

**PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA
JIHOČESKÉ UNIVERZITY V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH**

Katedra botaniky

Bakalářská práce

**Klíčivost semen, metody stanovení a její ovlivnění faktory
prostředí**

Jindřich Kraus

Školitelka: Mgr. Eva Švamberková

Konzultant: prof. RNDr. Jan Lepš CSc.

České Budějovice 2021

Kraus J., (2021): Klíčivost semen, metody stanovení a její ovlivnění faktory prostředí. [Seed germination, methods of determination and its influence by environmental factors. Bc. Thesis, in Czech.] – 56 pp., Faculty of Science, University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

Anotace

Srovnávali jsme klíčení a dynamiku klíčení druhů po různém ošetření semen stratifikací (za sucha, za vlhka, kolísání teploty). Pokus byl proveden v laboratorních podmínkách s použitím semen deseti druhů z komerčního prodeje. Výhoda domácího prostředí byla testována v polním experimentu a vyhodnocena klíčením semen tří druhů ze čtyř lokalit lišících se vlhkostí a semen z komerčního prodeje. Data jsme analyzovali pomocí zobecněných lineárních modelů.

Annotation

We compared germination rate and germination dynamics of species under different seed stratification treatments (dry, wet, temperature variation). The experiment was performed in laboratory conditions using seeds of ten species from commercial sales. The home site advantage was tested in a field experiment assessing seed germination of three species from four localities differing in moisture and seeds from commercial sales. We analysed the data using generalized linear models.

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracoval(a) pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích dne 13.4.2021.



.....
Jindřich Kraus

Poděkování

Rád bych především poděkoval své školitelce Evě Švamberkové hlavně za nesmírnou a významnou hodnou trpělivost, dále za její ochotu mi pomáhat při výpočtech a získávání studijních materiálů, za pomoc při práci v terénu a korekcích. Dále bych rád poděkoval konzultantovi Janu Lepšovi za pádné připomínky k této práci.

Ovšem poděkování patří i majitelům pozemků, na kterých jsme mohli experiment zrealizovat. Dále pak Artemovi Kriuchkovi za překlad materiálů z ruského jazyka. Nesmím zapomenout poděkovat za pomoc při počítání semen a za podporu při celém procesu tvorby práce snoubence Karolíně Koláčné. Stejně tak Anně Kostohryzové za poskytnutí motorové mobility mezi jednotlivými lokalitami při výsevu semen. V nakonec bych rád poděkoval rodinným příslušníkům Marcele Krausové a Miluši Zenkerové za pomoc při sběru semen a Rudolfovi Zenkerovi za motivaci ke studiu. Děkuji Vám.

Obsah

1	Úvod.....	6
1.1	Klíčení semen.....	6
1.2	Dormance.....	8
1.3	Přežívání semenáčků.....	9
1.4	Diferenciace nik.....	11
1.5	Homesite advantage message.....	12
2	Cíle práce.....	14
3	Metodika.....	15
3.1	Klimabox.....	15
3.2	Výhoda domácího prostředí na klíčivost semen.....	16
3.2.1	Popis lokalit.....	16
3.2.2	Design terénního pokusu.....	23
3.3	Statistické zpracování dat.....	25
3.3.1	Klíčení druhů a dynamika klíčení.....	25
3.3.2	Výhoda domácího prostředí na klíčivost semen.....	25
4	Výsledky.....	27
4.1	Klíčivost druhů a dynamika klíčení.....	27
4.1.1	Vliv stratifikace na klíčivost semen.....	27
4.1.2	Dynamika klíčení semen.....	28
4.2	Výhoda domácího prostředí na klíčivost semen.....	31
5	Diskuse.....	43
5.1	Klíčení druhů a dynamika klíčení.....	43
5.1.1	Vliv stratifikace na klíčení semen.....	43
5.1.2	Dynamika klíčení semen.....	44
5.2	Výhoda domácího prostředí na klíčivost semen.....	46
6	Závěr.....	48
7	Literatura.....	49

1 Úvod

Semena slouží k přečkání nepříznivého období, k šíření druhu na delší vzdálenosti, ale především jsou součástí rozmnožování semenných rostlin a vznikají během reprodukce embryogenezí buďto z oplozeného vajíčka, nebo i bez oplození v rámci apomixie. Semena jsou obalena osemením. Vytvořené se semeno se dále skládá z triploidního endospermu (zásobní pletivo) a diploidního embrya, které jsou uzavřeny pláštěm mateřského semene. U dvouděložných rostlin zahrnuje embryo většinu prostoru v semenech spolu s hlavními lipidovými a proteinovými rezervami (Borisjuk et al., 2013). Endosperm může být u některých skupin rostlin velmi redukován (Černohorský, 1967). Naopak v obilovinách je endosperm hlavním úložným místem, kde se hromadí škrob a zásobní proteiny (Olsen, 2001). Velké zdroje genomiky semen byly vytvořeny z různých modelových organismů (North et al., 2010; Olsen, 2001; Sreenivasulu et Wobus, 2013). Semena jako taková jsou heterogenní součástí rostlin se širokou škálou zásobních látek, které zahrnují různé rozpustné uhlohydráty, škrobové polymery, zásobní proteiny a lipidy. Tyto látky mimo jiné představují 70 % světového kalorického příjmu ve formě potravin a krmiv (Joshi, 2018). Biologie semenných systémů zůstává záhadným subjektem v pochopení procesů skladování semen, zrání a pregerminativního metabolismu (Joshi, 2018).

1.1 Klíčení semen

Za vhodných podmínek prostředí klíčí semeno, aby se vyvinulo v mladou rostlinu. Klíčení semene je složitý proces a je definováno několika různými způsoby (Higashiyama et al., 2003). Klíčení lze definovat jako moment, kdy radikula prorazí osemením (Joshi, 2018), ale proces klíčení semen byl definován i jako vznik a vývoj základní struktury z embrya, která se vyvíjí do rostliny ve vhodných podmínkách (Joshi, 2018), zatímco další definice uvádí jako klíčení semene vznik a růst zárodku na mladé rostlině po rychlém vývinu osemení (Joshi, 2018). Později Mayer a Shain (1974) popsali definici klíčivosti semen řadou kroků, které obvykle nastávají dříve, než radikula prorazí stěnou osemení. Tyto definice naznačují, že semena se před vývojem embrya nacházejí v klidovém stadiu dormance a mají nízkou metabolickou aktivitu. V tomto stádiu zůstávají, dokud okolní podmínky neaktivují obnovení růstu (Joshi, 2018). Obnovení metabolické aktivity semen spočívá v prodloužení radikuly a hypokotylu embrya. Klíčení, jež je viditelné až poté, co radikula prorazí skrz osemení, předchází velké množství složitých biochemických i fyzikálních dějů (Procházka et al., 1998). Jen málo semen může bezprostředně po oplodnění vajíčka klíčit, zatímco jiná se stanou

neaktivní a čekají na příznivé podmínky prostředí. V závislosti na druhu rostlin může semeno v období dormance přetrvávat několik dní až několik let (Joshi, 2018).

Klíčivost je proces vývoje semene v novou rostlinu. Často je klíčivost semene určena dostupností vody a teplotou, ale případně také tím, zdali a jak moc hluboko se semeno v substrátu nachází (Raven et al., 2005). Klíčení semene nastává v případě, kdy u semene skončí fáze dormance a semeno se dostane na vhodné místo s vhodnými podmínkami (Procházka, 1998). Za začátek klíčení semene se z fyziologického hlediska považuje příjem vody v procesu zvaném imbibice neboli bobtnání, což je fyzikální proces, ve kterém dochází k hydrataci zásobních polymerů (Raven et al., 2005), a za konec klíčení semene pak považujeme prodlužovací růst radikuly embrya (Houba et al., 2002). Voda po imbibici aktivuje enzymy, které zahajují proces růstu klíčků ze semen. Nejprve semenu vyrostou kořen pro přístup k dalšímu množství vody (Raven et al. 2005). Dvouděložné rostliny klíčí dvěma způsoby, a to epigeicky, tzn. nad povrchem země, kdy ze semena vyrostou kořínky, který roste pozitivně gravitropicky a z děloh semena se stávají fotosynteticky aktivní děložní lístky, a hypogeicky, což znamená, že klíčení probíhá pod povrchem tzv. v zemině, takže epikotyl směřuje negativně gravitropicky. U jednoděložných rostlin radikula zaniká. (Benda et al. 2006). Semeno tedy vysílá výhonek směrem k povrchu, kde vyrostou listy, aby získala energii ze slunce (Raven et al. 2005).

Strategie, které snižují pravděpodobnost setkání s nepříjemnými podmínkami růstu v průběhu roku, mohou pro klíčivost představovat značnou selektivní výhodu. Riziko úmrtnosti nově vyklíčených semenáčků není náhodně rozloženo v prostoru a čase, ale liší se mezi typy vegetací, místy s dostatečným množstvím vody, světlem a dostupnými živinami (Mack et Pyke, 1983). Tím se otevírá možnost pro regulaci klíčivosti zralých semen prostřednictvím vysoce specifických požadavků na klíčení. Účinnost takových reakcí kriticky závisí na schopnosti semen vnímat a vhodně reagovat na podněty prostředí, které korelují s časy nebo místy, kde je pravděpodobnost přežití poměrně vysoká (Baskin et Baskin, 2014). Bylo prokázáno, že klíčení může být iniciováno nebo inhibováno nepatrnými rozdíly ve faktorech, jako je teplotní režim, intenzita nebo spektrální kvalita světla, živiny v půdě nebo vlhkost (Baskin et Baskin, 2014). Riziko úmrtnosti nově vyklíčených semenáčků je také ovlivněno proměnlivostí podmínek prostředí v čase, například meziročním kolísáním klimatických podmínek (Donohue, 2005; Müller et al., 2011). Za takových okolností může být klíčivost regulována dormancí, která blokuje klíčení a tím činí semena neaktivními i za zdánlivě vhodných podmínek pro klíčení (Vleeshouwers et al., 1995). Například

environmentální reakce mohou být upraveny vystavením suchu, zahřátí nebo vlhkému chladnému zásahu před klíčením (Baskin et Baskin, 2014). Klíčivost je tak odložena až na konkrétní událost, jako je například suchá sezóna, požár atd. (často označované jako „prediktivní doba klidu“). V situacích, kdy riziko úmrtnosti nesouvisí s výkyvy prostředí, se snižuje účinnost environmentálních reakcí po narušení prostředí a prediktivních reakcí po dormanci. (Venable et Brown, 1988).

1.2 Dormance

Kromě zajištění správného průběhu klíčení na správném místě a ve správný čas může být důležité pro zdárný vývoj rostliny několik dalších aspektů. Jeden z nich je jisté opoždění klíčení, které může trvat pár dní, ale i desetiletí (Fenner et Thompson, 2005). Tímto důležitým mechanismem pro dosažení zpoždění klíčení semen, ačkoliv tedy není jediným, je dormance (Fenner et Thompson, 2005). Hlavní typy dormance jsou tři. Morfologická, fyzická a fyziologická dormance. U morfologické dormance semeno dozrává až po oddělení od mateřské rostliny. Fyzická dormance spočívá v tvrdém osemení, které je odolné vůči vodě (Offord et al., 2009). Ke klíčení dochází až poté, co se voda dostane skrze štěrbinu v osemení k embryu. K tomu dochází, když semeno zcela vyschne, díky vlivu sucha osemení praská. Proto je načasování mechanismů, jenž ukončí fyzickou dormanci, kritické a musí korelovat s podněty prostředí indikujícími příznivé podmínky. Tím se maximalizují šance na klíčení v podmínkách, ve který rostlina úspěšně vyklíčí, usadí, a nakonec se rozmnoží (Baskin et al., 2008). Posledním typem dormance, která zabraňuje klíčení semene, je dormance fyziologická, kdy semeno začne klíčit až poté, co projde určitými fyziologickými podmínkami. Semena některých druhů například pozitivně reagují na vlhkou a teplou periodu následující po studené a suché periodě (Málková et Matějka, 2004). Jednotlivé typy dormancí se mohou prolínat (Baskin et Baskin, 2014). Kombinací morfologické a fyziologické dormance vzniká poměrně běžná morfofyziologická dormance. Vzácnější je kombinace fyzické a fyziologické dormance. Kombinace mezi morfologickou a fyzickou dormancí není možná. Všeobecné tvrzení dle Baskin et Baskin (2014) je, že fyziologická dormance je reverzibilní vůči zbylým dvěma typům. Vypadá to, že morfologická dormance je nejpůvodnějším typem (Baskin et Baskin, 2014).

U mnoha druhů a zdrojů semen nejsou často známy podrobné požadavky na překonání dormantního stádia nebo jsou tyto informace velmi těžko dostupné (Николаева et al., 1985). Protože vlastnosti dormance a klíčení semen mohou být omezené fylogenetickou historií, předpokládá se, že příbuzné druhy mají podobné rysy (Baas et Sherman, 2006). Na druhou

stranu významnou roli může hrát také přizpůsobení druhů na místní klimatické a stanovištní podmínky, což může způsobit významnou varianci ve vlastnostech dormance a klíčení téhož druhu z různě geograficky a ekologicky vzdálených stanovišť (Baas et Sherman, 2006). Dopad příbuznosti druhů a podnebí na reakci klíčení na úrovni druhů a populace je významný, přestože k variaci v klíčení může přispívat řada faktorů. Hranice mezi dormancí a klíčením jsou způsobeny jak druhovou identitou, tak populačními rozdíly. Je proto velmi důležité porozumět druhově specifickým zvláštnostem, jakožto i místním podmínkám, kde byla semena sbírána a kde vyseta (Seglias et al., 2018).

Vzhledem k tomu, že averzivní semenná banka je vždy tvořena druhy s dormantními semeny, hraje při akumulaci semenné banky zásadní roli také dormance zprostředkovaná okolním prostředím (Thompson et al., 2003). Tuto hypotézu potvrzuje inverzní vztah mezi hmotností semen a inhibicí zprostředkovanou hloubkou zasypání. V důsledku toho jsou druhy s malými semeny pozitivně geotropicky velmi inhibovány. Podle výsledků podobných experimentů prováděných v různých prostředích se tato semena jeví jako zvláště vhodná pro akumulaci perzistentní semenné banky (Thompson et al., 1993).

1.3 Přežívání semenáčků

Semeno, které vyklíčí, vyloženě „sází na svůj život“. To, zdali vyklíčená rostlinka přežije, záleží především na příznivých podmínkách prostředí, kde by si rostlina nashromáždila dostatek fotosyntetického materiálu, aby mohla časem reprodukovat, ale i tolerovat širší škálu jiných podmínek (Angevine et Chabot, 1979). Obvykle je úmrtnost bylinných semenáčků velmi vysoká, ale s věkem klesá (Švamberková et Lepš, 2020), pokud se nevyskytují žádné vzácné postemergentní poruchy. Příčinami úmrtnosti semenáčků mohou být nedostatek vlhkosti, vnitrodruhová i mezidruhová konkurence o zdroje či prostor, herbivorie nebo jejich kombinace (Morgan, 1995).

Introdukce původních rostlin je klíčovou praxí v boji proti degradaci půd po celém světě, ale většina úsilí na základě vysévání není příliš úspěšná, což omezuje schopnost urychlit zotavení ekosystému (Hobbs et Mooney, 1986). Podstatné jsou v tomto aspektu také přechody mezi několika fázemi semen a sazenic, z nichž některé mohou mít převažující vliv na výsledky obnovy (Hobbs et Mooney, 1986). Úspěšnost semenáčků je obvykle pozitivně ovlivněna disturbancí, čímž dojde k odstranění kompetice, která je jedním ze zásadních faktorů ovlivňujících přežívání semenáčků ve společenstvu (Švamberková et Lepš, 2020). Tento pozitivní účinek se zvyšuje s intenzitou narušení (Kotorová et Lepš, 1999). To se ovšem

liší mezi druhy, neboť stejná disturbance může mít negativní účinky na růst a produkci semen a disturbance tudíž nesmí být příliš častá, protože také rozsah těchto vlivů je druhově specifický. Tyto rozdíly mezi druhy spolu s narušenou heterogenitou prostředí jsou důležitými faktory při soužití druhů (Hobbs et Mooney, 1986). Jedním z důležitých faktorů určující schopnost kolonizovat může být doba vzniku prostředí, ta ovšem může také záviset na načasování uvolňování semen a fenologie klíčení semen (Hobbs et Mooney, 1991), jelikož úspěšnými kolonizátory jsou rychle rostoucí klonální rostliny, které pronikají do polštářů jiných druhů rostlin svými oddenky a stolony. Mají tak vyšší poměry kořenů a výhonků a požadavky na vlhkost a živiny v půdě (Doležal et al. 2019). Takové variace by mohly podpořit koexistenci druhů podobně jako rozdíly v citlivosti semen na chlad, které mohou měnit totožnost počátečního kolonizátora v závislosti na počasí v konkrétním roce, čímž může být podpořena koexistence druhů (Moloney et al., 1996).

Nízký počet vyklíčených semen, ať už kvůli nedostatku semenných bank, nedostatku vhodných podmínek pro klíčení nebo herbivorie, může odpovídat za pokles původních vytrvalých druhů v ekosystémech (Lunt, 1990). Zásoba semen a přežití semen v semenných bankách regulují potenciální výskyt sazenic a nedostatek semen v semenných bankách je také přičítán omezenému výskytu trvalých rostlin v travnatých společenstvech (Lunt, 1994). Nízký počet původních vytrvalých bylin v semenných bankách travních porostů je běžným vzorcem (McIvor et Gardener, 1994). Původní bylinné druhy v mírných a travnatých krajinách mají krátkodobé semenné banky s omezenou vegetační dobou (Clarke, 2000).

Důvod, proč mají některé druhy velmi omezený zeměpisný rozsah, zatímco distribuce jiných blízkce příbuzných druhů je mnohem větší, není s přesností znám (např. Brown et al., 1996). Mnoho studií zdůrazňuje rozdíly mezi vzácnými a běžnými druhy a pokouší se určit příčiny druhové vzácnosti. Například vzácné druhy, které se často vyskytují ve vyšších nadmořských výškách (McDonald et Cowling, 1995) a mají sníženou kolonizační schopnost (Fiedler, 1987), mají navíc i sníženou konkurenceschopnost (Lavergne et al., 2003) a zvýšenou náchylnost k predisperzi predace semen (Combs et al., 2013). Vzácné druhy mají také méně nadzemní biomasy (např. Pilgrim et al., 2004), krátké trvání kvetení (např. Gustafsson, 1994), malou velikost a nízký počet květů a nízký počet semen (Lavergne et al., 2004). Pochopení faktorů odpovědných za vzácnost druhů je klíčové pro navrhování účinných strategií zaměřených na dlouhodobou ochranu druhů. Studie, které zkoumají složitější vlastnosti druhů přímo souvisejících s různými fázemi životního cyklu rostlin (Münzbergová, 2005 a 2013) nejsou tak časté (Paulů et al. 2017). Klíčení a následné přežívání

nově vyvinutých semenáčků je nejkritičtější fází životního cyklu mnoha rostlin (Donohue, 2005, Švamberská a Lepš, 2020) a je primárním zdrojem variací v regeneraci nik (Paulů et al., 2017).

1.4 Diferenciace nik

Diferenciace nik je dělení společně sdílených podmínek a zdrojů (Begon et al., 1997). Toto lze zařadit do principu konkurenčního vyloučení, který tvrdí, že když koexistuje dvojice skutečně si konkurujících druhů ve stabilním prostředí (Begon et al., 1997), je toto soužití možné pouze díky diferenciaci nik neboli částečnému rozdělení realizovaných nik druhů, jenž si konkurují (Gause, 1932). V okamžiku, kdy jsou niky obou druhů totožné či prostředí zamezuje jejich odlišení, je následně konkurenčně slabší druh vytěsněn druhem konkurenčně silnějším (Begon et al., 1997). K této eliminaci dojde v momentě, kdy všechny části realizované niky slabšího druhu jsou zaplněny realizovanou nikou silnějším druhu (Begon et al., 1997). Gausův princip (Gause, 1932), tedy princip konkurenčního vyloučení, byl stanoven na základě úvah, jež jsou potvrzeny skutečnými experimenty (Volterra, 1926; Lotka, 1932). Gausův princip pojednává o opravdu si konkurujících druzích ve stálém prostředí. Skutečnou konkurenci lze prověřit jen manipulativními experimenty, v nichž zaznamenáváme, jak moc druhy na různé změny v početnosti reagují (Jarošík 1987).

Obecné počítačové simulace demonstrují, že shlukovitá distribuce silnějším konkurenta zapříčiní negativnější vliv na vlastní populaci než na populaci konkurenčně slabšího druhu (Caldwell et Percy, 1994). V mozaikovitém a efemérním prostředí bude taková shlukovitá distribuce též ukazovat, že na velkém množství míst nebude konkurenčně podřízený druh koexistovat společně s nadřazeným druhem, takže konkurenčně slabší druh se bude držet v prostorových refugiích bez mezidruhové konkurence (Stolla et Prati 2001). Z příkladů, jenž uvádí Stolla a Prati (2021) je znát, že heterogenita prostředí umožňuje širší koexistenci druhů bez potřeby zřetelné diferenciaci nik a tudíž, obecně řečeno, vede k jisté stabilitě prostředí.

Heterogenita prostředí se nutně nemusí vázat pouze na časoprostorové rozměry (Begon et Wall, 1987). Individuální proměnlivost ve schopnosti úspěšně soupeřit o zdroje v rámci konkurujících si populací může podpořit koexistenci, která je tímto způsobem zajištěna dokonce i v případě, že bude v homogenních populacích konkurenčně slabší druh vytěsněn konkurenčně silnějším druhem. Skutečnost, že prostorová, časová i individuální heterogenita může mít na ekologické interakce stabilizující vliv, se týká i mezidruhové

konkurence (Begon et Wall, 1987). Diferenciace nik jednotlivých druhů nemusí být zajištěna pouze tím, že druhy využívají různé zdroje, ale také tím, že je využívají v různý čas. To může být zajištěno rychlostí klíčivosti semen a období, kdy jednotlivé druhy klíčí (Zhang et al., 2014).

Travní společenstva vykazují, že krátkodobá výhoda nebo priorita v brzkém, či pozdějším klíčení poskytuje invazivním druhům silnou konkurenční výhodu nad původními druhy a je kritickým faktorem mnoha invazí (Gioria et al., 2018). To, zda časná nebo pozdní klíčivost podporuje usazení druhu v komunitě, závisí na podmínkách prostředí, s nimiž se její sazenice setkávají a které panují až po vyklíčení (Donohue et al., 2010). Zatímco využívání období nízké konkurence je věrohodným mechanismem pro úspěšné založení mnoha invazivních rostlin, přímých důkazů pro tuto strategii je stále málo. To platí zejména s ohledem na využívání nik pro pozdní klíčení. V důsledku toho jsou nutná dlouhodobá srovnávací monitorování fenologie klíčení invazivních a původních rostlin *in situ*, aby se posoudil její význam v řadě ekosystémů a jeho dopad na dynamiku komunity (Gioria et al., 2018). V ideálním případě by mělo být klíčení načasováno tak, aby nastalo, pouze pokud jsou vhodné podmínky pro růst a vývoj semenáčků, přičemž je třeba se vyhnout nepříznivým abiotickým podmínkám (např. nízké zdroje, neoptimální teploty) nebo biotickým podmínkám (např. rostlinné patogeny, konkurence). Optimální načasování klíčení (ať už časné, střední nebo pozdní) se tedy bude pravděpodobně podstatně lišit v prostoru a čase (Donohue et al., 2010) .

1.5 Homesite advantage message

Hypotéza výhody domácího prostředí předpokládá, že relativní úspěch nepůvodních zavlečených populací se snižuje se zvyšující se genetickou a environmentální vzdáleností od místní a původní populace (Montalvo et al., 2000). Populační diferenciace je částečně způsobena lokální adaptací, což má za následek výhodu domácího prostředí – “home-site advantage“ (vander Mijnsbrugge et al., 2010). Například experimenty v rámci původu stromů a keřů ukázaly, že populace britských dřevin je lépe přizpůsobena místním podmínkám než kontinentální populace (např. Jones et al., 2001).

Termín “místní“ zde lze použít jako synonymum pro autochtonní, jelikož populace, které pocházejí z místa, kde byly původně nalezeny, jsou lépe přizpůsobeny místním podmínkám prostředí než populace, které sem byly zavlečeny odjinud (vander Mijnsbrugge et al., 2010). K místní adaptaci u bylin může dojít rychle, např. na půdách kontaminovaných

těžkými kovy (Antonovics, 2006). Přizpůsobení se klimatickým podmínkám typickým pro zdrojová stanoviště mnohdy vysvětluje, proč existují odchylky v charakteristikách klíčivosti druhů. Například u 135 populací 38 druhů rodu dračík (*Penstemon* sp.), jenž jsou rozšířeny v celé západní části Spojených států amerických, korelovalo klima s délkou zimního období, což naznačuje, že je více linií, které si vyvinuly adekvátní strategie klíčení. To kdy a jak semena klíčí, i na úrovni populací, je specifické pro dané stanoviště především proto, aby bylo zajištěno jejich přežití v drsném a leckdy nepříznivém prostředí. (Mayer et al., 1995).

2 Cíle práce

Cílem mé bakalářské práce bylo 1) porovnat klíčivost a dynamiku klíčení u deseti vybraných druhů semen v jednoduchém růstovém zařízení (klimaboxu) po šesti různých typech stratifikace. 2) Zjistit zdali má na klíčivost semen druhů *Anthoxanthum odoratum*, *Campanula patula* a *Holcus lanatus* ze čtyř vybraných lokalit a z komerčního zdroje vliv výhoda domácího prostředí (home-site advantage), popř. zdali se klíčivost semen liší i mezi vybranými lokalitami či druhy.

3 Metodika

3.1 Klimabox

Pro porovnání klíčivosti a dynamiky klíčení druhů za různých podmínek stratifikace semen jsme provedli pokus v laboratorních podmínkách (tj. v jednoduchém růstovém zařízení, které budeme následně nazývat klimabox). Použili jsme semena deseti druhů z komerčního prodeje (polní botanická zahrada Planta naturalis): *Alopecurus pratensis*, *Anthoxanthum odoratum*, *Helictotrichon pubescens*, *Festuca rubra*, *Holcus lanatus*, *Leontodon hispidus*, *Leucanthemum ircutianum*, *Plantago lanceolata*, *Rumex acetosa* a *Saxifraga granulata*. Tento konkrétní výběr jsme uskutečnili z důvodu jejich výskytu na vybraných lokalitách pro terénní část experimentu (viz kapitola 3.2), jelikož prvotním plánem bylo srovnání klíčivosti mezi terénním a laboratorním měřením, k němuž nakonec nedošlo, jelikož se nám nepodařilo nasbírat dostatečný počet semen díky slabšímu zdroji semen na vybraných lokalitách. Původně mezi vybrané druhy patřil i druh *Campanula patula*, ale protože nebyl dostupný z polní botanické zahrady Planta naturalis, nakonec jsme ho z laboratorního pokusu vyřadili. Před samotným klíčením v klimaboxu jsme na semenech provedli šest způsobů zásahů, jež spočívala ve vystavení semen šesti různým stratifikačním faktorům. Každou řadu semen jsme ošetřili jedním z faktorů. Jedna řada obsahovala semena deseti druhů s tím, že každý druh měl svou Petriho misku s filtračním papírem a semena jednotlivých druhů byla rozpočítána po padesáti kusech na jednu misku (výjimkou jsou *R. acetosa*, kdy nevystačilo objednané množství semen, a proto bylo vyseto 24 kusů, a *S. granulata*, kde díky velikosti semen nedošlo k počítání, ale k vážení) a to ve dvou replikacích. Stratifikace probíhala po dobu jednoho měsíce (18.3.2019 – 18.4.2019), poté jsme semena přemístili do klimaboxu (teplota 22°C, režim den a noc po 12 hodinách), kde se nechala klíčit po dobu dalšího měsíce (18.4.2019 – 18.5.2019). Každé vyklíčené semeno bylo z misky odejmuto a jejich počet zaznamenán v jednotlivých časech.

Způsoby stratifikace

Zásah přirozenou teplotou – semena jsme nechali po celou dobu stratifikace na suchém místě při venkovní teplotě.

Zásah pokojovou teplotou – semena jsme nechali po celou dobu stratifikace na suchém místě při pokojové teplotě.

Suchý chladný zásah s konstantním udržováním teploty – semena jsme nechali po celou dobu stratifikace na místě s konstantní teplotou o 4 °C bez zvlhčení filtračního papíru.

Suchý zásah se střídavě mění se teplotou – semena jsme pravidelně přemísťovali z místa o 4 °C na místo o pokojové teplotě v intervalu pěti dní v chladu ku dvou dnům v teple. Filtrační papír byl suchý po celou dobu stratifikace.

Vlhký chladný zásah s konstantním udržováním teploty – semena jsme nechali po celou dobu stratifikace na místě s minimálním přístupem světelného záření, abychom minimalizovali předčasné klíčení, s konstantní teplotou o 4 °C a vlhčeným filtračním papírem.

Vlhký zásah se střídavě mění se teplotou – semena jsme pravidelně přemísťovali z místa o 4 °C na místo o pokojové teplotě v intervalu pěti dní v chladu ku dvou dnům v teple, a to s minimálním přístupem světelného záření, abychom minimalizovali předčasné klíčení. Zároveň jsme udržovali filtrační papír vlhký po celou dobu stratifikace.

V případě vlhkého typu stratifikace byla semena skladována ve tmě, aby se omezila možnost, že začnou klíčit již v průběhu stratifikace (Николаева et al., 1985).

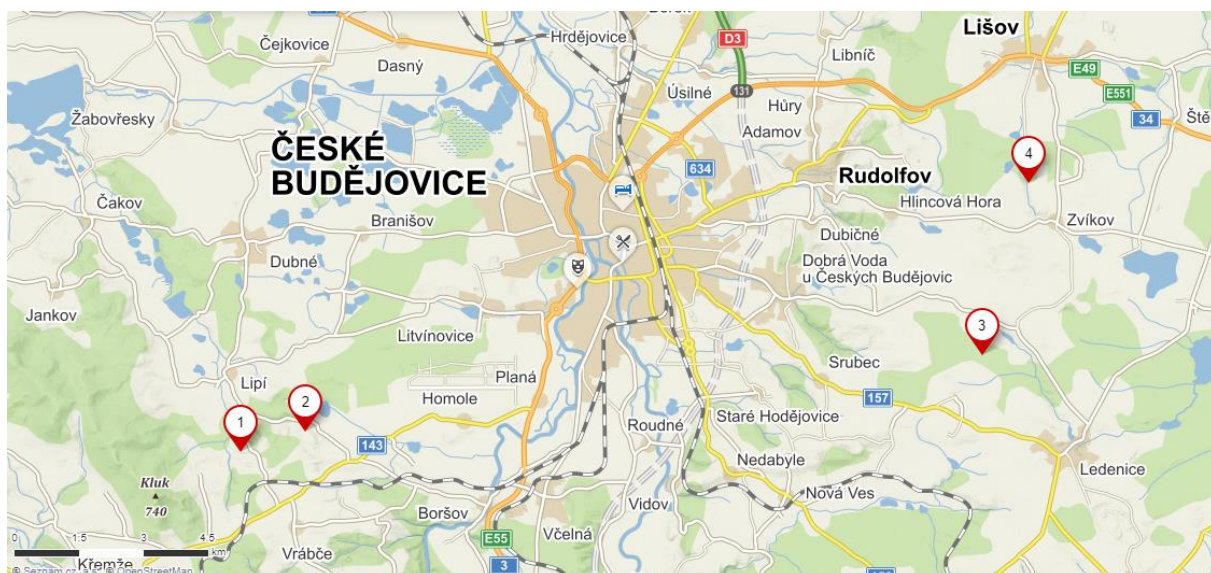
3.2 Výhoda domácího prostředí na klíčivost semen

Pro otestování vlivu výhody domácího prostředí na klíčivost semen jsme provedli terénní vysévací experiment s třemi druhy rostlin ze čtyřech zdrojových lokalit a z komerčního prodeje (polní botanická zahrada *Planta naturalis*).

Nomenklatura názvů rostlin je v práci sjednocena dle Klíče ke květeně České republiky (Kaplan et al. 2019).

3.2.1 Popis lokalit

Terénní část pokusu byla prováděna na čtyřech lokalitách seřazených na gradientu vlhkosti od nejsušší lokality po nejvlhčí (Hradce, Závraty, Zvíkov, Ohrazení (Obrázek 1)).



Obrázek 1: Mapa s body značící jednotlivé výzkumné plochy (zdroj: mapy.cz, staženo 29.11.2018 1. Hradce, 2. Závraty, 3. Ohrazení, 4. Zvíkov)

Hradce

Tato lokalita se nachází v katastrálním území Hradce u Homol asi 150 m západně od tábořiště letního dětského tábora a 950 m severozápadně od železniční zastávky Hradce. Jedná se o soukromý pozemek s adresou Hradce, ev. č. 6. Od Českých Budějovic je výzkumná plocha vzdálená necelých 14 km jihozápadně. Přesné souřadnice jsou $48^{\circ} 55' 58''$ severní šířky a $14^{\circ} 21' 24''$ východní délky. Jedná se o suchou louku ležící v nadmořské výšce 482 m n. m. (zdroj: mapy.cz, staženo 25.10.2020). Podloží je tvořeno usměrněným a žilným granitem až tonalitovým porfyritem (zdroj geology.cz, staženo 25.10.2020), jehož půdním pokryvem je kyselá kambizem (zdroj: geoportal.gov.cz, staženo 11.11.2020). Průměrná teplota za rok 2019 byla $9,8^{\circ}\text{C}$. Hodnoty byly spočteny dle nadmořské výšky odvozených průměrných měsíčních teplot pro dané roky ze stanice Českého hydrometeorologického ústavu v Českých Budějovicích. Úhrn srážek za rok 2019 byl 662,0 mm. Tyto údaje jsme převzali od Českého hydrometeorologického ústavu v Českých Budějovicích ze srážkoměrné stanice v obci Křemže, Mříč, která se nachází necelých 3,5 km od lokality Hradce. Tato lokalita se fytoecologicky řadí do třídy *Molinio-Arrhenatheretea* svazu *Arrhenatherion elatioris* asociace *Poo-Trisetetum* varianty *Arrhenatherum elatius* (zjištěno na základě provedených fytoecologických snímků na dané lokalitě za pomoci databáze Pladias – databáze české flóry a vegetace. www.pladias.cz, staženo 9.11.2020). Z trav zde dominuje především *Festuca rubra*

agg. Dalšími vyskytujícími se druhy jsou *Anthoxanthum odoratum*, *Holcus lanatus*, *Alopecurus pratensis*, *Arrhenatherum elatius*, *Dactylis glomerata*, *Trisetum flavescens*, *Helictotrichon pubescens*, *Phleum pratense*, *Lolium perenne* a *Agrostis capilaris*. Z čeledi sítinovitých zde lze najít druh *Luzula campestris* agg. Z dvouděložných rostlin tu dominuje *Pilosella officinarum* a *Potentilla verna*, dále se na této lokalitě nachází *Achillea millefolium* agg., *Campanula patula*, *Knautia arvensis*, *Leontodon hispidus*, *Euphorbia cyparissias*, *Leucanthemum vulgare* agg., *Hypericum perforatum*, *Dianthus deltoides*, *Echium vulgare*, *Viscaria vulgaris*, *Plantago lanceolata*, *Rumex acetosella*, *Scleranthus perennis*, *Potentilla argentea*, *Selinum carvifolia* či *Thymus pulegioides*.

Hranici severní části louky tvoří příjezdová cesta. Na východ i západ jsou vesnická stavení. Jižně a jihovýchodně se nachází smrkový les o nevelké rozloze s protékajícím potokem. Louka má relativně vysoký sklon (cca 15 %) směřovaný k jihu, který umožňuje rychlejší odtok vody a dlouhou sluneční expozici, díky tomu si lokalita udržuje semixerotermní až xerotermní vlastnosti. Louka je pravidelně sečena dvakrát ročně v polovině června a října.

Závraty

Lokalita Závraty se nachází na katastrálním území stejnojmenné obce asi 300 m jihozápadně od obecního úřadu a téměř 1,5 km severovýchodně od železniční zastávky Hradce. Od Českých Budějovic je výzkumná plocha vzdálená necelých 8 km jihozápadně. Přesné souřadnice jsou 48° 56' 13'' severní šířky a 14° 22' 38'' východní délky. Jedná se o suchou louku ležící v nadmořské výšce 472 m n. m. (zdroj: mapy.cz, staženo 25.10.2020). Podloží je tvořeno místy slabě migmatizovanou pararulou (zdroj: geology.cz, staženo 25.10.2020), jehož půdním pokryvem je kyselá kambizem (zdroj: geoportal.gov.cz, staženo 11.11.2020). Průměrná teplota za rok 2019 byla 9,9 °C. Hodnoty byly spočteny dle nadmořské výšky odvozených průměrných měsíčních teplot pro dané roky ze stanice Českého hydrometeorologického ústavu v Českých Budějovicích. Úhrn srážek za rok 2019 byl 656,2 mm. Tyto údaje jsme převzali od Českého hydrometeorologického ústavu v Českých Budějovicích ze srážkoměrné stanice v obci Křemže, Mříč, která se nachází necelých 4,8 km od lokality Závraty. Tato lokalita se fytoocenologicky řadí do třídy *Molinio-Arrhenatheretea* svazu *Arrhenatherion elatioris* asociace *Ranunculo bulbosi-Arrhenatheretum elatioris* (zjištěno na základě provedených fytoocenologických

snímků na dané lokalitě za pomoci databáze Pladias – databáze české flóry a vegetace. www.pladias.cz, staženo 9.11.2020). Z trav zde dominuje především *Arrhenatherum elatius*, *Trisetum flavescens*, *Holcus lanatus* a *Agrostis stolonifera*. Dalšími vyskytujícími se druhy jsou *Anthoxanthum odoratum*, *Alopecurus pratensis*, *Dactylis glomerata*, *Helictotrichon pubescens*, *Deschampsia cespitosa*, *Phleum pratense*, *Festuca rubra* agg. *Poa trivialis* a *Poa pratensis* agg. Z čeledi sítinovité zde lze najít druh *Luzula campestris* agg. Z dvouděložných rostlin tu dominuje *Euphorbia cyparissias*, *Knautia arvensis*, *Plantago lanceolata* a *Leontodon hispidus*, dále se na této lokalitě nachází *Achillea millefolium* agg., *Campanula patula*, *Alchemilla* sp., *Cerastium holosteoides*, *Crepis biennis*, *Daucus carota*, *Helianthemum grandiflorum*, *Galium verum*, *Viola canina*, *Lotus corniculatus*, *Medicago lupulina*, *Leucanthemum vulgare* agg., *Hypericum perforatum*, *Dianthus deltoides*, *Pimpinella major*, *Potentilla verna*, *Rumex acetosa*, *Rumex acetosella*, *Ranunculus bulbosus*, *Ranunculus acris*, *Stellaria graminea*, *Rhinanthus minor*, *Trifolium dubium*, *Trifolium pratense*, *Trifolium repens*, *Veronica chamaedris*, *Vicia cracca* nebo *Pilosella officinarum*.

Severně až po jihozápad od louky se nachází smíšený les s výskytem dubů, borovic a smrků. Z druhé strany, tj od jihu až po severovýchod, dělí od pole polní cesta táhnoucí se od železniční zastávky Hradce až do obce Závraty. Louka má malý sklon, ale propustné podloží, a není z jihovýchodu zastíněna, tudíž je vystavena dlouhé sluneční expozici. Tyto faktory umožňují udržení semixerotermních vlastností lokality. Dále je louka vystavena živinám, které jsou sem splachovány ze sousedního pole, ale vliv pravděpodobně nebude, díky malému sklonu a polní cestě, příliš velký. Louka je pravidelně sečena dvakrát ročně v polovině června a října.

Zvíkov

Tato lokalita se nachází v katastrálním území Zvíkov u Lišova asi 1,2 km severozápadně od tvrze Zvíkov a 700 m východně od fotovoltaické elektrárny Zvíkov. Od Českých Budějovic je výzkumná plocha vzdálená okolo 11 km východně a z Lišova necelé 4 km jižně. Přesné souřadnice jsou 48° 59' 19'' severní šířky a 14° 36' 29'' východní délky. Jedná se o vlhkou louku ležící v nadmořské výšce 508 m n. m. (zdroj: mapy.cz, staženo 25.10.2020). Půda je modální pseudoglej se substrátem tvořeným z polygenetických hlín a glaciálními uloženinami (zdroj: geoportal.gov.cz, staženo 11.11.2020) s granulitovým podložím. (zdroj geology.cz,

staženo 25.10.2020). Průměrná teplota za rok 2019 byla 9,6 °C. Hodnoty byly spočteny dle nadmořské výšky odvozených průměrných měsíčních teplot pro dané roky ze stanice Českého hydrometeorologického ústavu v Českých Budějovicích. Úhrn srážek za rok 2019 byl 648,7 mm. Tyto údaje jsme převzali od Českého hydrometeorologického ústavu v Českých Budějovicích ze srážkoměrné stanice v obci Rudolfov, Jivno, která se nachází necelé 3 km od lokality Zvíkov. Tato lokalita se fytoocenologicky řadí do třídy *Molinio-Arrhenatheretea* svazu *Arrhenatherion elatioris* asociace *Poo-Trisetum* varianty *Sanguisorba officinalis* (zjištěno na základě provedených fytoocenologických snímků na dané lokalitě za pomoci databáze Pladias – databáze české flóry a vegetace. www.pladias.cz, staženo 9.11.2020). Z trav zde dominuje především *Deschampsia cespitosa*, *Holcus lanatus* a *Festuca rubra* agg. Dalšími vyskytujícími se druhy jsou *Agrostis capilaris*, *Agrostis stolonifera*, *Anthoxanthum odoratum*, *Alopecurus pratensis*, *Arrhenatherum elatius*, *Poa pratensis* agg., *Dactylis glomerata*, *Trisetum flavescens*, *Cynosurus cristatus*, *Phleum pratense*, *Briza media*, *Helictotrichon pubescens* a *Poa trivialis*. Z čeledi sítinovité zde lze najít druh *Luzula campestris* agg. a z čeledi šáchorovité *Carex hirta*. Z dvouděložných rostlin tu dominuje *Betonica officinalis*, *Galium verum* a *Alchillea millefolium* agg., dále se na této lokalitě nachází *Alchemilla* sp., *Campanula patula*, *Campanula rotundifolia*, *Knautia arvensis*, *Centaurea jacea*, *Clinopodium vulgare*, *Leontodon hispidus*, *Cirsium arvense*, *Trifolium pratense*, *Hypericum maculatum*, *Dianthus deltoides*, *Veronica chamaedris*, *Lathyrus pratensis*, *Glechoma hederacea*, *Galium album*, *Plantago lanceolata*, *Pimpinella major*, *Rumex acetosella*, *Lychnis flos-cuculi*, *Selinum carvifolia* či *Sanguisorba officinalis*. Z rostlin výtrusných se zde vyskytuje *Equisetum arvense*.

Severní a jižní části louky jsou ohraničeny lesním porostem. Na východní hranici tvoří údolíčko Miletínského potoka a na západ louka přechází do pole. Louka má poměrně vysoký sklon směřovaný k západu (tedy do údolíčka), který sice umožňuje rychlejší odtok vody, ale není vystaven silné sluneční expozici. Vlhkost lokality pravděpodobně způsobuje i nepropustné podloží v kombinaci s okolo protékajícím Miletínským potokem, lesními bažinkami a blízko vyskytujícími se rybníky, hlavně tedy Podlišovský rybník a Vortínovec, ale vliv by mohly mít i ty vzdálenější jako rybník Ťulpa, Hvozdecký, Smíchovský či Koníř. Díky těmto

faktorů se na lokalitě udržuje vlhčí klima. Z vedlejšího pole může docházet ke splachům živin. Louka je pravidelně sečena dvakrát ročně v polovině června a října.

Ohrazení

Lokalita Ohrazení se nachází na katastrálním území stejnojmenné obce patřící pod katastrální správu městyse Ledenice, a to necelých 1,1 km severovýchodně od návesní kaple sv. Petra a Pavla a 1 km jihozápadně od kaple sv. Václava v obci Zaliny, též patřící pod katastrální správu městyse Ledenice. Od Českých Budějovic je výzkumná plocha vzdálená necelých 9 km východně až jihovýchodně. Přesné souřadnice jsou 48° 57' 11'' severní šířky a 14° 35' 36'' východní délky. Jedná se o podmáčenou louku ležící v nadmořské výšce 515 m n. m. (zdroj: mapy.cz, staženo 11.11.2020). Půdou je kyselá oglejená kambizem (zdroj: geoportal.gov.cz, staženo 11.11.2020) s podložím tvořeném místy slabě migmatizovanou pararulou (zdroj: geology.cz, staženo 11.11.2020). Průměrná teplota za rok 2019 byla 9,4 °C. Hodnoty byly spočteny dle nadmořské výšky odvozených průměrných měsíčních teplot pro dané roky ze stanice Českého hydrometeorologického ústavu v Českých Budějovicích. Úhrn srážek za rok 2019 byl 657,5 mm. Tyto údaje jsme převzali od Českého hydrometeorologického ústavu v Českých Budějovicích ze srážkoměrné stanice v obci Ledenice, Vrcov, která se nachází 6,5 km jihovýchodně od lokality Ohrazení. Tato lokalita se fytoocenologicky řadí do třídy *Molinio-Arrhenatheretea* svazu *Molinion caeruleae* asociace *Junco effusi-Molinetum* (zjištěno na základě provedených fytoocenologických snímků na dané lokalitě za pomoci databáze Pladias – databáze české flóry a vegetace. www.pladias.cz, staženo 11.11.2020). Z trav zde dominuje především *Molinia caerulea*, *Deschampsia cespitosa*, *Holcus lanatus*, *Briza media* a *Anthoxanthum odoratum*. Dalšími vyskytujícími se druhy jsou *Agrostis canina*, *Agrostis stolonifera*, *Cynosurus cristatus*, *Helictotrichon pubescens*, *Danthonia decumbens*, *Phleum pratense*, *Festuca rubra* agg., *Festuca pratensis* a *Trisetum flavescens*. Z čeledi sítinovité zde lze najít druh *Luzula multiflora* a *Juncus effusus*, zatímco z čeledi šáchorovité pak *Carex hirta*, *Carex davaliana*, *Carex nigra*, *Carex pilulifera* a *Carex panicea*. Z dvouděložných rostlin tu dominuje *Cirsium palustre*, *Lysimachia vulgaris*, *Sanguisorba officinalis*, *Selinum carviflora*, *Plantago lanceolata* a *Ranunculus nemorosus*, dále se na této lokalitě nachází *Achillea ptarmica*, *Lychnis flos-cuculi*, *Cardamine pratensis*, *Betonica officinalis*, *Alchemilla* sp., *Cerastium holosteoides*, *Ajuga reptans*, *Galium boreale*, *Galium aparine*, *Galium uliginosum*,

Lathyrus pratensis, *Epilobium palustre*, *Prunella vulgaris*, *Galium verum*, *Viola canina*, *Scorzonera humilis*, *Stellaria graminea*, *Centaurea jacea*, *Lycopus europeus*, *Mentha arvensis*, *Angelica sylvestris*, *Potentilla erecta*, *Rumex acetosa*, *Myosotis palustris* agg., *Aegopodium podagraria*, *Ranunculus acris*, *Leontodon hispidus*, *Trifolium arvense*, *Trifolium repens*, *Veronica chamaedris*, *Cytisus scoparius*, *Dianthus deltoides* nebo *Succisa pratensis*. Z rostlin výtrusných se zde vyskytuje *Equisetum arvense*.

Na jihozápadě louka přechází v pole, jinak je dokola obklopena smíšeným lesem smrků, bříz, topolů a borovic, který na severovýchodě získává velmi podmáčený charakter, a to díky prameništi dvou potoků, vlévajících se do Spolského potoka, a Pazdernického rybníka. Louka má malý sklon, a protože se zde vyskytují půdy glejovitého charakteru je možné soudit, že hladina podzemní vody neleží příliš hluboko, a tudíž velice dobře vzlíná. Zároveň je lokalita relativně dobře zastíněna lesním porostem a není vystavena tak dlouhé sluneční expozici. Tyto faktory umožňují udržení humózních vlastností lokality. Dále je louka vystavena živinám splachovaným ze sousedního pole, což může mít vliv, ačkoliv výzkumné plochy jsme umístili poměrně daleko od kraje této intenzivně využívané zemědělské plochy. Louka je pravidelně sečena dvakrát ročně v polovině června a října, ale severní část je ponechána ladem, tudíž zde dochází k zarůstání náletovými dřevinami jako jsou *Betula pendula*, *Salix* sp., *Populus tremula* a *Populus* sp., ale i *Picea abies*.

Pro získání přehledu o vegetačním složení jednotlivých lokalit jsme uskutečnili fytoocenologické snímkování lučních společenstev, a to dvakrát na všech vybraných lokalitách. Snímkování proběhlo 12.7.2018 na Hradcích, 30.6.2018 na Závratech, 30.6.2018 a 1.7.2018 na Zvíkově, 7.6.2018 a 15.6.2018 na Ohrazení. Každá snímkováná plocha měla 2×2 m a byla umístěna na lokalitě náhodně, ale tak, aby vzdálenost mezi jednotlivými snímky byla alespoň 10 m. Poté jsme fytoocenologické snímky využili pro zjištění vegetačního typu každé lokality za pomoci databáze Pladias (Pladias – databáze české flóry a vegetace. www.pladias.cz).

3.2.2 Design terénního pokusu

Klíčivost semen v terénu jsme chtěli otestovat na jedenácti vybraných druzích (*Alopecurus pratensis*, *Anthoxanthum odoratum*, *Helictotrichon pubescens*, *Campanula patula*, *Festuca rubra*, *Holcus lanatus*, *Leontodon hispidus*, *Leucanthemum ircutianum*, *Plantago lanceolata*, *Rumex acetosa* a *Saxifraga granulata*), kde alespoň některé jsou společné pro většinu vybraných lokalit. Semena vybraných druhů jsme sbírali na všech lokalitách v rozmezí od poloviny června do konce srpna roku 2019. Nasbíraná semena jsme uskladnili při pokojové teplotě. Pro terénní experiment jsme však nakonec použili pouze tři druhy (*Anthoxanthum odoratum*, *Holcus lanatus* a *Campanula patula*), protože semena ostatních druhů se nám nepodařilo nasbírat v dostatečném množství. Kromě semen nasbíraných přímo na jednotlivých lokalitách jsme také použili semena objednaná z obchodu Planta naturalis, který je častým zdrojem semen používaných v experimentech (např. Vítová et Lepš 2011, Švamberská et al., 2017, Švamberská et Lepš 2020), a proto jsme klíčivost semen z tohoto zdroje chtěli porovnat s klíčivostí semen nasbíraných přímo na lokalitách. Druh *Campanula patula*, jenž nebyl na Ohrazení v takovém zastoupení, aby bylo shromážděno dostatečné množství semen, stejně jako nebyl tento druh k dispozici z obchodu Planta naturalis, jsme přesto použili ve výsevu.

Na každé z lokalit jsme vytvořili pomocí otáčení drnů výzkumné plochy o 56 porostních mezerách. Rozměr každé porostní mezery činil 30×30 cm (Obrázek 2). Čtyři řady porostních mezer, kdy každá řada představovala jedno opakování, byly od sebe vzdálené natolik, aby bylo možné počítání vyklíčených semen a nedošlo k poškození vedlejší řady, tj. cca 100 cm. (Obrázek 3). Do těchto porostních mezer jsme vyseli dne 19.12.2018 nasbíraná semena oněch tří druhů (*Anthoxanthum odoratum*, *Holcus lanatus* a *Campanula patula*) ze všech zdrojových lokalit, tj. z domácí lokality, tří ostatních lokalit a zakoupená semena z polní botanické zahrady Planta naturalis ve čtyřech replikacích a po 100 kusech od každého druhu na jednu porostní mezeru. Každý druh z příslušného zdroje byl vyset do své vlastní porostní mezery. Zároveň byly zanechány kontrolní porostní mezery, kam jsme semena nevyseli, jelikož bylo nutné zjistit, zda-li klíčila semena ze semenné banky lokality a v jakém množství (Obrázek 4). V průběhu roku došlo ke čtyřem

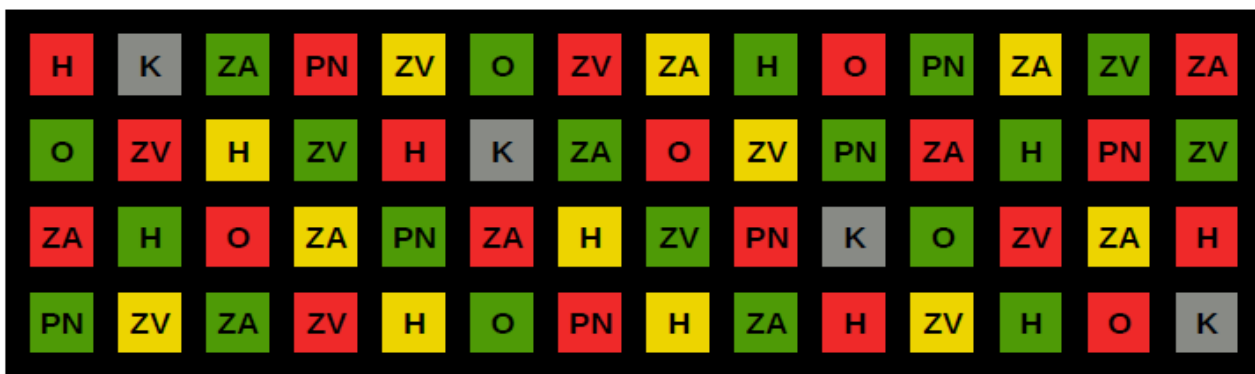
záznamům počtu vyklíčených semen na výzkumných plochách (30.4.2019, 2.6.2019, 21.6.2019 a 28.10.2019).



Obrázek 2: Porostní mezera se čtvercem 30 x 30 cm.



Obrázek 3: Příklad výzkumné plochy (Ohrazení)



Obrázek 4: Schéma výzkumných ploch na jedné lokalitě.

(Barvy znázorňují vyšetřovaný druh: zelená - *Holcus lanatus*, žlutá - *Campanula patula*, červená - *Anthoxanthum odoratum*, šedá – kontrola; písmena označují, odkud použité semeno pocházejí: H – Hradce, O – Ohrazení, ZA – Závraty, ZV – Zvíkov, K - kontrola)

3.3 Statistické zpracování dat

3.3.1 Klíčení druhů a dynamika klíčení

Pro sledování závislosti mezi vyklíčenými a nevyklíčenými semeny vybraných druhů po jednotlivých zásazích jsme použili dvourozměrných kontingenčních tabulek se součty vyklíčených semen obou opakování. Analýzu dat pro každý druh jsme provedli pomocí programu RStudio (verze 1.4.1106) (RStudio 2021) a R (verze 4.0.4) (The R Foundation for Statistical Computing 2021) za použití zobecněného lineárního modelu s předpokládanou Poissonovou distribucí, kdy jsme testovali průkaznost vlivu interakce klíčení druhu a zásahu (tj. typ stratifikace) na počet vyklíčených semen.

Data pro dynamiku klíčení jsme porovnávali v programu LibreOffice Calc (verze 6.0.0) (The Document Foundation 2018). Rychlost klíčivosti jednotlivých druhů byla stanovena na základě doby, kdy vyklíčila právě polovina ze všech vyklíčených semen jednoho druhu pro jeden zákrok (Koutecká a Lepš, 2009).

3.3.2 Výhoda domácího prostředí na klíčivost semen

K analýze dat z terénního měření jsme užívali program RStudio (verze 1.4.1106) (RStudio 2021) a R (verze 4.0.4) (The R Foundation for Statistical Computing 2021) a jeho funkci pro analýzu dat skrze zobecněné lineární modely s Quasi-Poissonovou distribucí a funkcí log link, kdy jsme testovali vliv lokality, zdroje semen, druhu a jejich dvojných a trojných interakcí na maximální počet vyklíčených semen. Analýzu variance jsme nemohli

použit na základě průkazného Bartlettova testu, což poukazuje na rozdíl mezi variabilitami analyzovaných skupin dat (Lepš a Šmilauer 2016). Obrázky pro všechna data, jednotlivé lokality a jednotlivé druhy jsme vytvořili díky balíčku pro vizualizaci dat “ggplot2“ (The R Foundation for Statistical Computing 2021). Použili jsme pro ně dekadickou logaritmicou transformaci s přičtením hodnoty 0.1 kvůli výskytu nulových hodnot. S výpočty mi pomáhala Eva Švamberková.

4 Výsledky

4.1 Klíčivost druhů a dynamika klíčení

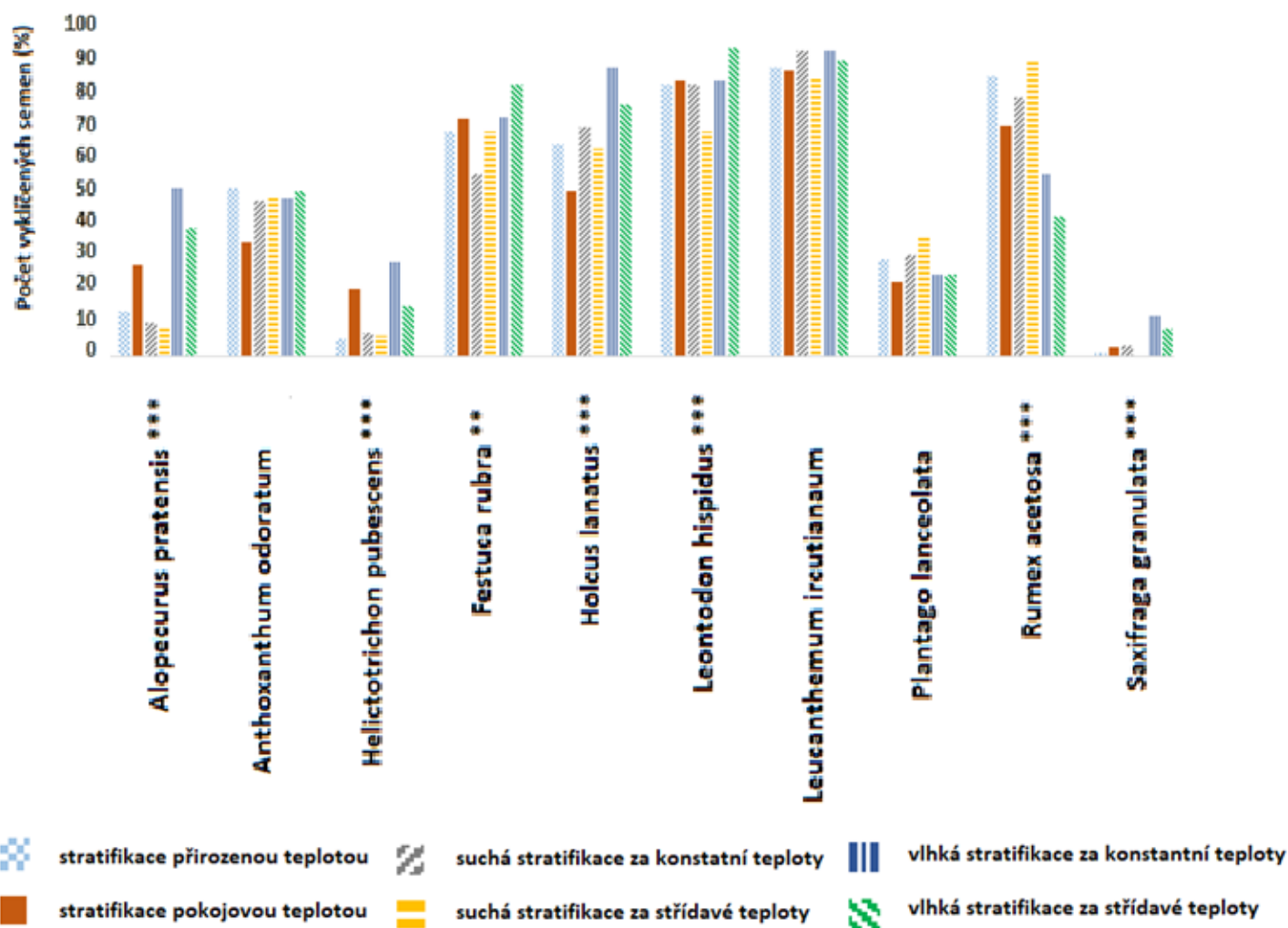
4.1.1 Vliv stratifikace na klíčivost semen

Testovali jsme klíčivost semen jednotlivých druhů po různých typech stratifikace, abychom zjistili, jaký má ona stratifikace vliv na klíčení semen. U většiny testovaných druhů se klíčení semen lišilo vzhledem k typu použité stratifikace (Obrázek 5). Klíčivost se průkazně lišila u druhu *Alopecurus pratensis*, *Helictotrichon pratensis*, *Holcus lanatus*, *Leontodon hispidus*, *Rumex acetosa* a *Saxifraga granulata* (Tabulka 1). Nejméně z průkazných výsledků se klíčení mezi jednotlivými typy stratifikace lišilo u druhu *Festuca rubra*, přesto však i tento výsledek byl vysoce průkazný (Tabulka 1). Klíčivost v rámci jednotlivých zásahů se průkazně nelišila u druhů *Anthoxanthum odoratum*, *Leucanthemum ircutianum* a *Plantago lanceolata* (Tabulka 1).

Když byla semena skladována v přirozené teplotě, klíčilo 86 % semen druhu *Leucanthemum ircutianum* a pro tento druh byly podobné hodnoty i u ostatních zásahů. Zatímco nejméně klíčila semena druhu *Saxifraga granulata* a to 0,93 %, ovšem procentuální hodnoty vyklíčených semen se lišily v závislosti na stratifikaci (viz Obrázek 5).

Tabulka 1: Výsledky analýzy zobecněného lineárního modelu s poissonovou distribucí vlivu interakce klíčení druhu a stratifikace na počet vyklíčených semen v laboratorních podmínkách.

Druh	χ^2	Df	p
<i>Alopecurus pratensis</i>	77,235	5	< 0,001***
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	6,9569	5	0,2239
<i>Helictotrichon pubescens</i>	35,901	5	< 0,001***
<i>Festuca rubra</i>	18,974	5	0,001943 **
<i>Holcus lanatus</i>	37,563	5	< 0,001***
<i>Leontodon hispidus</i>	20,721	5	< 0,001***
<i>Leucanthemum ircutianum</i>	4,8889	5	0,4296
<i>Plantago lanceolata</i>	6,7021	5	0,2438
<i>Rumex acetosa</i>	35,631	5	< 0,001***
<i>Saxifraga granulata</i>	26,843	5	< 0,001***



Obrázek 5: Počet vyklíčených semen po provedených stratifikacích

4.1.2 Dynamika klíčení semen

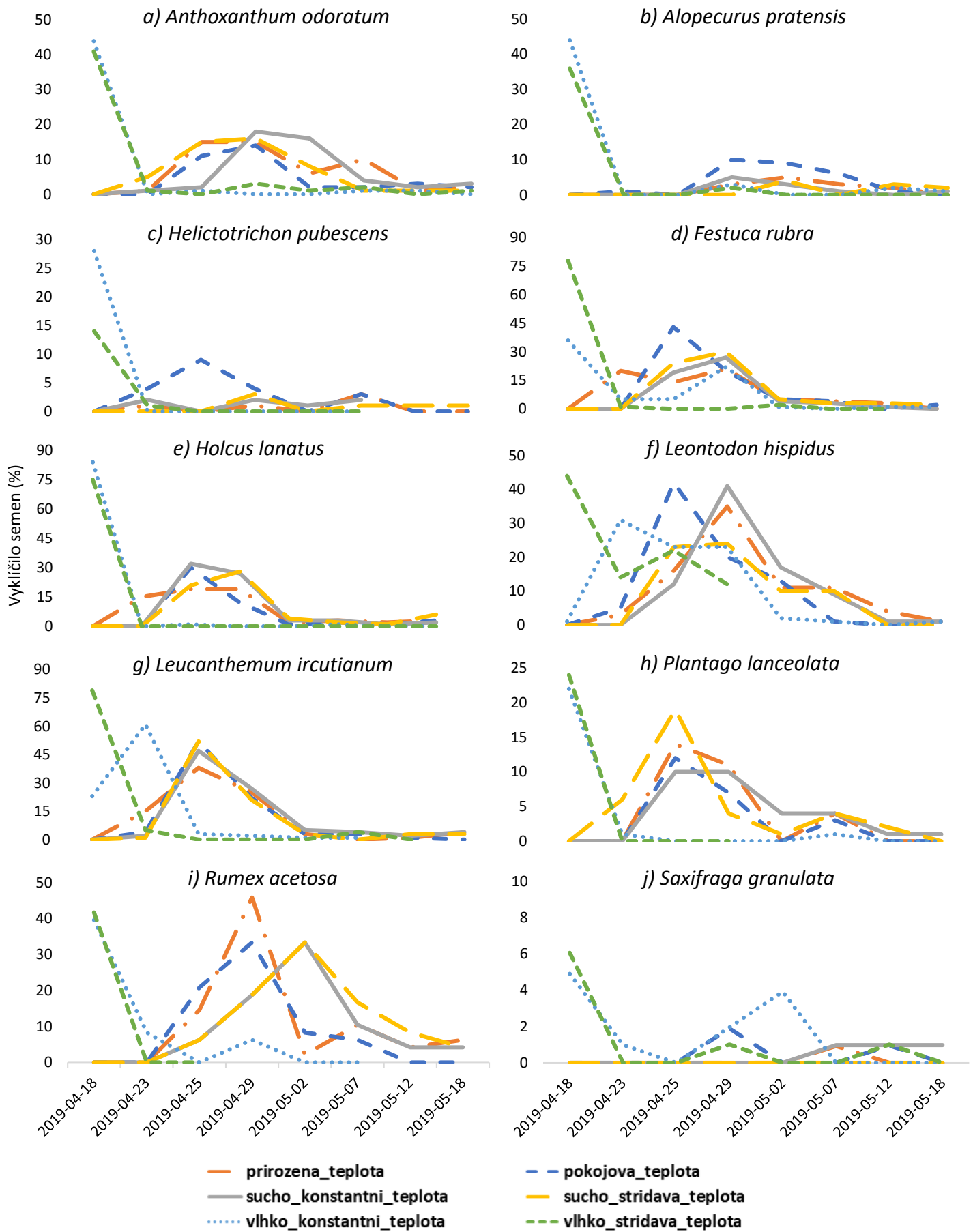
Dynamiku klíčení semen jsme testovali proto, abychom zjistili, zda se vybrané druhy, které mohou běžně koexistovat v rostlinných společenstvech, liší rychlostí klíčení a zda má na rychlost klíčení semen u jednotlivých druhů vliv typ použité stratifikace.

Ukázalo se, že dynamika klíčení jednotlivých druhů byla různá, což poukazuje na rozdíly v nárocích a specifikách pro klíčení. U většiny typů stratifikace nejrychleji klíčil druh *Leucanthemum ircutianum*, zatímco nejhůře *Saxifraga granulata* (Obrázek 6).

U druhu *Leucanthemum ircutianum* došlo k nejrychlejšímu klíčení, neboť po vysetí vyklíčilo více než polovina celkem vyklíčených semen během jednoho týdne. Tento druh nejrychleji klíčil i po všech ostatních suchých stratifikacích a vlhkém zásahu s konstantním udržováním teploty, a to v podobném časovém intervalu. V následujících dnech vyklíčila více než polovina semen i u druhů *Leontodon hispidus*, *Rumex acetosa*, *Festuca rubra* a *Holcus*

lanatus (Obrázek 6) a i tato semena nejrychleji klíčila u všech suchých stratifikací jen s drobnými nuancemi. U druhů *Leontodon hispidus* a *Festuca rubra* byla rychlost klíčení po vlhkém zásahu s konstantní teplotou podobná jako u suchých stratifikací. Nejpomaleji klíčila semena druhu *Saxifraga granulata*, jelikož po devatenácti dnech vyklíčilo pouze jedno semeno a toto semeno bylo i jediné za celou dobu experimentu (Obrázek 6 j). Stejně jako u rychle klíčících druhů bylo téměř pravidlem, že tento druh měl podobné výsledky rychlosti klíčení u suchých stratifikací kromě zásahu přirozenou teplotou, kdy nejpomaleji klíčil druh *Alopecurus pratensis*.

Po vlhkém zásahu se střídavě měnící se teplotou vyklíčila polovina semen jako první u druhu *Leontodon hispidus* a do konce experimentu se toto povedlo již pouze u druhu *Leucanthemum ircutianum*. Po vlhkém chladném zásahu s konstantním udržováním teploty nevyklíčilo do konce experimentu jediné semeno druhu *Helictotrichon pubescens* (Obrázek 6 c). Ke stejné situaci došlo i u druhů *Plantago lanceolata*, *Holcus lanatus* a *Rumex acetosa*, a to u vlhkého zásahu se střídavě měnící se teplotou. Důležité je zmínit, že polovina z vyklíčených semen druhu *Holcus lanatus* (Obrázek 6 e) vyklíčila již při vlhké stratifikaci – při vlhké stratifikaci s konstantní teplotou po uplynutí dvou týdnů a po vlhkém zásahu se střídavě měnící se teplotou po týdnu. K tomuto došlo i u druhů *Leucanthemum ircutianum* a *Festuca rubra*, ale pouze u vlhkého zásahu se střídavě měnící se teplotou. Hodnoty počtu vyklíčených semen druhů, které vyklíčily již během stratifikace jsou zaznamenány pod počátečním datem experimentu (Obrázek 6).



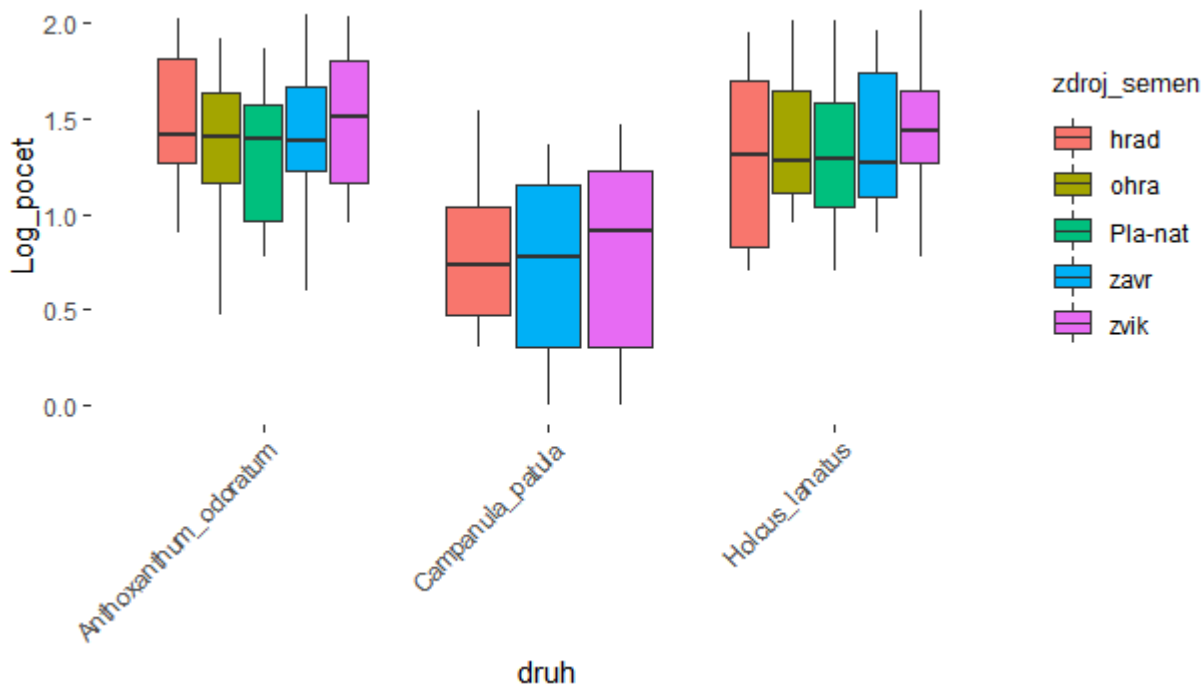
Obrázek 6: Dynamika klíčivosti semen jednotlivých druhů.

4.2 Výhoda domácího prostředí na klíčivost semen

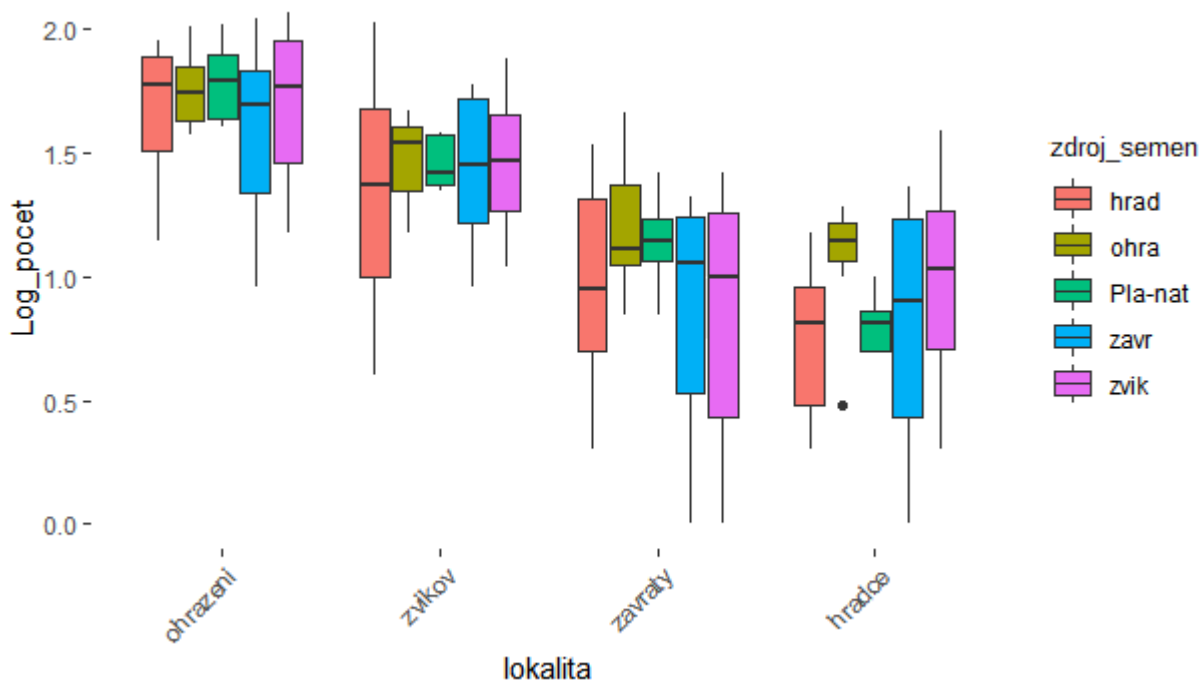
Počet vyklíčených semen v terénu se na základě zobecněného lineárního modelu průkazně lišil mezi lokalitami (Obrázek 8) a mezi druhy (Obrázek 7), ale nikoliv mezi zdroji (Tabulka 2). Nejvhůře klíčil druh *Campanula patula*, zatímco druhy *Anthoxanthum odoratum* a *Holcus lanatus* klíčily srovnatelně (Obrázek 7). Druhy nejlépe klíčily na nejvlhčí lokalitě Ohrazení, dále pak na Zvíkově, a naopak nejhůře na sušších lokalitách Závraty a Hradce (Obrázek 8). Interakce mezi lokalitami a zdroji též nebyla průkazná, stejně jako u interakce mezi lokalitami a druhy, zdroji a druhy, ani interakce mezi lokalitami, zdroji a druhy se nelišily (Tabulka 2).

Tabulka 2: Výsledné hodnoty zobecněného lineárního modelu pro všechny lokality a zdroje semen.

Faktor	Df	Df residual	F	p
lokality	3	204	185,2477	< 0,001***
zdroj semen	4	200	1,4615	0,21655
druh	2	198	108,0038	< 0,001***
lokality*zdroj	12	186	1,2734	0,23934
lokality*druh	6	180	1,9972	0,06921
zdroj*druh	6	174	0,7760	0,58988
lokality*zdroj*druh	18	156	0,7220	0,78488



Obrázek 7: Maximální počet (log z maximálního počtu vyklíčených semen + 0.1) vyklíčených semen jednotlivých druhů z různých zdrojů semen přes všechny lokality.



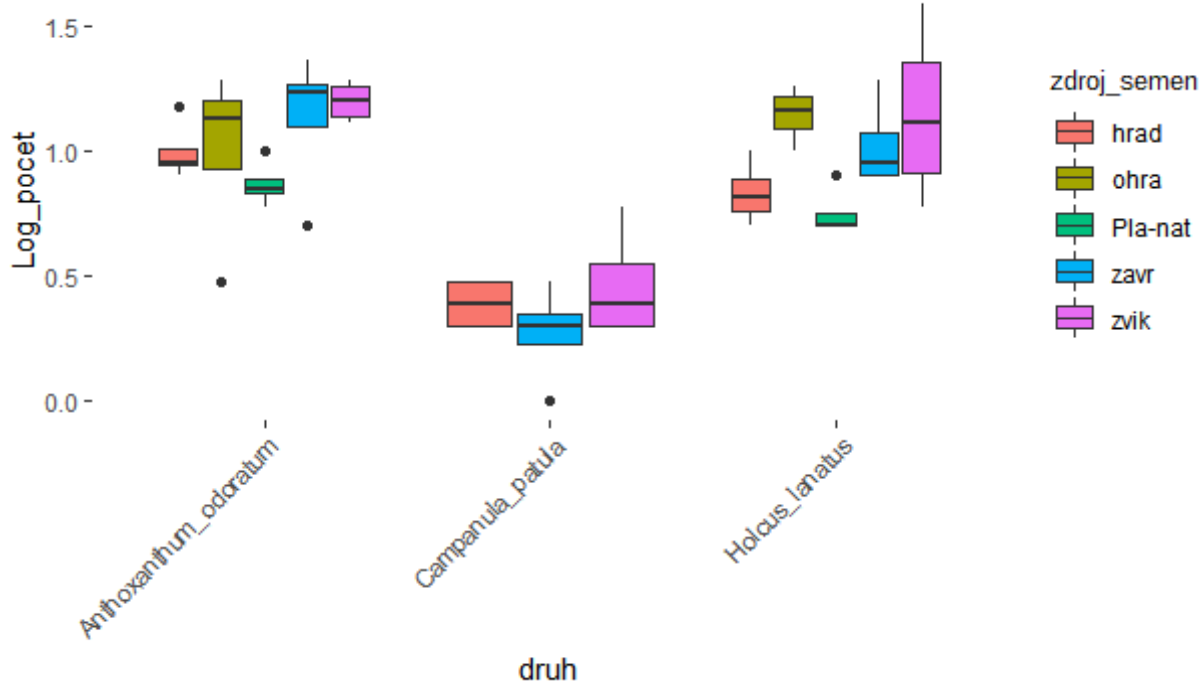
Obrázek 8: Maximální počet vyklíčených semen ($\log z$ maximálního počtu vyklíčených semen + 0.1) na jednotlivých lokalitách z různých zdrojů semen přes všechny druhy.

Protože se klíčení semen průkazně lišilo mezi lokalitami a mezi druhy (Tabulka 2), udělali jsme analýzu nejprve pro každou lokalitu a poté také pro každý druh zvlášť.

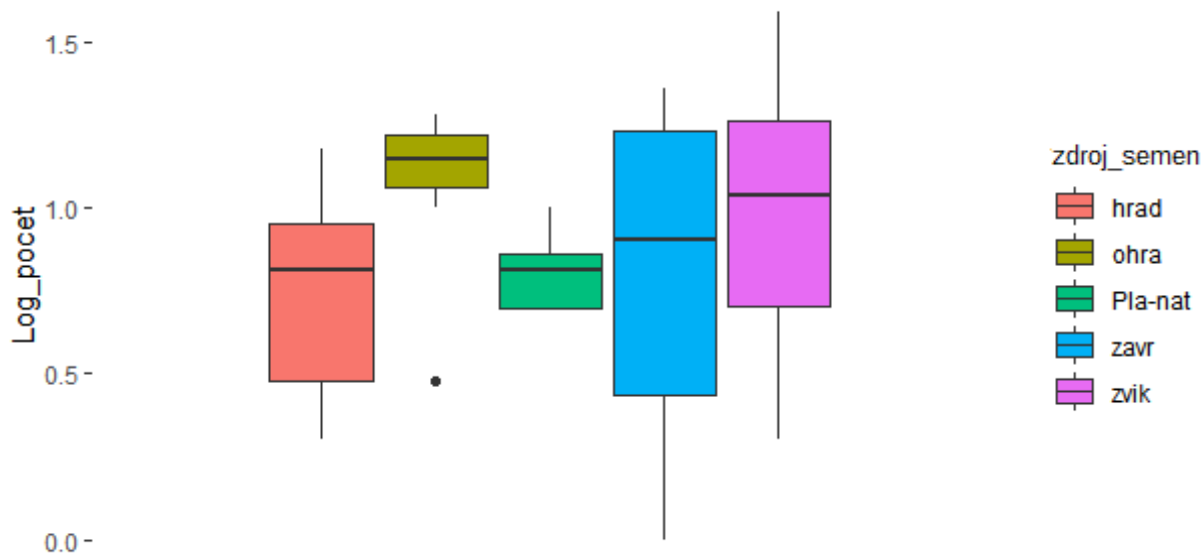
V Hradcích se počet vyklíčených semen průkazně lišil mezi zdrojovými lokalitami (Obrázek 10) a mezi druhy, zatímco na Závratech (Obrázek 12), Ohrazení (Obrázek 14) a Zvíkově (Obrázek 16) pouze mezi druhy. Interakce mezi zdroji a druhy však byla neprůkazná (Tabulka 3). U lokalit Závraty (Tabulka 4), Ohrazení (Tabulka 6) a Zvíkov (Tabulka 5) se počet vyklíčených semen průkazně lišil pouze mezi jednotlivými druhy. Srovnání maximálního počtu vyklíčených semen v rámci druhů a jednotlivých zdrojových lokalit je vyobrazeno viz Obrázek 9, Obrázek 11, Obrázek 13 a Obrázek 15.

Tabulka 3: Výsledné hodnoty zobecněného lineárního modelu pro lokalitu Hradce

Faktor	Df	Df residual	F	p
zdroj	4	47	5,2708	0,001905
druh	2	45	31,1916	< 0,001***
zdroj*druh	6	36	0,7011	0,650479



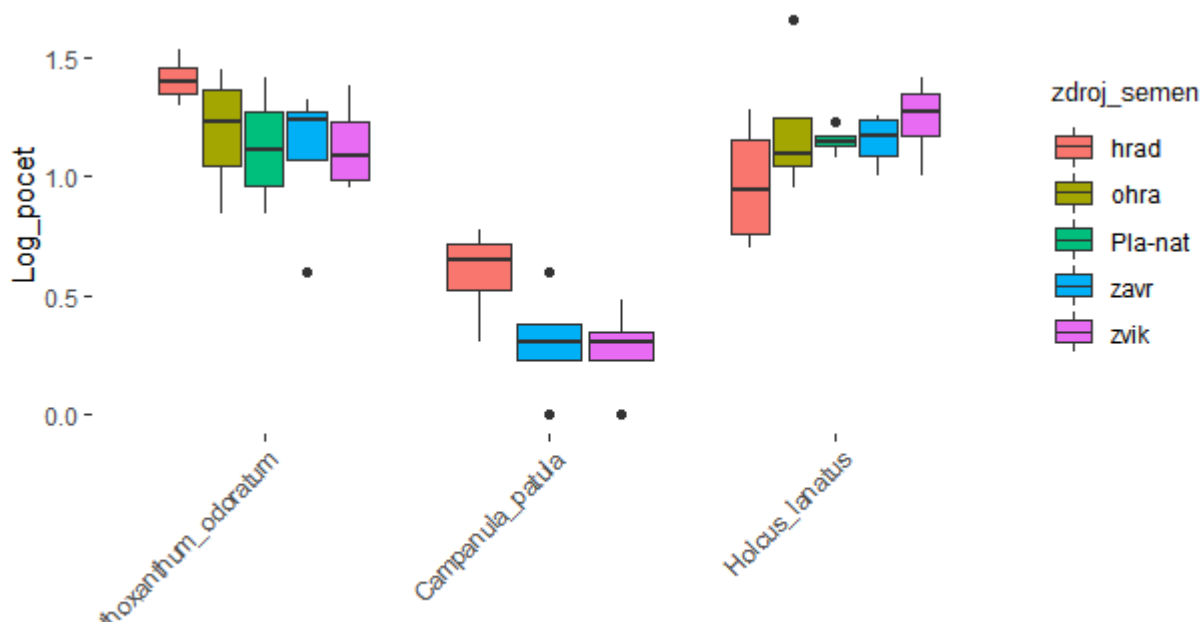
Obrázek 9: Maximální počet ($\log z$ maximálního počtu vyklíčených semen + 0.1) vyklíčených semen v rámci druhů a zdrojů semen na lokalitě Hradce



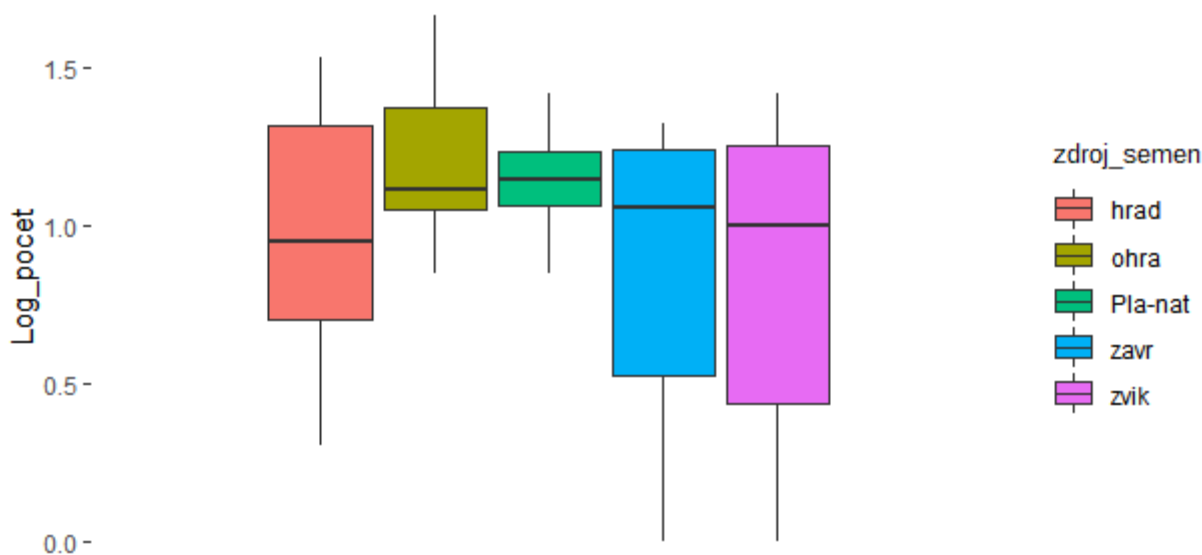
Obrázek 10: Maximální počet ($\log z$ maximálního počtu vyklíčených semen + 0.1) vyklíčených semen v rámci lokality Hradce a zdrojů semen

Tabulka 4: Výsledné hodnoty zobecněného lineárního modelu pro lokalitu Závraty

Faktor	Df	Df residual	F	p
zdroj	4	47	1,9905	0,1168
druh	2	45	25,4981	< 0,001***
zdroj*druh	6	36	1,4968	0,650479



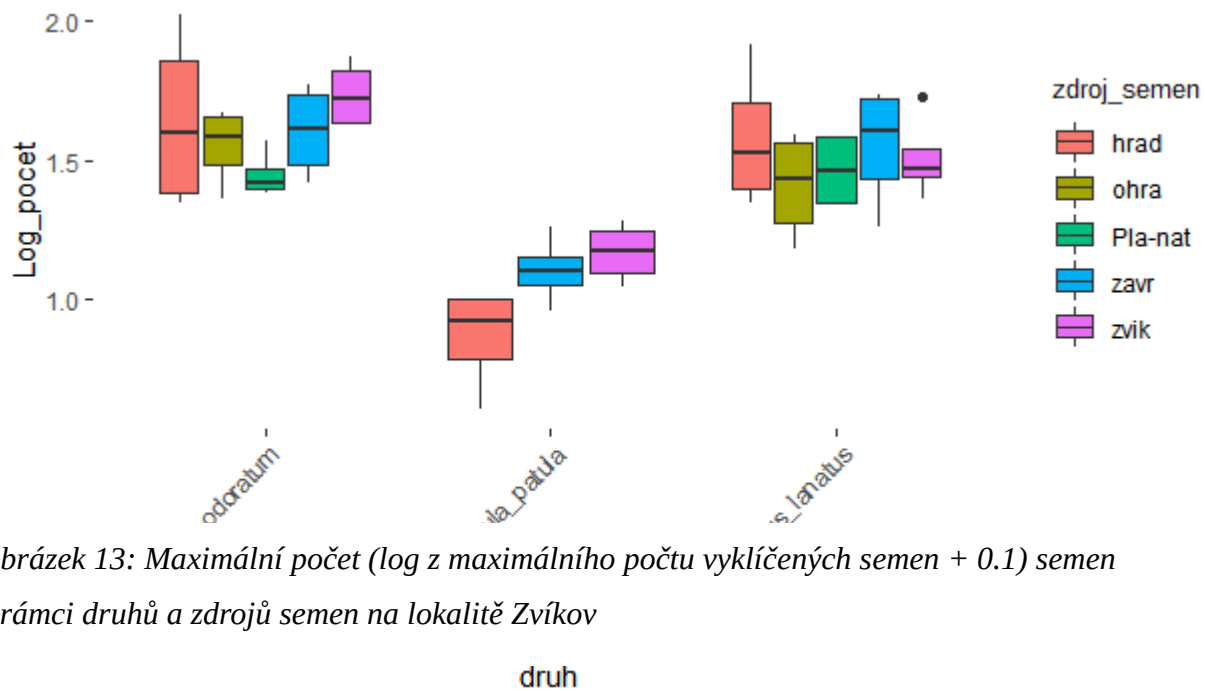
Obrázek 11: Maximální počet (log z maximálního počtu vyklíčených semen + 0.1) semen v rámci druhů a zdrojů semen na lokalitě Závraty



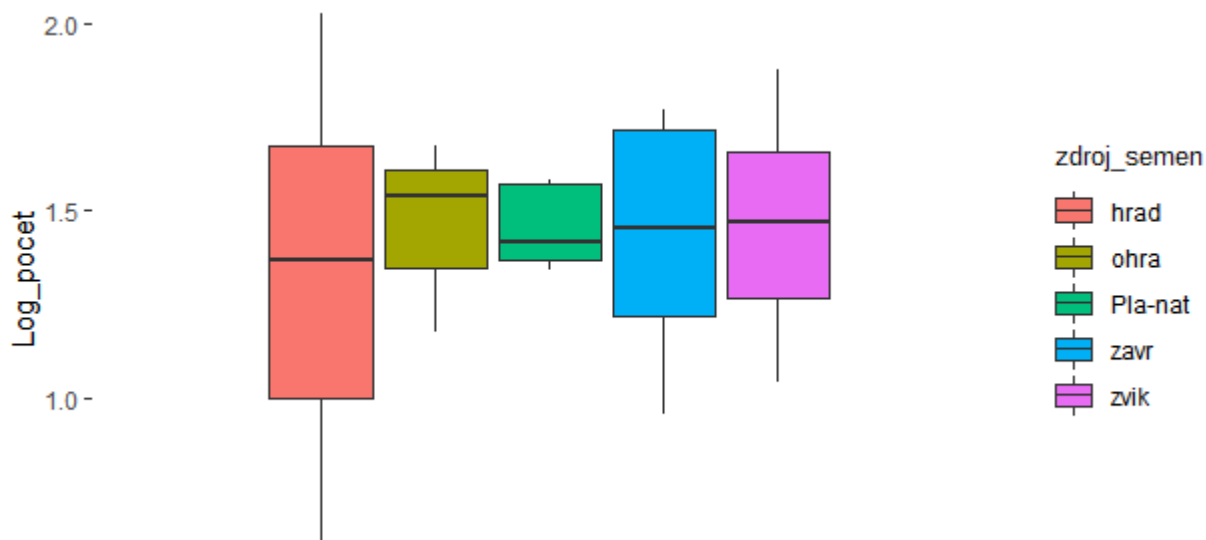
Obrázek 12: Počet vyklíčených (log z maximálního počtu vyklíčených semen + 0.1) semen v rámci lokality Závraty a zdrojů semen

Tabulka 5: Výsledné hodnoty zobecněného lineárního modelu pro lokalitu Zvíkov

Faktor	Df	Df residual	F	p
zdroj	4	47	0,3361	0,85179
druh	2	45	2,6573	< 0,001***
zdroj*druh	6	36	0,7789	0,59192



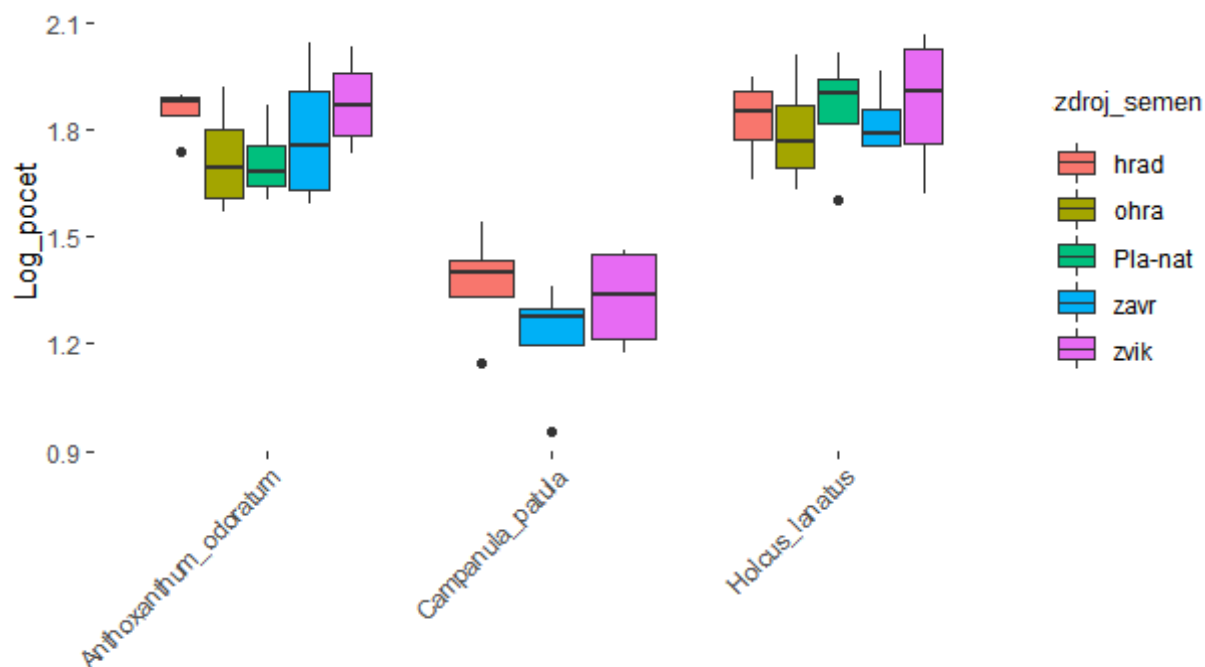
Obrázek 13: Maximální počet (log z maximálního počtu vyklíčených semen + 0.1) semen v rámci druhů a zdrojů semen na lokalitě Zvíkov



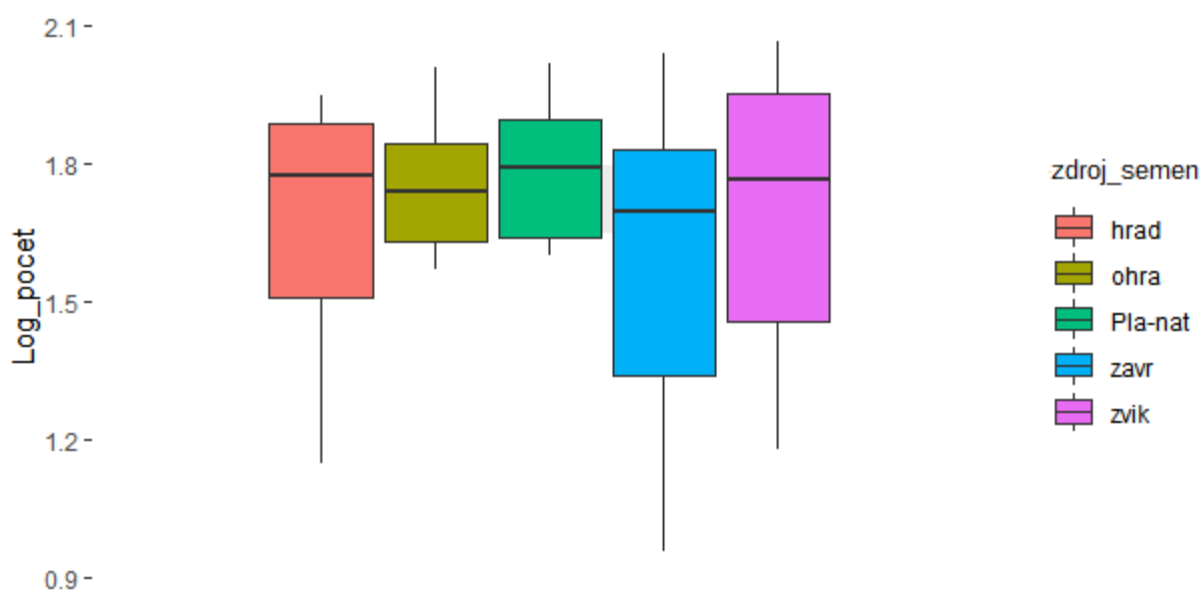
Obrázek 14: Maximální počet (\log z maximálního počtu vyklíčených semen + 0.1) semen v rámci lokality Zvíkov a zdrojů semen

Tabulka 6: Výsledné hodnoty zobecněného lineárního modelu pro lokalitu Ohrazení

Faktor	Df	Df residual	F	p
zdroj	4	47	0,7419	0,5697
druh	2	45	32,1088	< 0,001***
zdroj*druh	6	36	0,4041	0,8714



Obrázek 15: Maximální počet (\log z maximálního počtu vyklíčených semen + 0.1) semen v rámci druhů a zdrojů semen na lokalitě Ohrazení

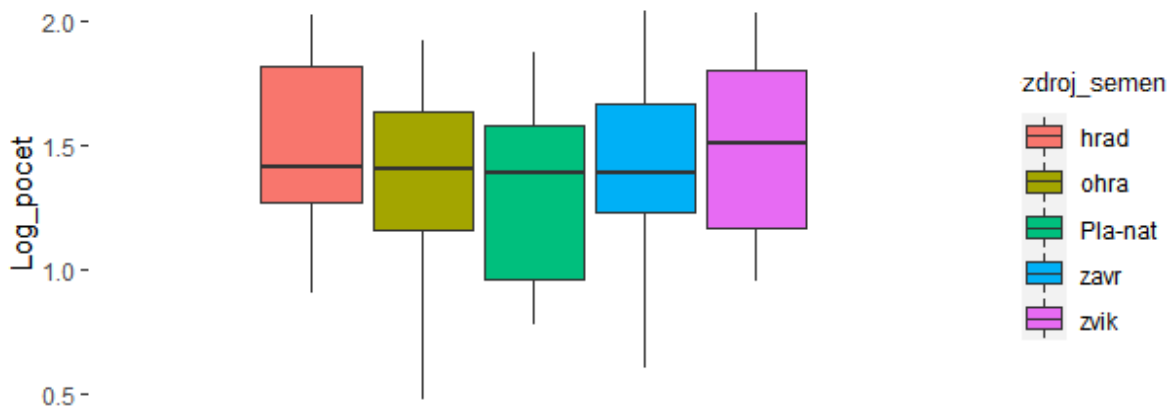


Obrázek 16: Maximální počet (log z maximálního počtu vyklíčených semen + 0.1) semen v rámci lokality Ohrazení a zdrojů semen

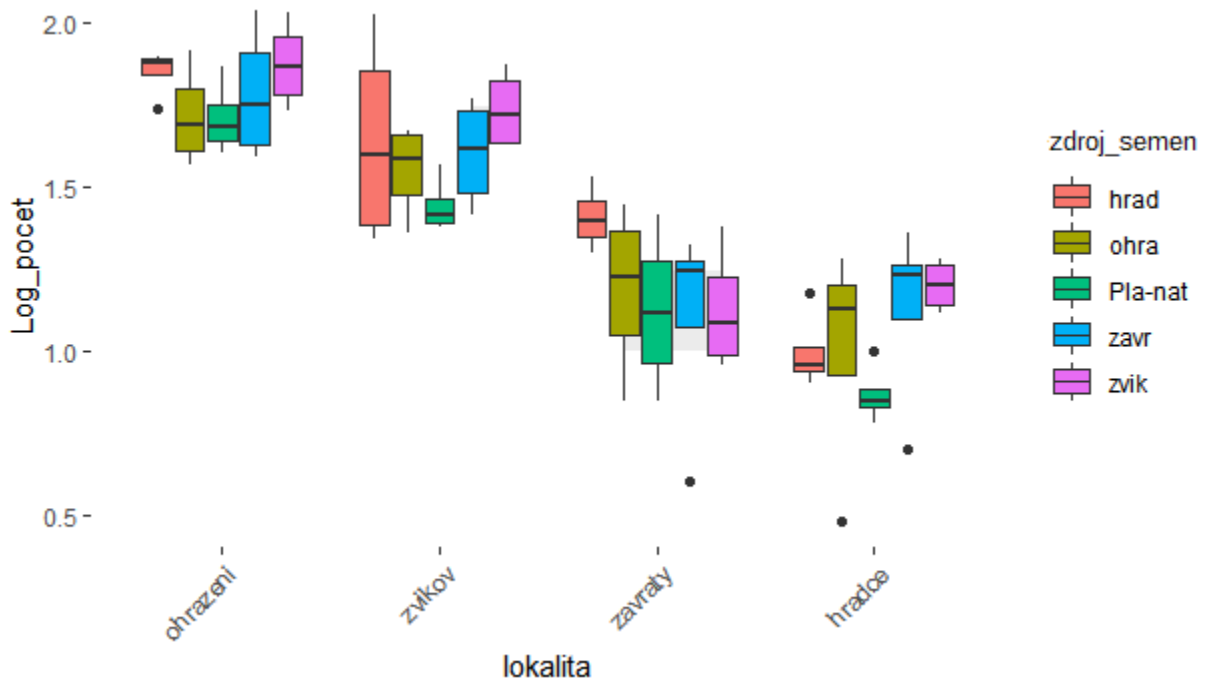
Počet vyklíčených semen u druhu *Anthoxanthum odoratum* se průkazně lišil mezi lokalitami (Obrázek 19) a zdrojem (Obrázek 17), ale nikoliv v rámci interakce mezi lokalitami a zdroji (Obrázek 18) (Tabulka 7). Počet vyklíčených semen druhu *Campanula patula* se průkazně lišil mezi lokalitami (Obrázek 21), ale nikoliv mezi zdroji (Obrázek 20). Interakce mezi lokalitami a zdroji byla průkazná (Obrázek 22) (Tabulka 8). Počet vyklíčených semen u druhu *Holcus lanatus* se průkazně lišil pouze mezi lokalitami (Obrázek 25), ovšem nikoliv mezi zdroji (Obrázek 23) nebo interakcí mezi lokalitami a zdroji (Obrázek 24) (Tabulka 9).

Tabulka 7: Výsledné hodnoty zobecněného lineárního modelu pro druh *Anthoxanthum odoratum*

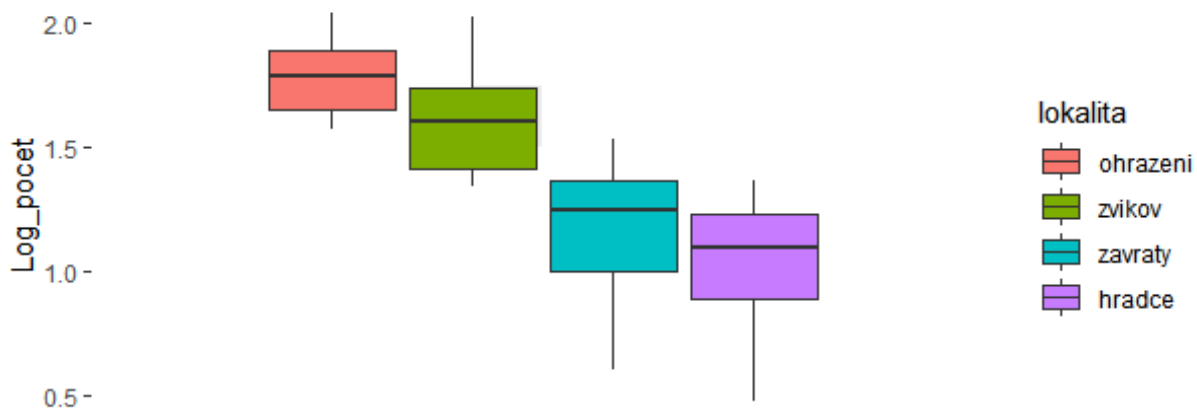
Faktor	Df	Df residual	F	p
lokalita	3	76	64,1998	< 0,001 ***
zdroj	4	72	3,6932	0,009392 **
lokalita*zdroj	12	60	0,5705	0,857078



Obrázek 17: Maximální počet (log z maximálního počtu vyklíčených semen + 0.1) semen druhu *Anthoxanthum odoratum* v rámci zdrojů semen



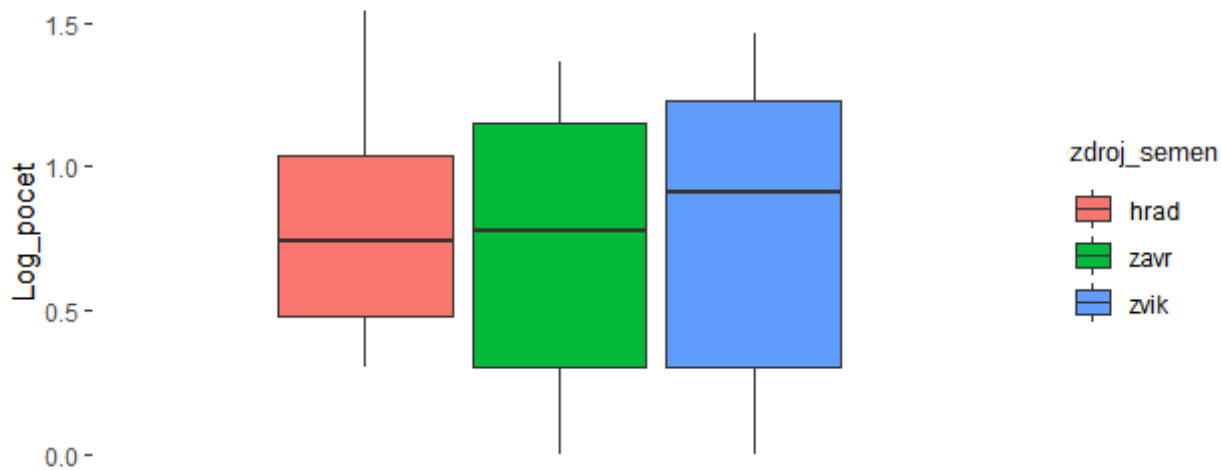
Obrázek 18: Maximální počet (log z maximálního počtu vyklíčených semen + 0.1) semen v druhu *Anthoxanthum odoratum* pro lokality i zdroje semen



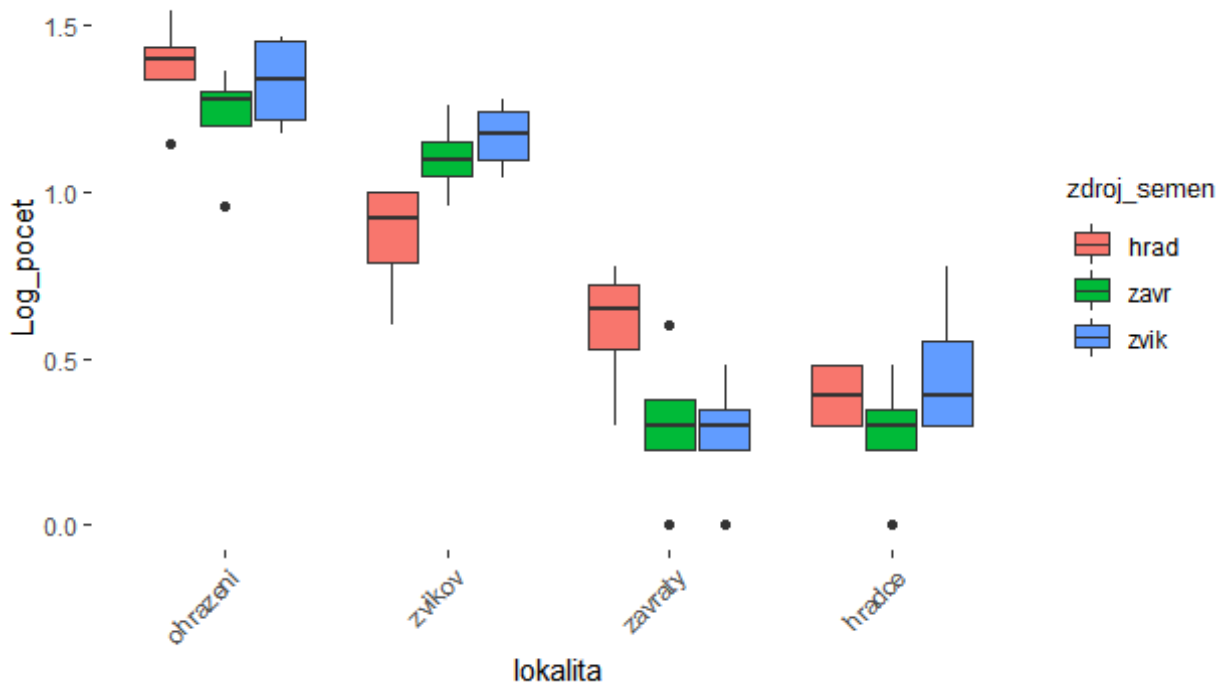
Obrázek 19: Maximální počet (log z maximálního počtu vyklíčených semen + 0.1) semen v rámci lokalit a druhu *Anthoxanthum odoratum*

Tabulka 8: Výsledné hodnoty zobecněného lineárního modelu pro druh *Campanula patula*

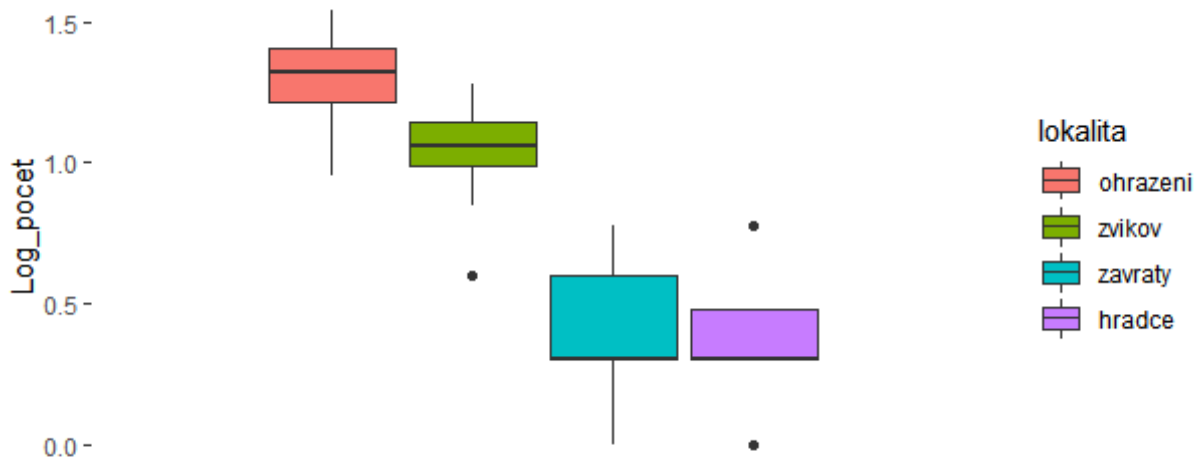
Faktor	Df	Df residual	F	p
lokalita	3	44	84,6398	< 0,001 ***
zdroj	2	42	1,2826	0,28969
lokalita*zdroj	6	36	2,5727	0,03541 *



Obrázek 20: Maximální počet (log z maximálního počtu vyklíčených semen + 0.1) semen druhu *Campanula patula* v rámci zdrojů semen



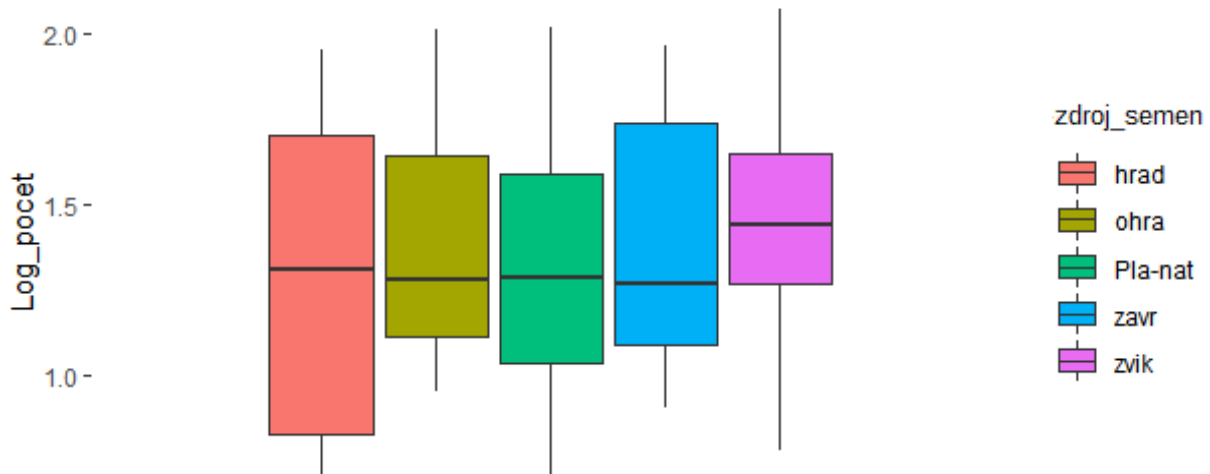
Obrázek 21: Maximální počet (log z maximálního počtu vyklíčených semen + 0.1) semen druhu *Campanula patula* pro lokality i zdroje semen



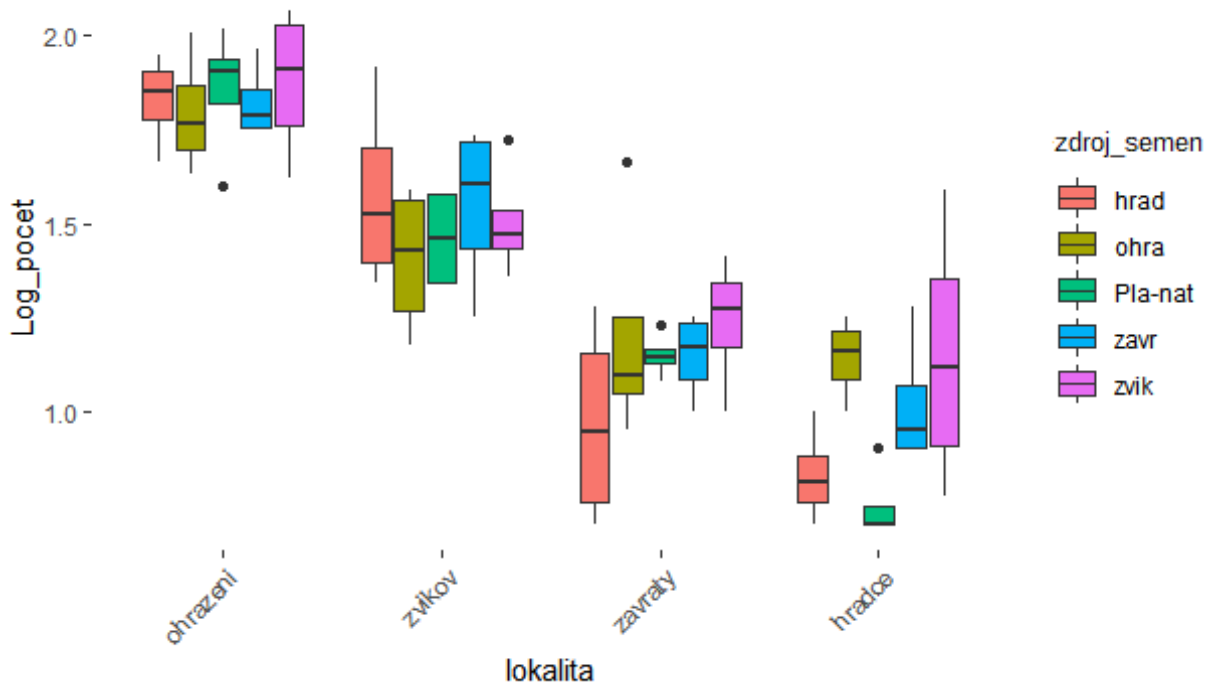
Obrázek 22: Maximální počet (log z maximálního počtu vyklíčených semen + 0.1) semen v rámci lokalit a druhu *Campanula patula*

Tabulka 9: Výsledné hodnoty zobecněného lineárního modelu pro druh *Holcus lanatus*

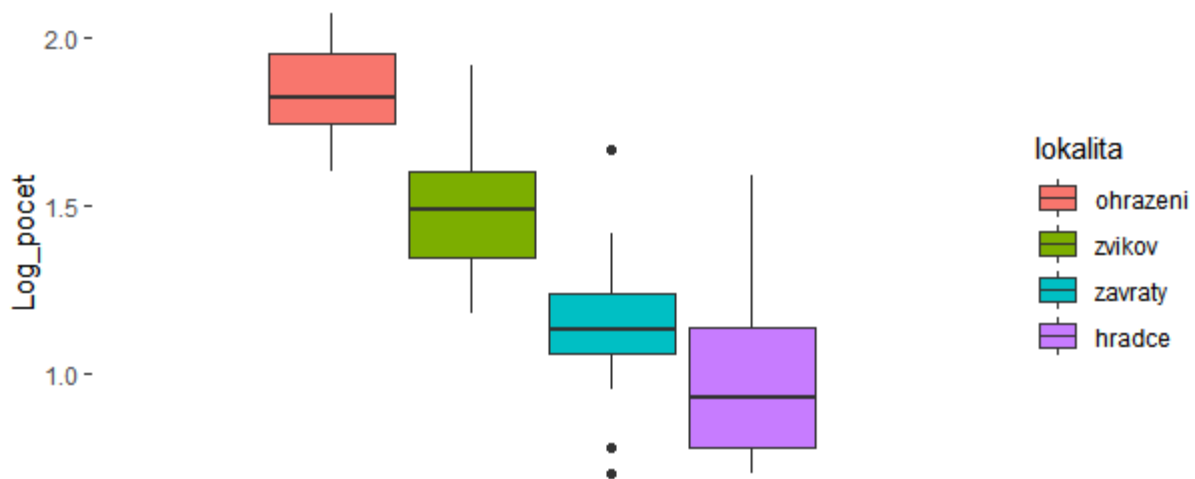
Faktor	Df	Df residual	F	p
lokalita	3	76	71,7217	< 0,001 ***
zdroj	4	72	0,5325	0,7123
lokalita*zdroj	12	60	0,9690	0,4878



Obrázek 23: Počet vyklíčených semen druhu *Holcus lanatus* v rámci zdrojů semen



Obrázek 24: Počet vyklíčených semen v druhu *Holcus lanatus* pro lokality i zdroje semen



Obrázek 25: Maximální počet (\log z maximálního počtu vyklíčených semen + 0.1) semen v rámci lokalit a druhu *Holcus lanatus*

5 Diskuse

5.1 Klíčení druhů a dynamika klíčení

5.1.1 Vliv stratifikace na klíčení semen

Vzávislosti na výsledcích této práce byla klíčivost semen téměř všech vybraných druhů ovlivněna typem stratifikace, kterým semena prošla před samotným klíčením. Výjimku tvořily druhy *Anthoxanthum odoratum*, *Leucanthemum ircutianum* a *Plantago lanceolata*, na jejichž klíčivost neměl typ stratifikace semen průkazný vliv. U druhu *Anthoxanthum odoratum* je klíčivost ovlivňována především dostatečně dlouhou dormancí, při které semeno musí vyschnout, pak klíčivost dosahuje až 90 % (Николаева et al., 1985). V této studii klíčivost druhu *Anthoxanthum odoratum* dosáhla hodnot kolem 50 %, což mohlo být způsobeno právě nedostatečným vyschnutím semen. Dalším aspektem, jenž by mohl hrát zásadní roli při klíčení semen, je teplota, jelikož semena druhu *Anthoxanthum odoratum* nejlépe klíčí při 15–20 °C (Bauer, 2020), ovšem je možné, že semena tohoto druhu potřebují ke klíčení i jiný typ stratifikace, než jsme zkoušeli my (např. speciální chemické procesy, mechanické narušení), a proto se napříč stratifikacemi neprokázal vliv zásahu. Důvod neprůkazných výsledků ohledně rozdílů v klíčivosti semen po různých typech stratifikace u druhu *Leucanthemum ircutianum* by mohl být způsoben tím, že semena toho druhu nepotřebují pro úspěšné vyklíčení projít stádiem dormance (Clements et al., 2004), kterým jsou v přirozených podmínkách ovlivňována. Semena tohoto druhu tudíž klíčí kdykoliv, pokud tomu okolní podmínky dovolí, což je vidět i z výsledků této práce, jelikož klíčivost semen tohoto druhu v laboratorních podmínkách byla nejvyšší ze všech druhů. Přestože *Plantago lanceolata* je velmi houževnatým organismem, neboť dokáže růst v rozličných podmínkách (Cibulka, 2007), klíčivost tohoto druhu nebyla v našem případě vysoká. To mohla způsobit nevhodná teplota při klíčení, která byla v našem případě vyšší než 20 °C, zatímco tento druh vyžaduje nižší teploty pro klíčení (Николаева et al., 1985). Na klíčivost tohoto druhu také neměl výrazný vliv žádný z typů použité stratifikace, což mohlo být způsobeno tím, že tento druh potřebuje pro překonání dormantního stádia mnohem delší dobu stratifikace než jeden měsíc a k tomu především v chladném prostředí (Николаева et al., 1985)

Druhy, u kterých byl vliv stratifikace průkazný, většinou klíčily více po vlhkém zásahu nežli po suchém. Výjimku tvořil druh *Rumex acetosa*, který klíčil více po suché stratifikaci. Tento fenomén je pravděpodobně způsoben rozdílnou měrnou tepelnou kapacitou vzduchu a vody. Vzduch má více než čtyřikrát menší měrnou tepelnou kapacitu než voda (Mikulčák,

2007), díky tomu si semena při manipulaci, v rámci prováděné stratifikace, udržela konstantní teplotu snáze nežli v případě suchého zásahu. To může úzce souviset i s rychlostí klíčení, kdy po suché stratifikaci vyklíčila polovina z celkového počtu vyklíčených semen druhu *Rumex acetosa* mezi prvními. Tento druh totiž klíčí lépe za střídavé teploty a na světle (Николаева et al., 1985), což odpovídá našim výsledkům v případě suché stratifikace, zatímco u vlhké stratifikace tomu tak nebylo. Tento druh tedy pravděpodobně vyžaduje na překonání dormantního stádia střídavé teploty v suchém prostředí.

Nápadná je relativně nízká klíčivost u druhů *Alopecurus pratensis*, *Helictotrichon pubescens* a *Saxifraga granulata*. U prvních dvou zmíněných druhů je nejspíš na vině délka stratifikace, neboť semena těchto druhů nejlépe klíčí po suché chladné stratifikaci, která netrvá déle než 20 dní, pak se jejich klíčivost rapidně snižuje (Николаева et al., 1985), případně vyšší vlhkostí v Petriho miskách, jelikož semena těchto druhů potřebují ke klíčení přístup vzduchu (Deno, 1991). Semena druhu *Saxifraga granulata* nejlépe klíčí po třech měsících na světle při teplotě 20 °C, což nebylo v rámci experimentu dodrženo, zatímco ve tmě je klíčivost tohoto druhu 49 % (Николаева et al., 1985). Je možné, že podmínky klíčení pro semena tohoto druhu jsou výrazně specifické, a proto jich v průběhu experimentu vyklíčilo velmi malé množství.

5.1.2 Dynamika klíčení semen

Vliv stratifikace na dynamiku klíčení semen byl různý, ale přesto je druh, který v tomto ohledu vynikal. U většiny typů zásahu nejrychleji klíčil druh *Leucanthemum irtutianum*, což může být způsobeno absencí nutnosti dormance, tudíž semena mohla klíčit de facto okamžitě po nabobtnání (Clements et al., 2004), a nejpomaleji druh *Saxifraga granulata*, čemuž pravděpodobně přispěly podmínky, které evidentně nebyly ideální pro klíčení tohoto druhu.

Dalším druhem, který klíčil rychle je *Leontodon hispidus*, jehož semena nemají dlouhou životnost (Rybka, 2015), což je pravděpodobně důvod, proč patří mezi rychleji klíčící druhy nejen u suché stratifikace, ale i po vlhkém zásahu se střídavě měnící se teplotou. Semena druhů *Festuca rubra* a *Holcus lanatus* rychle vyklíčila u všech suchých stratifikací nespíš díky řádně ukončené dormanci a vhodným podmínkám pro klíčení především kvůli střídání teplot (Николаева et al., 1985). U druhů *Leontodon hispidus* a *Festuca rubra* byla rychlost klíčení po vlhkém zásahu s konstantní teplotou podobná jako u suchých stratifikací, což mohlo být způsobeno náhlou změnou z chladných ne zcela nepříznivých podmínek pro klíčení semen v příznivé, jako je zvýšená teplota a světlo (Николаева et al., 1985; Rybka, 2015). Ačkoliv

jsem výše uvedl, že nejpomaleji klíčil druh *Saxifraga granulata*, u zásahu přirozenou teplotou nejpomaleji klíčil druh *Alopecurus pratensis*. To je dáno nepříznivým efektem nízkých teplot, které rapidně snižují klíčivost tohoto druhu (Málková et Matějka, 2004), což se ukázalo i na ostatních chladných zásazích.

U druhu *Helictotrichon pubescens* po vlhkém chladném zásahu s konstantním udržováním teploty nevyklíčilo do konce experimentu jediné semeno a ke stejné situaci došlo i u druhů *Plantago lanceolata*, *Holcus lanatus* a *Rumex acetosa*, a to u vlhkého zásahu se střídavě měnící se teplotou, díky vysoké míře plesnivění semen.

V rámci experimentu došlo ke klíčení semen již v průběhu vlhkého zásahu s konstantním udržováním teploty u druhu *Holcus lanatus*. Zde patrně hrála významnou roli vlhkost a teplota, která nepřekročila 4 °C, jelikož dle Николаева et al., 1985 je limitující pro klíčení teplota ve výši 25 °C, zatímco u druhého vlhkého zásahu bylo pro tento druh zásadní ono střídání teplot (Николаева et al., 1985). K jevu klíčení při stratifikaci došlo i u druhů *Leucanthemum ircutianum* a *Festuca rubra*, ale pouze u druhého zmíněného zásahu. Střídání teplot iniciovalo klíčení semen druhu *Festuca rubra* (Николаева et al., 1985), ale u druhu *Leucanthemum ircutianum* se pravděpodobně jednalo o rychlou reakci na příznivé podmínky v teplé fázi střídání teplot (Clements et al., 2004).

Vhodné je zmínit i jistou okolnost ohledně klíčení semen druhů *Leucanthemum ircutiana* a *Leontodon hispidus* po vlhkém zásahu s konstantním udržováním teploty, kdy na rozdíl od ostatních druhů, u nichž se klíčivost v zásadě snižovala, se klíčivost zvýšila. Tento úkaz je nejspíš vyvolán schopností rychle klíčit, jakmile se semena ocitnou v příznivých podmínkách, jelikož u druhu *Leucanthemum ircutianum* chybí stádium dormance (nebo je nepatrné) (Clements et al., 2004) a semena druhu *Leontodon hispidus* nemají dlouhé životnosti (Rybka, 2015).

Z našich výsledků je patrné, že dynamika klíčení jednotlivých druhů, které jsou běžně schopny koexistovat v rostlinných společenstvech, se v mnoha případech lišila. To poukazuje na rychlost a dobu klíčení jako na důležitý faktor hrající svou roli při diferenciaci nik jednotlivých druhů vyskytujících se ve společenstvech. To, zda spolu jsou schopny jednotlivé druhy koexistovat a nekonkurovat si o zdroje, může značně ovlivnit právě to, kdy daný druh vyklíčí a jestli je za vhodných podmínek schopen rychle reagovat. Některé druhy mohou vyžadovat specifické podmínky pro vyklíčení, na které reagují rychlým vyklíčením co nejvíce semen. Jiné druhy naopak mohou klíčit v delším časovém období a podmínky pro klíčení tak

mohou být mnohem širší. Skutečnost, že prostorová, časová i individuální heterogenita může mít na ekologické interakce stabilizující vliv, se týká i mezidruhové konkurence (Begon et Wall, 1987). Diferenciace nik jednotlivých druhů nemusí být zajištěna pouze tím, že druhy využívají různé zdroje, ale také tím, že je využívají v různý čas. To může být zajištěno rychlostí klíčivosti semen a obdobím, kdy jednotlivé druhy klíčí (Zhang et al., 2014).

5.2 Výhoda domácího prostředí na klíčivost semen

Počet vyklíčených semen všech užitých druhů ze všech zdrojových lokalit se průkazně lišil mezi lokalitami, což je pravděpodobně způsobeno rozdílným vodním režimem, sklonem, chemickým složením půd, klimatickými podmínkami a sluneční expozicí lokalit, jelikož to jsou jedny ze základních požadavků pro klíčení semen v přirozeném prostředí, kterým jsou semena ovlivňována (Lack et Evans, 2005). Nejvíce semen vyklíčilo na lokalitě Ohrazení, a to nejspíš díky vyšší půdní vlhkosti (Baskin et Baskin, 2014), která je pravděpodobně způsobena jílovitým charakterem lokality, který hůře propouští vodu, naopak nejméně klíčila semena na lokalitě Hradce. Vyšší sklon a granitové podloží nejspíš neumožňuje efektivní zadržování vody, navíc je tato lokalita vystavena vysoké expozici slunečního záření.

Přestože se často předpokládá, že místní populace lépe profitují z lokálního prostředí než populace odjinud (vander Mijnsbrugge et al., 2010), existuje několik studií, které ukazují, že populace jiné, než místní mohou mít vyšší kondici (např. Bischoff et al., 2006; či Saltonstall, 2002). V této studii se ovšem klíčivost průkazně nelišila mezi semeny z různých zdrojových lokalit. Tento fakt nepodpořil teorii výhody domácího druhu (vander Mijnsbrugge et al., 2010), ale to by mohlo být způsobeno ne zcela velkými vzdálenostmi mezi jednotlivými lokalitami. Výjimkou je pouze zdrojová lokalita Ohrazení na lokalitě Hradce, jenž se výrazně lišila vyšší klíčivostí, což je ale způsobeno absencí druhu *Campanula patula*, jehož klíčivost byla po celou dobu experimentu nízká, jelikož pro úspěšné klíčení vyžaduje poměrně dlouhou dobu ve stavu dormance při nízkých teplotách (Николаева et al., 1985), což skladováním semen při pokojové teplotě a následným vysetím na jaře nebylo splněno.

Klíčivost semen se lišila mezi druhy, ačkoliv *Anthoxanthum odoratum* a *Holcus lanatus* si mírou klíčivosti byly více podobné nežli s druhem *Campanula patula*. Interakce mezi lokalitami a druhy sice vyšla neprůkazná, ovšem 5% hladinu významnosti přesáhla jen o necelé 2 %, což nejspíš bylo způsobeno mizivou klíčivostí druhu *Campanula patula* na lokalitách Hradce a Závraty.

Zobecněný lineární model pro počet vyklíčených semen u druhu *Anthoxanthum odoratum* ukázal, že se klíčivost průkazně liší nejen mezi lokalitami, což vyšlo u všech druhů, ale i zdrojem. U tohoto druhu se tedy prokázala závislost mezi klíčivostí a původem semen, za což nejspíše mohlo omezené klíčení semen z polní botanické zahrady *Planta naturalis*. U druhu *Campanula patula* se průkazně ukázala interakce mezi lokalitami a zdroji semen. To bylo způsobeno nízkou klíčivostí na lokalitách Hradce a Závraty pravděpodobně díky suchému letnímu období, jelikož počet vyklíčených semen byl, narozdíl od zbylých dvou lokalit pouze v jednotkách. Ani u jednoho druhu se však nepotvrdila výhoda domácího prostředí, ačkoliv jiné studie tvrdí, že existuje silnější převaha domácí provenience (Bischoff, 2006), ale zároveň jsou studie, kterým se nepodařilo potvrdit výhodu domácího prostředí (Santamaria et al., 2003), případně rozdíly mezi domovskou a cizí lokalitou byly malé a ne vždy významné (Galloway et Fenster 2000).

6 Závěr

- Klíčení semen většiny druhů je závislé na různých podmínkách před samotným klíčením.
- Klíčení semen nejvíce napomohla vlhká stratifikace.
- Semena z polní botanické zahrady *Planta naturalis* měla srovnatelnou klíčivost se semeny z přirozených zdrojových lokalit.
- Výhoda domácího prostředí nebyla naším experimentem prokázána.
- Klíčivost semen vyšetých druhů záleží i na schopnosti lokality zadržet vodu. Na sušších lokalitách byla klíčivost o dost nižší.

7 Literatura

ANGEVINE, Mark W. a Brian F. CHABOT. Seed Germination Syndromes in Higher Plants. *Topics in Plant Population Biology*. London: Macmillan Education UK, 1979, 1979, , 188-206. ISBN 978-1-349-04629-4. Dostupné z: doi:10.1007/978-1-349-04627-0_9.

ANTONOVICS, J. Evolution in closely adjacent plant populations X: long-term persistence of prereproductive isolation at a mine boundary. *Heredity*. 2006, **97**(1), 33-37. ISSN 0018-067X. Dostupné z: doi:10.1038/sj.hdy.6800835.

BAAS, Andreas C. W. a Douglas J. SHERMAN. Spatiotemporal Variability of Aeolian Sand Transport in a Coastal Dune Environment. *Journal of Coastal Research*. 2006, **225**, 1198-1205. ISSN 0749-0208. Dostupné z: doi:10.2112/06-0002.1.

BAUER, Horst. Anthoxanthum odoratum, sweet vernal grass seeds. *Asklepios-seeds: Seeds of rare ornamental & medical plants* [online]. Bad Liebenzell: Asklepios-seeds, © 2020 [cit. 2021-04-12]. Dostupné z: <https://www.asklepios-seeds.de/gb/anthoxanthum-odoratum-seeds.html>

BASKIN, Carol C., Ching-Te CHIEN, Shun-Ying CHEN a Jerry M. BASKIN. Germination of *Viburnum odoratissimum* seeds: a new level of morphophysiological dormancy. *Seed Science Research*. 2008, **18**(3), 179-184. ISSN 0960-2585. Dostupné z: doi:10.1017/S0960258508042177.

BASKIN, Carol C., Jerry M. BASKIN. *Seeds. Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination*. San Diego: Academic Press, 2014. ISBN 978-0-12-416677-6

BENDA, Vladimír, Ivan BABŮREK a Pavel KOTRBA. *Základy biologie*. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2005. ISBN 80-708-0587-0.

BEGON, Michael, John L. HARPER a Colin R. TOWNSEND. *Ekologie: jedinci, populace a společenstva*. Olomouc: Vydavatelství Univerzity Palackého, 1997. ISBN 80-706-7695-7.

BEGON, Michael, Robin WALL. Individual Variation and Competitor Coexistence: A Model. *Functional Ecology*. 1987, **1**(3). ISSN 02698463. Dostupné z: doi:10.2307/2389426.

BISCHOFF, Armin, Lisèle CRÉMIEUX, Marie ŠMILAUEROVÁ, et al. Detecting local adaptation in widespread grassland species? The importance of scale and local plant community. *Journal of Ecology*. 2006, **94**(6), 1130-1142. ISSN 0022-0477. Dostupné z: doi:10.1111/j.1365-2745.2006.01174.x.

BISCHOFF, Armin, Beatrice VONLANTHEN, Thomas STEINGER a Heinz MÜLLER-SCHÄRER. Seed provenance matters — Effects on germination of four plant species used for ecological restoration. *Basic and Applied Ecology*. 2006, **7**(4), 347-359. ISSN 14391791. Dostupné z: doi:10.1016/j.baae.2005.07.009.

BORISJUK, Ljudmilla, Thomas NEUBERGER, Jörg SCHWENDER, et al. Seed Architecture Shapes Embryo Metabolism in Oilseed Rape. *The Plant Cell*. 2013, **25**(5), 1625-1640. ISSN 1532-298X. Dostupné z: doi:10.1105/tpc.113.111740.

BROWN, P. D. a M. J. MORRA. Hydrolysis products of glucosinolates in Brassica napus tissues as inhibitors of seed germination. *Plant and Soil*. 1996, **181**(2), 307-316. ISSN 0032-079X. Dostupné z: doi:10.1007/BF00012065.

CALDWELL, Martyn M. a Robert W. PEARCY. *Exploitation of Environmental Heterogeneity by Plants: Ecophysiological Processes Above- and Below-ground*. Amsterdam: Academic Press Elsevier, 1994. ISBN 978-0-12-155070-7. Dostupné z: doi:10.1016/C2009-0-02393-9.

CIBULKA, Radim. PLANTAGO LANCEOLATA L. – jitrocel kopinatý / skorocel kopijovitý. *BOTANY.cz* [online]. Přírodovědná společnost, © 2019, 8.10.2007 [cit. 2021-04-13]. Dostupné z: <https://botany.cz/cs/plantago-lanceolata/>.

CLARKE, Peter J., Elizabeth A. DAVISON a Lindsay FULLOON. Germination and dormancy of grassy woodland and forest species: effects of smoke, heat, darkness and cold. *Australian Journal of Botany*. 2000, **48**(6). ISSN 0067-1924. Dostupné z: doi:10.1071/BT99077.

CLEMENTS, David R., Dan E. COLE, Jane KING a Alec MCCLAY. The biology of Canadian weeds. 128. Leucanthemum vulgare Lam. *Canadian Journal of Plant Science*. 2004, **84**(1), 343-363. ISSN 0008-4220. Dostupné z: doi:10.4141/P02-112.

COMBS, Julie K., Amy M. LAMBERT a Sarah H. REICHARD. Predisersal seed predation is higher in a rare species than in its widespread sympatric congeners (Astragalus, Fabaceae). *American Journal of Botany*. 2013, **100**(11), 2149-2157. ISSN 00029122. Dostupné z: doi:10.3732/ajb.1300238.

ČERNOHORSKÝ, Zdeněk. *Základy rostlinné morfologie*. 3. vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1967. ISBN 16-911-67.

DENO, Norman C. *Seed Germination, Theory and Practice*. Pennsylvania, 1991. ISBN 23747858690798-9.

DOLEZAL, Jiri, Miroslav DVORSKY, Martin KOPECKY, et al. Functionally distinct assembly of vascular plants colonizing alpine cushions suggests their vulnerability to climate change. *Annals of Botany*. 2019, **123**(4), 569-578. ISSN 0305-7364. Dostupné z: doi:10.1093/aob/mcy207.

DONOHUE, Kathleen. Niche construction through phenological plasticity: life history dynamics and ecological consequences. *New Phytologist*. 2005, **166**(1), 83-92. ISSN 0028646X. Dostupné z: doi:10.1111/j.1469-8137.2005.01357.x.

DONOHUE, Kathleen, Rafael RUBIO DE CASAS, Liana BURGHARDT, Katherine KOVACH a Charles G. WILLIS. Germination, Postgermination Adaptation, and Species Ecological Ranges. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 2010, **41**(1), 293-319. ISSN 1543-592X. Dostupné z: doi:10.1146/annurev-ecolsys-102209-144715.

FENNER, Michael a Ken THOMPSON. *The Ecology of Seeds*. Cambridge: Cambridge University Press, 2005. ISBN 0-521-65368-1.

FIEDLER, Fred E. a Joseph E. GARCIA. *New Approaches to Effective Leadership: Cognitive Resources and Organizational Performance*. New Jersey: John Wiley, 1987. ISBN 978-0471874560.

GALLOWAY, Laura F. a Charles B. FENSTER. Population differentiation in an annual legume: Local adaptation. *Evolution*. 2000, **54**(4), 1173-1181. ISSN 0014-3820. Dostupné z: doi:10.1111/j.0014-3820.2000.tb00552.x.

GAUSE, Georgy F. Experimental studies on the struggle for existence: Mixed population of two species of yeast. *Journal of Experimental Biology*. 1932, **9**, 389-402.

GIORIA, Margherita, Petr PYŠEK a Bruce A. OSBORNE. Timing is everything: does early and late germination favor invasions by herbaceous alien plants? *Journal of Plant Ecology*. 2018, **11**(1), 4-16. ISSN 1752-9921. Dostupné z: doi:10.1093/jpe/rtw105.

GUSTAFSSON, Lena. A comparison of biological characteristics and distribution between Swedish threatened and non-threatened forest vascular plants. *Ecography*. 1994, **17**(1), 39-49. ISSN 0906-7590. Dostupné z: doi:10.1111/j.1600-0587.1994.tb00075.x.

HIGASHIYAMA, Tetsuya, Haruko KUROIWA a Tsuneyoshi KUROIWA. Pollen-tube guidance: beacons from the female gametophyte. *Current Opinion in Plant Biology*. 2003, **6**(1), 36-41. ISSN 1369-5266. Dostupné z: doi:10.1016/S1369-5266(02)00010-9.

HOBBS, Richard. J. a Harold A. MOONEY. Community changes following shrub invasion of grassland. *Oecologia*. 1986, **70**(4), 508-513. ISSN 0029-8549. Dostupné z: doi:10.1007/BF00379896.

HOBBS, Richard J. a Harold A. MOONEY. Effects of Rainfall Variability and Gopher Disturbance on Serpentine Annual Grassland Dynamics. *Ecology*. 1991, **72**(1), 59-68. ISSN 00129658. Dostupné z: doi:10.2307/1938902.

HOUBA, Miroslav a Václav HOSNEDL. *Osivo a sadba: praktické semenářství*. Praha: Profi Press, 2002. ISBN 80-902-4136-0.

JAROŠÍK, Vojtěch. Některé problémy organizace společenstev. *Biologické Listy*, 1987, **52**(1), 109-123. ISSN 0366-0486.

JONES, A.T., M.J. HAYES a N.R. SACKVILLE HAMILTON. The effect of provenance on the performance of *Crataegus monogyna* in hedges. *Journal of Applied Ecology*. 2001, **38**(5), 952-962. ISSN 00218901. Dostupné z: doi:10.1046/j.1365-2664.2001.00650.x.

JOSHI, Renu. Role of Enzymes in Seed Germination. *International Journal of Creative Research Thoughts*. Ahmedabad Gujarat, 2018, **6**(2), 1481-1483. ISSN 2320-2882.

KAPLAN, Zdeněk, Jiří DANIHELKA, Jindřich CHRTEK, et al. *Klíč ke květeně České republiky*. Druhé, aktualizované a zcela přepracované vydání. Praha: Academia, 2019. ISBN 978-8020026606.

LACK, Andrew a David EVANS. *BIOS Instant Notes in Plant Biology*. 2. vyd. Abingdon on Thames: Taylor & Francis, 2005. ISBN 9780415356435.

LAVERGNE, Sébastien, Eric GARNIER a Max DEBUSSCHE. Do rock endemic and widespread plant species differ under the Leaf-Height-Seed plant ecology strategy scheme? *Ecology Letters*. 2003, **6**(5), 398-404. ISSN 1461023X. Dostupné z: doi:10.1046/j.1461-0248.2003.00456.x.

LAVERGNE, Sébastien, John D. THOMPSON, Eric GARNIER a Max DEBUSSCHE. The biology and ecology of narrow endemic and widespread plants: a comparative study of trait variation in 20 congeneric pairs. *Oikos*. 2004, **107**(3), 505-518. ISSN 00301299. Dostupné z: doi:10.1111/j.0030-1299.2004.13423.x.

LOTKA, Alfred J. The growth of mixed populations: Two species competing for a common food supply. *Journal of the Washington Academy of Sciences*. Washington: Washington Academy of Sciences, 1932, **22**(16/17), 461-469. Dostupné z: doi:stable/24530449.

LUNT, Ian D. The soil seed bank of a long-grazed Themeda triandra grassland in Victoria. *Proceedings of the Royal Society of Victoria*. Melbourne: Stillwell and Co., 1990, **102**(1), 53-57. ISSN 0035-9211.

LUNT, Ian D. Variation in flower production of nine grassland species with time since fire, and implications for grassland management and restoration. *Pacific Conservation Biology*. 1994, **1**(4). ISSN 1038-2097. Dostupné z: doi:10.1071/PC940359.

MACK, Richard N. a David A. PYKE. The Demography of Bromus Tectorum: The Role of Microclimate, Grazing and Disease. *The Journal of Ecology*. 1984, **72**(3). ISSN 00220477. Dostupné z: doi:10.2307/2259528.

MacINTYRE, Donald. Leontodon hispidus – rough hawkbit. *Emorsgate Seeds: Specialist growers of British wild flower and wild grass seeds* [online]. Norfolk, © 2004 [cit. 2021-04-11]. Dostupné z: <https://wildseed.co.uk/species/view/75>.

MAYER, Alfred M. a Yossi SHAIN. Control of Seed Germination. *Annual Review of Plant Physiology*. 1974, **25**(1), 167-193. ISSN 0066-4294. Dostupné z: doi:10.1146/annurev.pp.25.060174.001123.

MÁLKOVÁ, Jitka, Karel MATĚJKA. Klíčivost vybraných travních dominant Krkonoš. *Opera Corcontica*. Vrchlabí, 2004, **41**(1): 250-255.

MEYER, S. E., S. G. KITCHEN a S. L. CARLSON. Seed Germination Timing Patterns in Intermountain Penstemon (Scrophulariaceae). *American Journal of Botany*. 1995, **82**(3). ISSN 00029122. Dostupné z: doi:10.2307/2445584.

McDONALD, D. J., J. M. JURITZ, R. M. COWLING a W. J. KNOTTENBELT. Modelling the biological aspects of local endemism in South African Fynbos. *Plant Systematics and Evolution*. 1995, **195**(3-4), 137-147. ISSN 0378-2697. Dostupné z: doi:10.1007/BF00989290.

McIVOR, J. G. a C. J. GARDENER. Germinable soil seed banks in native pastures in north-eastern Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 1994, **34**(8). ISSN 0816-1089. Dostupné z: doi:10.1071/EA9941113.

MIKULČÁK, Jiří. *Matematické, fyzikální a chemické tabulky pro střední školy*. 4. vyd. Praha: Prometheus, 2007. Pomocné knihy pro žáky (Prometheus). ISBN 978-80-7196-345-5.

MOLONEY, Kirk A. a Simon A. LEVIN. The Effects of Disturbance Architecture on Landscape-Level Population Dynamics. *Ecology*. 1996, **77**(2), 375-394. ISSN 00129658. Dostupné z: doi:10.2307/2265616.

MONTALVO, Arlee M. a Norman C. ELLSTRAND. Transplantation of the Subshrub *Lotus scoparius*: Testing the Home-Site Advantage Hypothesis. *Conservation Biology*. 2000, **14**(4), 1034-1045. ISSN 0888-8892. Dostupné z: doi:10.1046/j.1523-1739.2000.99250.x.

MORGAN, John W. Ecological Studies of the Endangered *Rutidosia leptorrhynchoidea*. II. Patterns of Seedling Emergence and Survival in a Native Grassland. *Australian Journal of Botany*. 1995, **43**(1). ISSN 0067-1924. Dostupné z: doi:10.1071/BT9950013.

MÜLLER, Christina. *Urban Gardening: Über die Rückkehr der Gärten in die Stadt*. München: Oekom verlag, 2011. ISBN 978-3-86581-244-5.

NORTH, Helen, Sébastien BAUD, Isabelle DEBEAUJON, et al. Arabidopsis seed secrets unravelled after a decade of genetic and omics-driven research. *The Plant Journal*. 2010, **61**(6), 971-981. ISSN 09607412. Dostupné z: doi:10.1111/j.1365-313X.2009.04095.x.

НИКОЛАЕВА, М. Г., М. В. РАЗУМОВА а В. Н. ГЛАДКОВА. *Справочник по проращиванию покоящихся семян*. Ленинград: Издательство Наука, Ленинградское отделение, 1985.

OFFORD, Cathrine A. a Patricia F. MEAGHER. *Plant germplasm conservation in Australia: strategies and guidelines for developing, managing and utilising ex situ collections*. Canberra: Australian Network for Plant Conservation, 2009. ISBN 978-0975219119.

OLMEZ, Zafer, Fatih TEMEL, Askin GOKTURK a Zeki YAHYAOGU. Effect of cold stratification treatments on germination of drought tolerant shrubs seeds. *Journal of Environmental Biology*. Lucknow: Triveni Enterprises, 2007, **28**(2), 447-453. ISSN 0254-8704.

OLSEN, Odd-Arne. ENDOSPERM DEVELOPMENT: Cellularization and Cell Fate Specification. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. 2001, **52**(1), 233-267. ISSN 1040-2519. Dostupné z: doi:10.1146/annurev.arplant.52.1.233.

PAULŮ, Andrea, Ludmila HARČARIKOVÁ a Zuzana MÜNZBERGOVÁ. Are there systematic differences in germination between rare and common species? A case study from central European mountains. *Flora*. 2017, **236-237**, 15-24. ISSN 03672530. Dostupné z: doi:10.1016/j.flora.2017.09.004.

PILGRIM, Emma S, Michael J CRAWLEY a Konrad DOLPHIN. Patterns of rarity in the native British flora. *Biological Conservation*. 2004, **120**(2), 161-170. ISSN 00063207. Dostupné z: doi:10.1016/j.biocon.2004.02.008.

PROCHÁZKA, Stanislav. *Fyziologie rostlin*. Praha: Academia, 1998. ISBN 80-200-0586-2.

RAVEN, Peter H. a Susan E. EICHHORN. *Biology of plants*. 7. vyd. New York: W.H. Freeman & Company, 2005. ISBN 978-0716710073.

RYBKA, Vlastimil. *Naše květena: Ottova encyklopedie*. Praha: Ottovo nakladatelství, 2015. ISBN 978-80-7451-441-8.

SALISBURY, Edward. *Weeds and aliens*. London: Collins, 1961.

SALTONSTALL, Kristin. Cryptic invasion by a non-native genotype of the common reed, *Phragmites australis*, into North America. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2002, **99**(4), 2445-2449. ISSN 0027-8424. Dostupné z: doi:10.1073/pnas.032477999.

SANTAMARÍA, L., J. FIGUEROLA, J. J. PILON et al. Plant performance across latitude: The role of plasticity and local adaptation in aquatic plant. *Ecology*. 2003, **84**(9), 2454-2461. ISSN 0012-9658. Dostupné z: doi:10.1890/02-0431.

SEGLIAS, Alexandra E., Evelyn WILLIAMS, Arman BILGE, Andrea T. KRAMER a Lorenzo PERUZZI. Phylogeny and source climate impact seed dormancy and germination of restoration-relevant forb species. *PLOS ONE*. 2018, **13**(2). ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0191931.

SREENIVASULU, Nese a Ulrich WOBUS. Seed-Development Programs: A Systems Biology–Based Comparison Between Dicots and Monocots. *Annual Review of Plant Biology*. 2013, **64**(1), 189-217. ISSN 1543-5008. Dostupné z: doi:10.1146/annurev-arplant-050312-120215.

STOLL, Peter a Daniel PRATI. Intraspecific Aggregation Alters Competitive Interactions in Experimental Plant Communities. *Ecology*. 2001, **82**(2). ISSN 00129658. Dostupné z: doi:10.2307/2679862.

ŠVAMBERKOVÁ, Eva a Jan LEPŠ. Experimental assessment of biotic and abiotic filters driving community composition. *Ecology and Evolution*. 2020, **10**(14), 7364-7376. ISSN 2045-7758. Dostupné z: doi:10.1002/ece3.6461.

ŠVAMBERKOVÁ, Eva, Alena VÍTOVÁ a Jan LEPŠ. The role of biotic interactions in plant community assembly: What is the community species pool? *Acta Oecologica*. 2017, **85**(1), 150-156. Dostupné z: doi:DOI: 10.1016/j.actao.2017.10.011.

THOMPSON, Ken, S. R. BAND a J. G. HODGSON. Seed Size and Shape Predict Persistence in Soil. *Functional Ecology*. 1993, **7**(2). ISSN 02698463. Dostupné z: doi:10.2307/2389893.

THOMPSON, Ken, Roberta M. CERIANI, Jan P. BAKKER a Renée M. BEKKER. Are seed dormancy and persistence in soil related? *Seed Science Research*. 2003, **13**(2), 97-100. ISSN 0960-2585. Dostupné z: doi:10.1079/SSR2003128.

VANDER MIJNSBRUGGE, Kristine, Armin BISCHOFF a Barbara SMITH. A question of origin: Where and how to collect seed for ecological restoration. *Basic and Applied Ecology*. 2010, **11**(4), 300-311. ISSN 14391791. Dostupné z: doi:10.1016/j.baae.2009.09.002.

VENABLE, D. Lawrence a Joel S. BROWN. The Selective Interactions of Dispersal, Dormancy, and Seed Size as Adaptations for Reducing Risk in Variable Environments. *The American Naturalist*. Chicago: The University of Chicago Press, 1988, **131**(3), 360–384.

VÍTOVÁ, Alena a Jan LEPŠ. Experimental assessment of dispersal and habitat limitation in an oligotrophic wet meadow. *Plant Ecology*. 2011, **212**(8), 1231-1242. ISSN 1385-0237. Dostupné z: doi:10.1007/s11258-011-9900-8.

VLEESHOUWERS, L. M., H. J. BOUWMEESTER a C. M. KARSSSEN. Redefining Seed Dormancy: An Attempt to Integrate Physiology and Ecology. *The Journal of Ecology*. 1995, **83**(6). ISSN 00220477. Dostupné z: doi:10.2307/2261184.

VOLTERRA, VITO. Fluctuations in the Abundance of a Species considered Mathematically1. *Nature*. 1926, **118**(2972), 558-560. ISSN 0028-0836. Dostupné z: doi:10.1038/118558a0.

ZHANG, Chunhui, Charles G. WILLIS, Liana T. BURGHARDT, Wei QI, Kun LIU, Paulo Roberto DE MOURA SOUZA-FILHO, Zhen MA a Guozhen DU. The community-level effect of light on germination timing in relation to seed mass: a source of regeneration niche differentiation. *New Phytologist*. 2014, **204**(3), 496-506. ISSN 0028646X. Dostupné z: doi:10.1111/nph.12955.