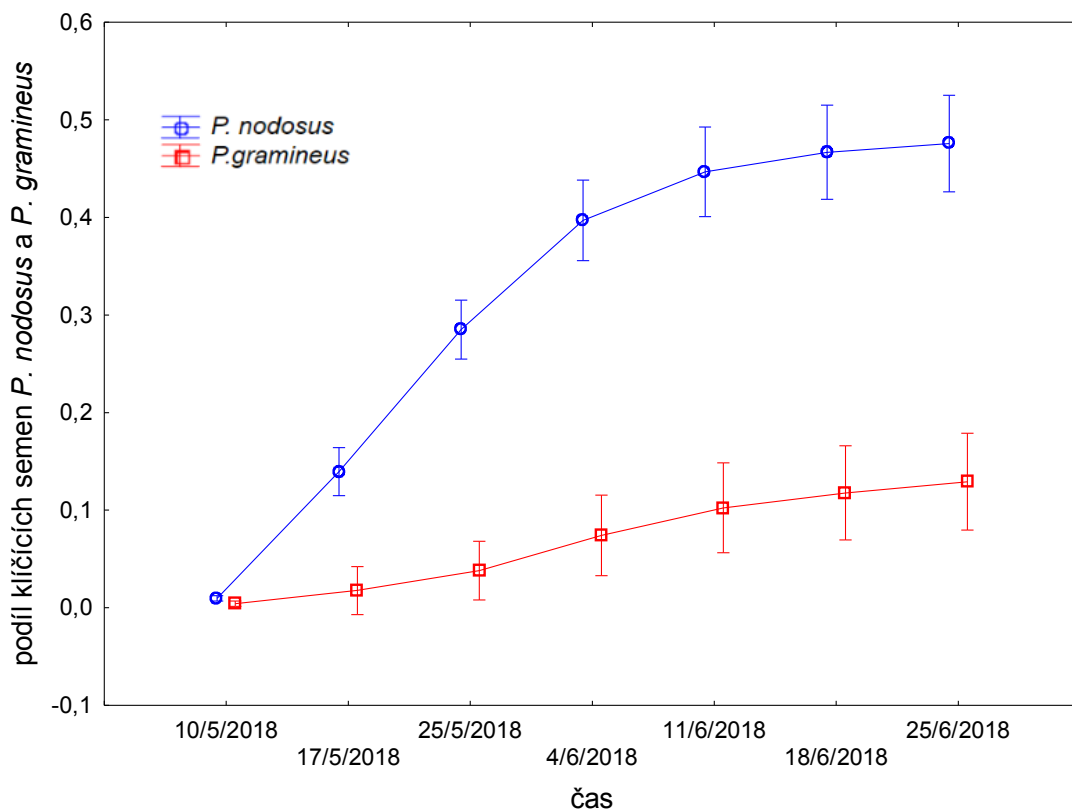
Obrázek 9: Průměrné hodnoty klíčivosti semen *P. nodosus* a *P. gramineus* pro jednotlivé typy zásahů k 25. 6. 2018. MS = mrazeno/sušeno, LV = chlazeno/nesušeno, LVS = chlazeno/sušeno po chlazení, LS = chlazeno/sušeno před chlazením

5.3.2 Porovnání – test 6

Dalším zajímavým srovnáním obou druhů, které umožňuje posouzení výsledků možnosti uchování semen vytrvalých druhů rodu rdest, je porovnání tempa nárůstu počtu vyklíčených semen. Toto tempo je založené na datech kumulované klíčivosti v jednotlivých termínech odečtu klíčících rostlin. Rozdíl v tempu růstu je statisticky vysoce průkazný (Tabulka 16) – *P. nodosus* vykazoval velmi rychlé přírůstky během prvních tří týdnů, zatímco nárůst klíčících rostlin *P. gramineus* je gradualisticky lineární (Obrázek 10).

Tabulka 16: Výsledek dvoufaktorové ANOVA pro opakovaná měření pro oba druhy ve vývoji klíčivosti semen.

	SS	d.f.	MS	F	p
Intercept	6,266266	1	6,266266	298,137	0,000000
druh	2,588533	1	2,588533	123,158	0,000000
Error	0,462397	22	0,021018		
čas	1,896763	6	0,316127	261,705	0,000000
čas * druh	0,657691	6	0,109615	90,745	0,000000
Error	0,159450	132	0,001208		



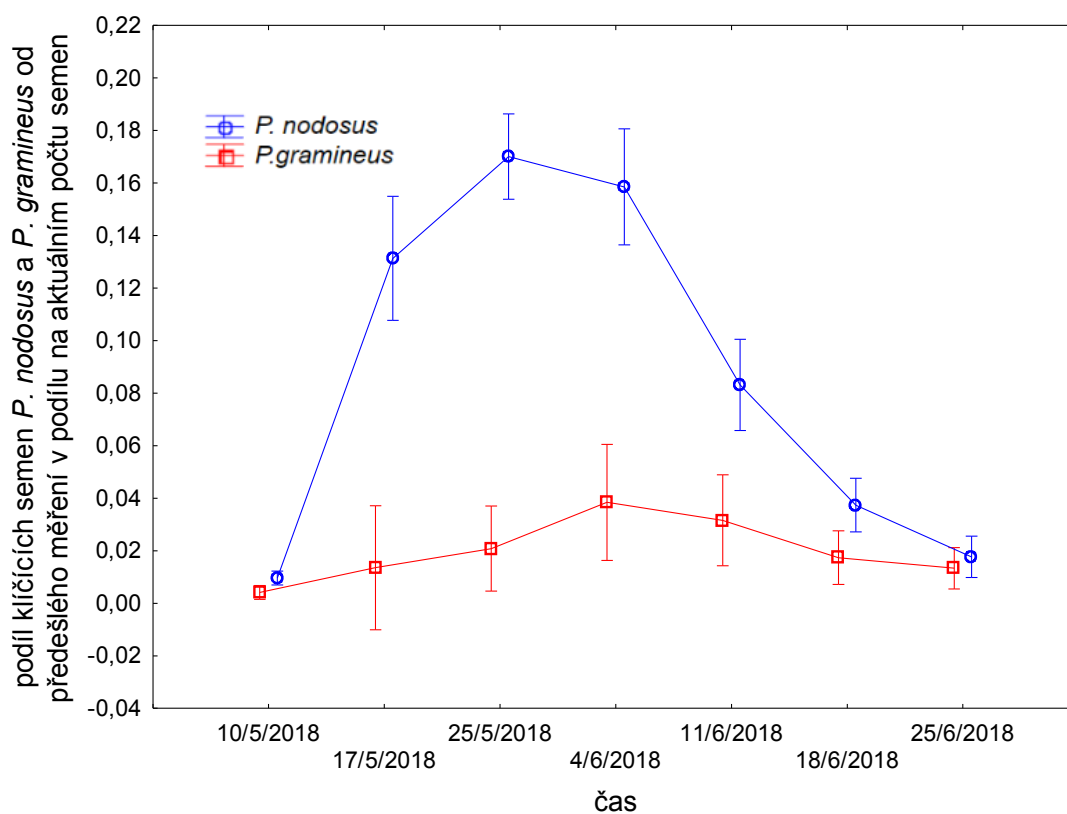
Obrázek 10: Průměrné hodnoty klíčivosti semen *P. nodosus* a *P. gramineus* k jednotlivým datům odečtů počtu semen.

5.3.3 Porovnání – test 7

Posledním testem je test rozdílů v dílčí klíčivosti mezi jednotlivými týdny, které je od počátku klíčení do ukončení experimentu, a mezi druhy. Test je založen na datech klíčivosti jednotlivých termínů, tedy na odečtech klíčících semen vztažených k aktuálnímu počtu zbývajících nevyklíčených semen. Opět bylo prokázáno, že druhy se liší i v průběhu klíčivosti (Tabulka 17). Klíčivost druhu *P. nodosus* je na počátku vysoká a po třech týdnech je následována strmým pádem. Naopak klíčivost *P. gramineus* pozvolna roste během prvního měsíce a polovině experimentu pozvolna klesá (Obrázek 11).

Tabulka 17: Výsledek dvoufaktorové ANOVA pro opakovaná měření pro oba druhy a vývoj přírůstků klíčivosti semen vztažených k aktuálnímu zbývajícím počtu semen v pokusu.

	SS	d.f.	MS	F	p
Intercept	0,478419	1	0,478419	246,226	0,000000
druh	0,188109	1	0,188109	96,813	0,000000
Error	0,042746	22	0,001943		
čas	0,203000	6	0,033833	67,063	0,000000
čas * druh	0,133917	6	0,022319	44,241	0,000000
Error	0,066594	132	0,000504		



Obrázek 11: Průměrné hodnoty přírůstků klíčivosti semen obou druhů vztažené k aktuálnímu možnému počtu klíčících semen pro jednotlivé datумы odečtů počtu semen.

6 Diskuze

U druhu *Potamogeton nodosus* měla nejlepší klíčivost varianta uchování mraženo/suché, kdy průměrná klíčivost byla 56% a u *P. gramineus* měla tatáž varianta průměrnou klíčivost 24%. Tyto výsledky podporují skutečnost, že semena těchto čistě vodních rostlin dokáží přežít mráz v suchém stavu (Hay, 2008 by Hay et al., 2000).

Naopak u obou druhů ve variantách mraženo/vlhké a mraženo/ve vodě (varianty mokré či vlhké) se část semen zkusilo skarifikovat (nařízlo se oplodí), protože žádné ze semen nevyklíčilo. Skarifikace by měla mít za následek lepší klíčivost (Hay, 2008; Prausová, 2017), ale tento způsob uchování není vhodný, a proto i tak nevyklíčilo žádné semeno.

Vlhká nebo mokrá semena obecně mrazit nelze (Hay, 2008), i když klíčivost zmrazených vlhkých semen tropických druhů *Nymphaea* potvrzena byla, byť velmi malá (Dalziel et al., 2019).

Jelikož všechny varianty uskladnění u toho pokusy byly v mrazáku či lednici, byla veškerá semena vystavena studené stratifikaci. Důvodem bylo, že studená stratifikace má výrazný pozitivní vliv na klíčivost (Hay 2000). Stejně tak i Zhao (2017) či Muenscher (1936) uvádějí, že stratifikace měla na klíčivost vodních rostlin výborný vliv. Navíc uchování semen ve vlhku či ve vodě při pokojové teplotě vede k okamžitému klíčení rostlin nebo k napadení houbami a/nebo bakteriemi (Prausová, 2015).

Dále Zhao (2017) i další autoři (Tuckett et al., 2010; Wagner & Oplinger, 2017a, 2017b) uvádějí, že skladování semen je výhodnější ve formě suché než-li ve vodě, protože sucho podporuje klíčení u většiny vodních rostlin. S tímto tvrzením lze souhlasit, jelikož u obou druhů rdestů má skladování v suchém stavu lepší výsledky. U *P. nodosus* se klíčení suchých semen pohybuje od 49% do 61%, zatímco u semen skladovaných ve vodě je klíčivost 35-48%; a u *P. gramineus* se klíčení suchých

semen pohybuje od 16% do 27%, zatímco u semen skladovaných ve vodě byla klíčivost jen 2-11%. Avšak u některých druhů vodních rostlin vystavení vzdušnému prostředí a následné vyschnutí způsobí ztrátu schopnosti klíčení (Brock, 2003).

Oproti tomu ve svém experimentu Prausová (2017) uvádí, že nejlepší klíčivost druhu *Potamogeton praelongus* byla u skladování ve formě mokré při teplotě 8°C proti jiným zásahům. V našem případě tato varianta byla celkem úspěšná u *P. nodosus*, kdy klíčivost semen byla 41%. Avšak u *P. gramineus* toto skladování natolik vhodné není, protože klíčivost semen byla pouze 5,6%.

7 Závěr

V první části této práce byla část věnovaná rešerši o problematice uchování a klíčení semen vodních rostlin, kde se blíže popisovaly různé způsoby uchování semen, co prolamuje dormanci či jaké faktory ovlivňují klíčivost. V následující části byla pozornost věnována rdestům, a to konkrétně jejich charakteristice, rozšíření a ochraně, těch druhů, které se vyskytují na území České republiky.

Praktická část byla věnována vlastnímu experimentu, který proběhl na území Sbírký vodních a mokřadních rostlin Botanického ústavu AV ČR, v.v.i v Třeboni roku 2018 a následnému statistickému vyhodnocení dat získaných z experimentu. Cílem této bakalářské práce bylo posouzení klíčení kriticky ohroženého rdestu trávolistého (*Potamogeton gramineus*) a ohroženého rdestu uzlinatého (*Potamogeton nodosus*) podle způsobu uchování semen v genové bance.

U obou druhů se podařilo ověřit bezproblémové uchování klíčivosti při skladování suchých semen a zejména semen mrazených. To je vynikající pro Sbírký vodních a mokřadních rostlin Botanického ústavu AV ČR, v.v.i v Třeboni, protože lze semena takto jednoduše skladovat. Mrazením, na rozdíl od chlazení, lze semena dlouhodobě skladovat, avšak s mírným poklesem původní klíčivosti, a lze tedy takto skladovat i sušená semena vodních rostlin.

Rozdílný vliv sušení a mrazení jako prvky narušující dormanci jsou odlišné pro oba druhy – u *P. nodosus* je významným prvkem mrazení – mrazená semena klíčila výrazně lépe než semena chlazená. U *P. gramineus* je prvkem prolamujícím dormanci sušení, což plyne z porovnání klíčivosti obou sušených vzorků se vzorky skladovanými na vlhko. Rozdílné je také klíčení u *P. gramineus* od druhé poloviny experimentu mezi semeny chlazeně/nesušeno a chlazeně/sušeno před výsevem (tyto vzorky byly stejně skladovány, ale jejich klíčení se liší), kdy varianta chlazeně/sušeno před výsevem měla klíčivost vyšší.

Zásadním zjištěním pro zobecnění je fakt zjevné stejnosti vlivu všech zásahů na

klíčivost obou druhů – mrazeno/nesušeno, mrazeno/sušeno před výsevem i mrazeno/ve vodě nezaznamenalo ani jedno klíčení, a to ani po prolomení dormance nařezáním semen. U všech ostatních zásahů došlo ke klíčení. Znamená to, že oba druhy mají identickou odezvu na skladovací podmínky. Naopak nelze zobecnit na všechny velké rdesty charakter klíčení, protože klíčení mezi oběma druhy se liší ve všech důležitých parametrech (př. jiné prolomení dormance).

8 Citovaná literatura

ADAMEC, LUBOMIR. Turion overwintering of aquatic carnivorous plants. *Carnivorous plant newsletter*, 1999, 28: 19-24.

AILSTOCK, M. Stephen, Deborah J. SHAFER a A. Dale MAGOUN, 2010. Protocols for Use of *Potamogeton perfoliatus* and *Ruppia maritima* Seeds in Large-Scale Restoration. *Restoration Ecology*. 18(4), 560-573. DOI: 10.1111/j.1526-100X.2010.00696.x. ISSN 10612971. Dostupné také z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1526-100X.2010.00696.x>

AYKURT, Candan, Judith FEHRER, Duygu SARI, Zdenek KAPLAN, İ. Gökhan DENİZ, Esra AYDEMİR a Nilüfer İMİR, 2017. Hybridization between the linear-leaved *Potamogeton* species in Turkey. *Aquatic Botany*. 141, 22-28. DOI: 10.1016/j.aquabot.2017.05.005. ISSN 03043770. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0304377017300311>

BROCK, M. A., Nielsen, D. L., Shiel, R. J., Green, J. D., Langley, J. D. (2003). Drought and aquatic community resilience: the role of eggs and seeds in sediments of temporary wetlands. *Freshwater Biology*, 48(7), 1207-1218. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.2003.01083.x>

DALZIELL, E. L., Funnekotter, B., Mancera, R. L., Merritt, D. J. (2019). Seed storage behaviour of tropical members of the aquatic basal angiosperm genus *Nymphaea* L. (Nymphaeaceae) [Article]. *Conservation Physiology*, 7, 15, Article coz021. <https://doi.org/10.1093/conphys/coz021>

FENNER, Michael (ed.). *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities*. Cabi, 2000.

FRANÇA-NETO, José de Barros a Francisco Carlos KRZYŻANOWSKI, 2019. Tetrazolium: an important test for physiological seed quality evaluation. *Journal of*

Seed Science. 41(3), 359-366. DOI: 10.1590/2317-1545v41n3223104. ISSN 2317-1545.

GRULICH, V. (2011). *Potamogeton gramineus* L. Retrieved 21st May from <https://botany.cz/cs/potamogeton-gramineus/>

GRULICH V. & CHOBOT K. [eds] (2017): Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Cévnaté rostliny. - Příroda, Prah, 35: 1-178.

GRZYBOWSKI, Camila Ribeiro de Souza, Osvaldo de Castro OHLSON, Rosemeire Carvalho da SILVA a PANOBIANCO, 2012. Viability of barley seeds by the tetrazolium test. *Revista Brasileira de Sementes*. 34(1), 47-54. DOI: 10.1590/S0101-31222012000100006. ISSN 0101-3122.

HAY, Fiona, Robin PROBERT a Michelle DAWSON, 2008. Laboratory germination of seeds from 10 British species of *Potamogeton*. *Aquatic Botany*. 88(4), 353-357. DOI: 10.1016/j.aquabot.2007.12.010. ISSN 03043770. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0304377008000041>

CHOBOT, Karel, 2017. Příroda: Červený seznam ohrožených druhů České Republiky - Cévnaté rostliny. Číslo 35. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. ISBN 978-80-88076-47-6.

CHYTRÝ, M. (2012). Vegetation of the Czech Republic: diversity, ecology, history and dynamics [Article]. *Preslia*, 84(3), 427-504.

CHYTRÝ, M., Hajek, M., Koci, M., Pesout, P., Rolecek, J., Sadlo, J., Sumberova, K., Sychra, J., Boublik, K., Douda, J., Grulich, V., Hartel, H., Hedl, R., Lustyk, P., Navratilova, J., Novak, P., Peterka, T., Vydrova, A., Chobot, K. (2019). Red List of Habitats of the Czech Republic. *Ecological Indicators*, 106, Article Unsp 105446. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105446>

KAPLAN, Zdeněk. Úzkolisté druhy rodu *Potamogeton* v květeně České republiky: I. Úvod a klíč k určování. *Preslia*, Praha, 2000, 72: 457-467.

KAPLAN, Zdenek, et al. Hybridization of *Potamogeton* species in the Czech Republic: diversity, distribution, temporal trends and habitat preferences. *Preslia*, 2010, 82.3: 261-287.

KAPLAN, Zdenek, Judith FEHRER a C. HELLQUIST, 2011. *Potamogeton* ×*jacobsii* (Potamogetonaceae) from New South Wales, Australia – the first *Potamogeton* hybrid from the Southern Hemisphere. *Telopea*. 13(1-2), 245-256. DOI: 10.7751/telopea20116018. ISSN 03129764.

KAUTH, P. J., & BIBER, P. D. (2015). Moisture content, temperature, and relative humidity influence seed storage and subsequent survival and germination of *Vallisneria americana* seeds. *Aquatic Botany*, 120, 297- 303. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2014.09.009>

MUENSCHER, Walter Conrad. The germination of seeds of *Potamogeton*. *Annals of Botany*, 1936, 50.200: 805-821

Muenschel, W.C. 1936. Storage and germination of seeds of aquatic plants. New York (Cornell University) Agr. Exp. Sta. Bul. 652, pp. 1-17.

PRAUSOVÁ, Romana, Pavla SIKOROVÁ a Lenka ŠAFÁŘOVÁ, 2015. Generative reproduction of long stalked pondweed (*Potamogeton praelongus* Wulfen) in the laboratory. *Aquatic Botany*. 120, 268-274. DOI: 10.1016/j.aquabot.2014.09.005. ISSN 03043770. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0304377014001454>

PRAUSOVÁ, Romana. Rdest dlouholistý: (*Potamogeton praelongus* Wulfen). Hradec Králové: Gaudeamus, 2017. ISBN 978-80-7435-669-8.

REN, Dandan, Guanghua PENG, Hongxia HUANG, Haibin WANG a Shenghua ZHANG, 2006. Effect of rhodoxanthin from *Potamogeton crispus* L. on cell apoptosis in Hela cells. *Toxicology in Vitro*. 20(8), 1411-1418.

SPENCER, David F. a Gregory G. KSANDER, 1990. Influence of planting depth on *Potamogeton gramineus* L. *Aquatic Botany*. 36(4), 343-350. DOI: 10.1016/0304-3770(90)90050-U. ISSN 03043770. Dostupné také z:
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/030437709090050U>

SU, Hong, Tianshun ZHU, Xiaohu BAI, Leyi NI, Ping XIE a Xiaolin ZHANG, 2018. Seed Germination Indicates Adaptive Transgenerational Plasticity in a Submerged Macrophyte. *Frontiers in Plant Science*. 9. DOI: 10.3389/fpls.2018.01592. ISSN 1664-462X. Dostupné také z:
<https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fpls.2018.01592/full>

ŠTĚPÁNKOVÁ, Jitka, Jindřich CHRTEK a Zdeněk KAPLAN. Květena České republiky. 8 (2010). Praha: Academia, 2010. ISBN 978-80-200-1824-3.

ŠUMBEROVÁ K. (2011): *Potametum graminei* Lang 1967. – In: Chytrý M. (ed.), *Vegetace České republiky. 3. Vodní a mokřadní vegetace [Vegetation of the Czech Republic 3. Aquatic and wetland vegetation]*, p. 138–141, Academia, Praha. Dostupné online k 14.3.2020 Pladias. Databáze české flóry a vegetace. www.pladias.cz

TUCKETT, R. E., Merritt, D. J., Hay, F. R., Hopper, S. D., & Dixon, K. W. (2010). Dormancy, germination and seed bank storage: a study in support of ex situ conservation of macrophytes of southwest Australian temporary pools. *Freshwater Biology*, 55(5), 1118-1129. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2010.02386.x>

VIERSEN, V. van. Relationships between survival strategies of aquatic weeds and control measures. 1989.

Vyhláška Ministerstva životního prostředí ČR č. 395/1992 Sb.

WAGNER, E. J., & Oplinger, R. W. (2017a). Effect of overwinter hydration, seed storage time, temperature, and photoperiod on germination of some *Carex*, *Juncus*, and *Alopecurus* species. *Aquatic Botany*, 137, 39-49. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2016.11.006>

WAGNER, E. J., & Oplinger, R. W. (2017b). Effect of overwinter hydration, seed storage time, temperature, photoperiod, water depth, and scarification on seed germination of some *Schoenoplectus*, *Polygonum*, *Eleocharis* and *Alisma* species. *Aquatic Botany*, 136, 164-174. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2016.10.004>

WIEGLET, Gerhard a Zdeněk KAPLAN, 1998. An account of the species of *Potamogeton* L. (*Potamogetonaceae*). *Folia Geobotanica*. 33(3), 241-316. DOI: 10.1007/BF03216205. ISSN 1211-9520. Dostupné také z: <http://link.springer.com/10.1007/BF03216205>

XIAO, Chan, Xiufang WANG, Jing XIA a Guihua LIU, 2010. The effect of temperature, water level and burial depth on seed germination of *Myriophyllum spicatum* and *Potamogeton malaiianus*. *Aquatic Botany*. 92(1), 28-32. DOI: 10.1016/j.aquabot.2009.09.004. ISSN 03043770. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S030437700900117X>

ZHAO, Suting, Ruifen ZHANG, Yang LIU, Liyan YIN, Caiyun WANG a Wei LI, 2017. The effect of storage condition on seed germination of six *Hydrocharitaceae* and *Potamogetonaceae* species. *Aquatic Botany*. 143, 49-53. DOI: 10.1016/j.aquabot.2017.09.005. ISSN 03043770. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0304377017301912>

Žáková, Z., & Mlejnková, H. (2001). Trophic potential of water - comparison of two methods [in Czech]. *Fottea*, 1(1), 107-112.

Internetové zdroje

<https://academic.oup.com/aob/article/123/1/95/5059671>

<https://www.biolib.cz/cz/taxon/id41905/>

<https://www.biolib.cz/cz/glossaryterm/id1650/>

<http://www.biologydiscussion.com/plants/verbalization/orthodox-and-recalcitrant-seeds/23594>, article shared by Shagun Khandelwal

<https://botany.cz/cs/potamogeton-gramineus/>

<https://botany.cz/cs/potamogeton-nodosus/>

<https://www.butbn.cas.cz/sbirkavk/?p=855>, Navrátilová, J, 2020

<http://www.casopis.ochranaprirody.cz/prurezove-tema/ex-situ-nebo-in-situ/>

<https://cs.wikipedia.org/wiki/Internodium>

https://cs.wikipedia.org/wiki/Rdest%C3%ADk_h%C5%99ebenit%C3%BD

<https://cs.wikipedia.org/wiki/Trofie>

http://www.dendrologie.cz/html_stranky/terminologie.htm

<http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/> - Stevens, P. F. (2001 onwards). Angiosperm Phylogeny Website. Version 14, July 2017 [and more or less continuously updated since]

Pladias. Databáze české flóry a vegetace. www.pladias.cz

<https://www.pladias.cz/vegetation/overview/Potametum%20denso-nodosi>

<https://www.pladias.cz/vegetation/overview/Potametum%20graminei>

<http://www.plantsoftheworldonline.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:30005043-2>

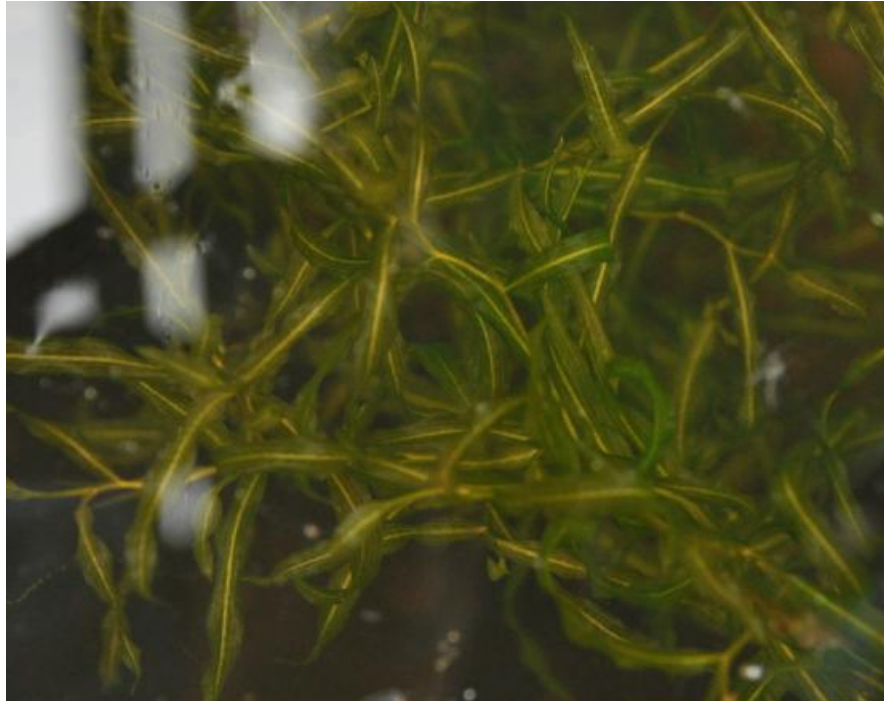
<http://www.theplantlist.org/1.1/browse/A/Potamogetonaceae/> - The Plant List (2013).
Version 1.1. Published on the Internet; <http://www.theplantlist.org/> (accessed 1st
January).

9 Přílohy



Příloha 1: Vývoj klíčení druhu *Potamogeton gramineus* (A-E, D: opadlé osemení).

Foto (c) JN, se svolením autorů.



Příloha 2: *Potamogeton gramineus* na jaře před tvorbou plovoucích listů. Foto (c) JN, se svolením autorů.



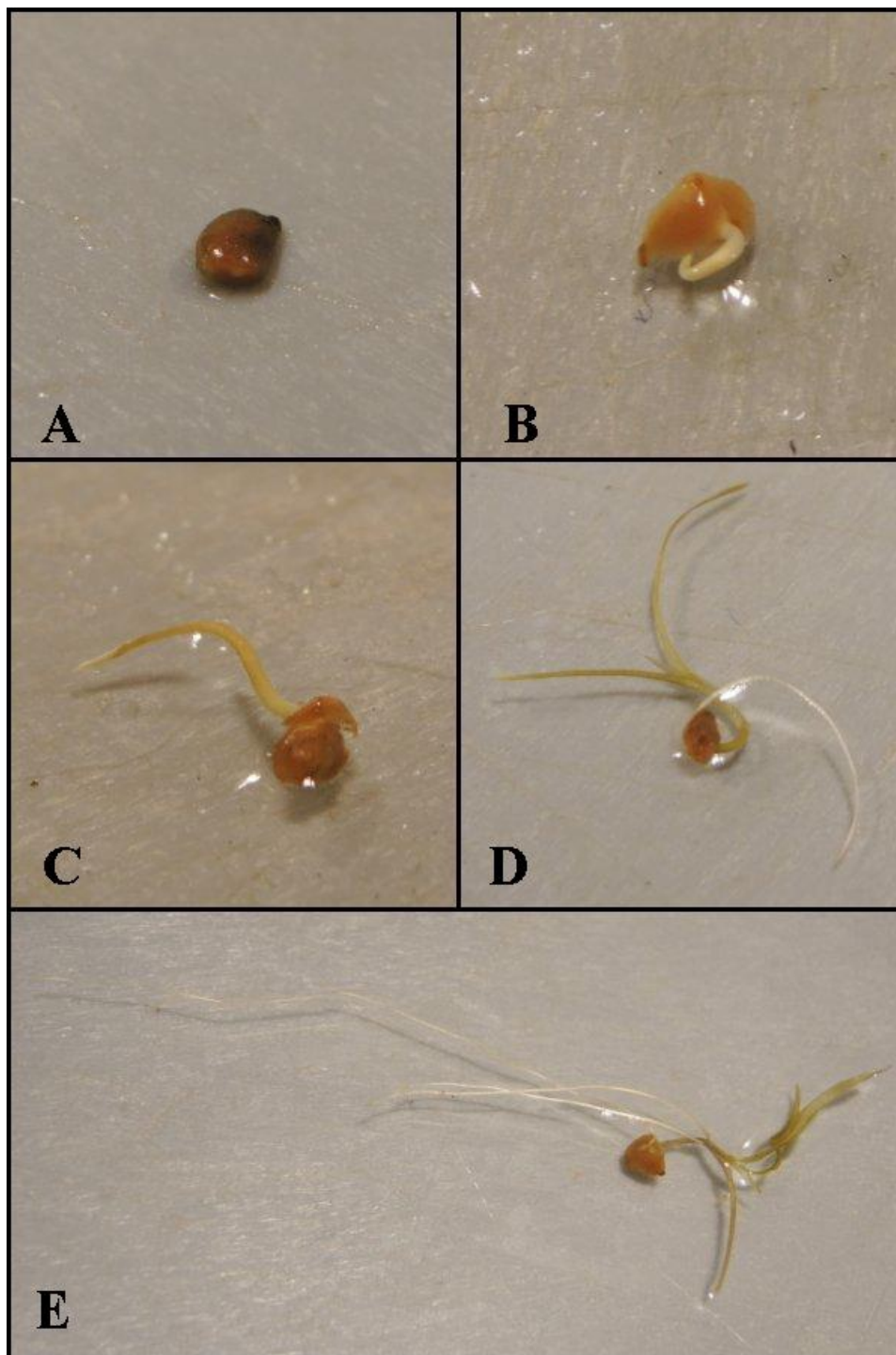
Příloha 3: Plovoucí a ponořené listy u *Potamogeton gramineus*. Foto (c) JN, se svolením autorů.



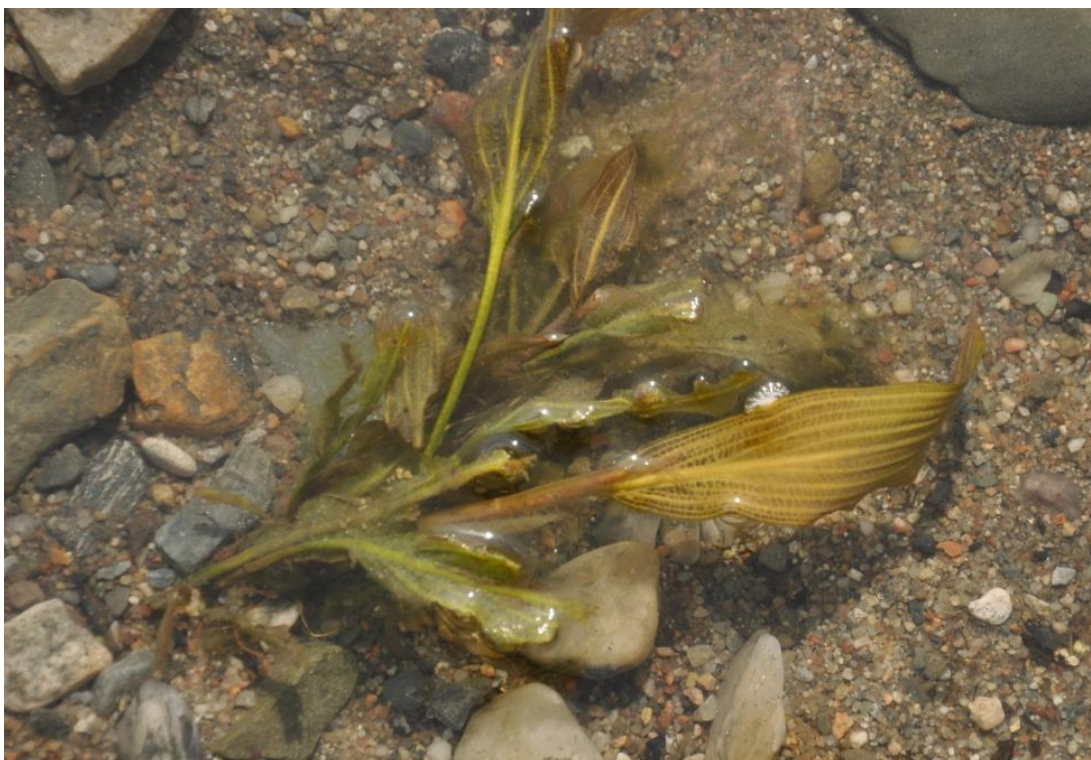
Příloha 4: Plodenství druhu *Potamogeton gramineus*. Foto (c) JN, se svolením autorů.



Příloha 5: Porost druhu *Potamogeton gramineus* v záchranné kultuře. Foto (c) JN, se svolením autorů.



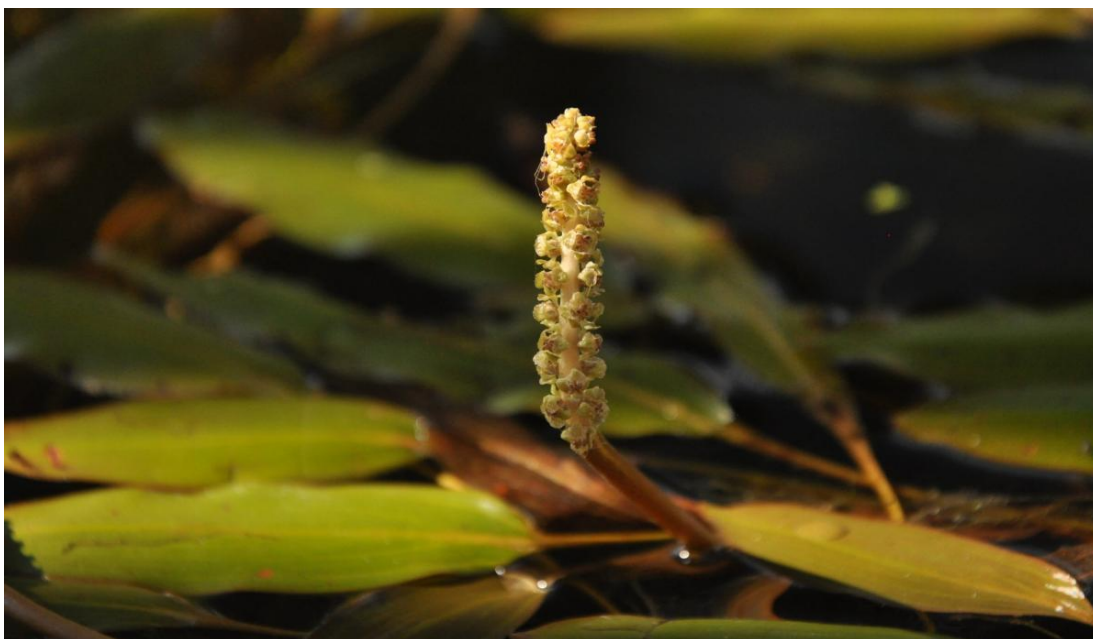
Příloha 6: Vývoj klíčení druhu *Potamogeton nodosus*. Foto (c) JN, se svolením autorů.



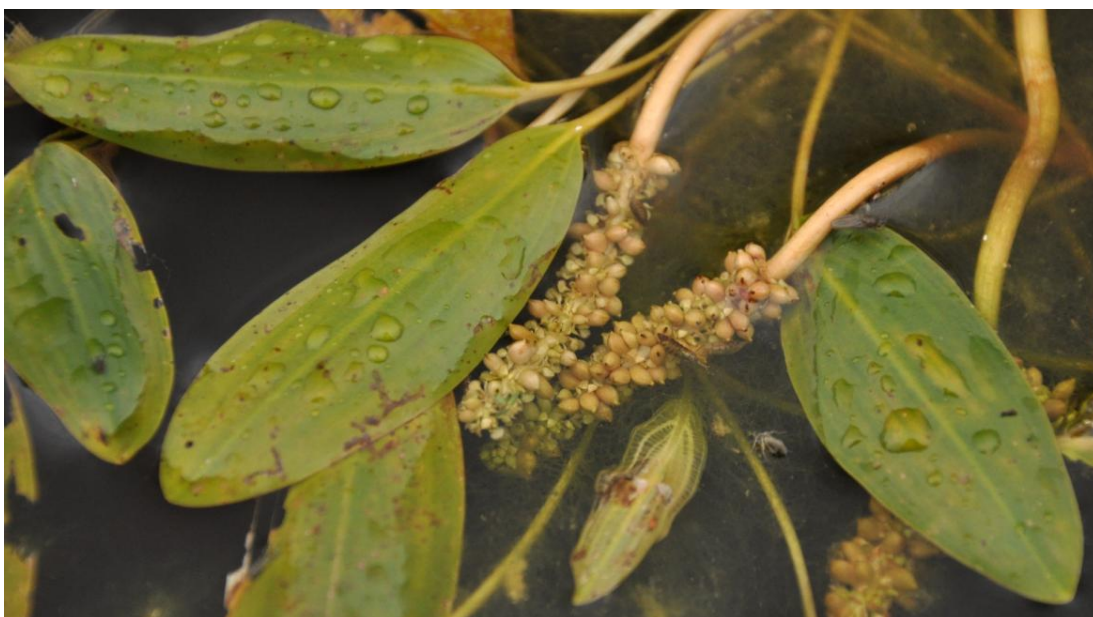
Příloha 7: Mladá rostlina druhu *Potamogeton nodosus* ve svém přirozeném stanovišti (Annín u Tovačova - štěrkovna Annínské jezero). Foto (c) JN, se svolením autorů.



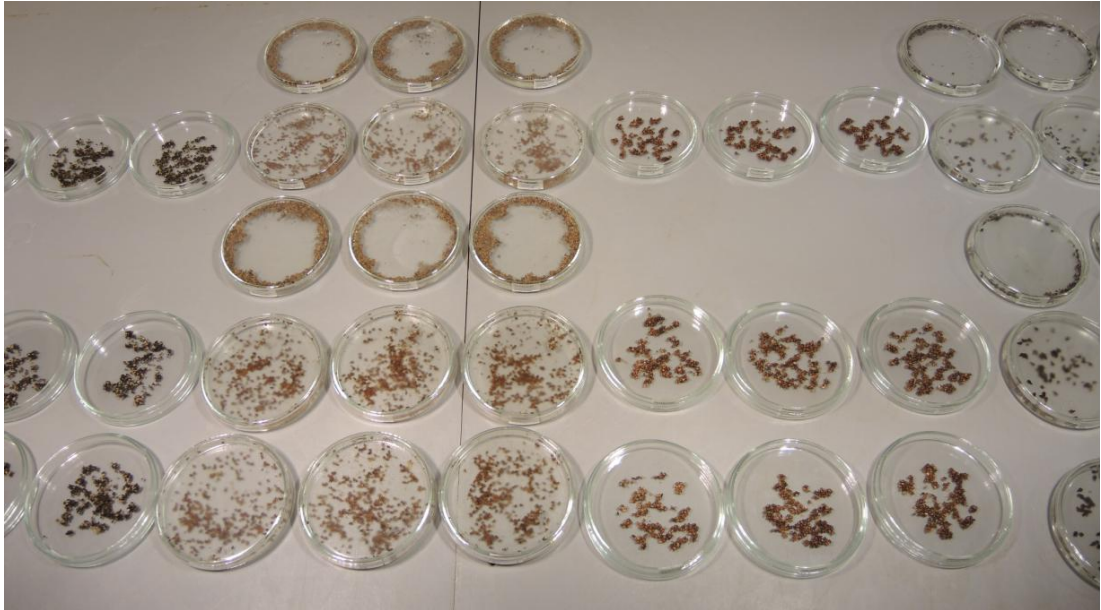
Příloha 8: Plovoucí a ponořené listy druhu *Potamogeton nodosus*. Foto (c) JN, se svolením autorů.



Příloha 9: Květenství druhu *Potamogeton nodosus*. Foto (c) JN, se svolením autorů.



Příloha 10: Plodenství s listy druhu *Potamogeton nodosus*. Foto (c) JN, se svolením autorů.



Příloha 11: Pohled na klíčící experiment u *Potamogeton*. Foto (c) JN, se svolením autorů.



Příloha 12: Ukázka označení včetně klíčících rostlinek u *Potamogeton gramineus* v Petriho misce. Foto (c) JN, se svolením autorů.