

Obsah

1. Úvod	7
2. Hypotézy, cíle	9
3. Review řešené problematiky	10
3.1 Půdní semenná banka.....	10
3.2 Vliv stáří porostu a půdních vlastností na půdní semennou banku.....	13
3.3 Vliv záplav na půdní semennou banku	16
3.4 Význam půdní semenné banky	19
3.5 Životaschopnost a přežívání semen v půdě	21
3.6 Funkční vlastnosti rostlin v souvislosti s půdní semennou bankou	25
3.7. Metody studia půdní semenné banky.....	25
3.8. Vegetace zájmového území	27
3.8.1 Měkké luhy nížinných řek.....	28
3.8.2 Tvrdé luhy nížinných řek	30
3.8.3 Panonské dubohabřiny	31
3.9 Historie obhospodařování lužních lesů.....	32
4. Metodika	34
4.1 Lokalita, odběr a zpracování vzorků.....	34
4.2 Analýza půdních vzorků	36
4.3 Analýza dat	37
5. Výsledky	40
5.1 Působení půdních vlastností na půdní semennou banku.....	44
5.1.1. Výsledky lineárního modelování	44
5.1.2 Výsledky kanonické korespondenční analýzy	45
5.2 Funkční vlastnosti rostlin a jejich vztah ke stanovišti.....	47
5.3 Užitečný vzor – zařízení pro třídění frakcí sypkých hmot	52
6. Diskuse	55
6.1 Vztah mezi půdní semennou bankou a stářím porostu	55

6.2 Vyrovnanost souboru semen v půdní semenné bance	56
6.3 Vztah mezi půdní semennou bankou a různými půdními vlastnostmi	56
6.4 Vztah mezi půdní semennou bankou a funkčními vlastnostmi rostlin	58
7. Závěr	60
8. Summary	62
9. Seznam použité literatury	65
10. Přílohy	75

1. Úvod

Půdní semenná banka je jedním ze zdrojů diaspor pro vznik rostlinného společenstva. Její vývoj a změny hrají velice důležitou roli v tom, jaká bude dynamika společenstva. Aniž jsme si toho vědomi, půdní semennou banku ovlivňujeme velkým množstvím zásahů. Může se jednat například o jednoduchý přesun zeminy na mnohdy dlouhé vzdálenosti, dosévání luk novými druhy či například o regulace toků a zamezení záplav v přirozeně zaplavovaných nivních biotopech. Na půdní semennou banku působí dalekosáhle i globální klimatické změny. Mění se četnost a rozložení srážek a s tím i četnost záplav, která může hrát důležitou roli ve vývoji půdní semenné banky nacházející se v záplavovém území. Záplavy mohou mít na půdní semennou banku velmi výrazný vliv. Mohou nejen transportovat semena na dlouhé vzdálenosti, ale také v rámci půdního profilu. Semena se tak mohou dostávat výrazně hlouběji do půdního profilu než bez jejich působení.

Abychom porozuměli příčinám určitého vývoje vegetace na určitém místě, musíme porozumět vývoji a vlivu půdní semenné banky, protože půdní semenná banka je přirozenou zásobárnou biologické diverzity na stanovišti. Na toto téma bylo již zpracováno mnoho studií. Některé se věnovaly dormanci semen či jejich obranným mechanismům vůči patogenům přirozeně se v půdě nacházejícím (Kremer 1987, Thompson 1987, Dahling et al. 2011), jiné porovnávaly semennou banku s aktuální vegetací (Fenner 1985, Bossuyt et al. 2002, Decocq et al. 2004, Hopfensperger 2007, Bossuyt a Honnay 2008) nebo se věnovaly možnosti využití půdní semenné banky k obnovování populací vzácných a ohrožených druhů (Wetzel et al. 2001, Uesugi et al. 2007, Bossuyt a Honnay 2008).

Neexistuje mnoho studií zabývajících se půdní semennou bankou v souvislosti s různými vlastnostmi půdy, zejména jejich vlivem na strukturu a složení půdní semenné banky. Navíc současné studie často docházejí k rozporuplným výsledkům. Díky těmto výsledkům se jeví potřeba dalšího studia zaměřeného na interakci půdních vlastností a půdní semenné banky, abychom plně porozuměli procesům, které tuto půdní semennou banku ovlivňují. Mnoho studií zabývajících se půdní semennou bankou a půdními vlastnostmi využívá Ellenbergovy indikační hodnoty jako vysvětlující proměnné. Tato metoda je však spojena s určitými problémy, proto je potřeba, aby

studie zabývající se půdními vlastnostmi více využívaly přímých měření místo výše zmíněných Ellenbergových indikačních hodnot.

Tato disertační práce se zabývá otázkou, zda může mít stáří lesního porostu vliv na vývoj půdní semenné banky. Dále se věnuje působení některých fyzikálních a chemických vlastností půdy na půdní semennou banku, zejména na její druhovou diverzitu a funkční vlastnosti rostlin.

2. Hypotézy, cíle

1. Půdní semenná banka je druhově bohatší v mladších porostech. Do starších porostů proniká méně světla a tím se snižuje počet druhů jako potenciální zdroj diaspor do půdní semenné banky. Navíc v průběhu času dochází k ochuzování půdní semenné banky díky patogenům, predátorům a také díky ztrátě semen klíčením v nevhodnou dobu, a tím i ke snížení objemu půdní semenné banky (ne všem druhům vyhovují podmínky v plném zástínu porostu).

2. Půdní semenná banka na stanovištích s ulehlejší půdou bude druhově bohatší. Zhutnění půdy způsobuje menší přístup vzduchu, což pozitivně ovlivňuje životnost semen v půdní semenné bance. Mikrobiální aktivita takových půd je nižší, proto je také nižší riziko, že budou semena napadena patogeny.

3. Půdní semenná banka na zásaditějších půdách bude chudší. Tento jev je způsoben větší mikrobiální aktivitou půdních mikroorganismů, a tím i větším rizikem napadení semen patogenními organismy.

Cílem této disertační práce je prozkoumat interakce mezi půdní semennou bankou a některými faktory prostředí, zejména odpovědět na otázky:

- Jaký vliv má stáří porostu na půdní semennou banku, zejména na druhovou bohatost, její složení, hustotu semen a vyrovnanost?
- Jaký je vztah mezi půdní semennou bankou a některými fyzikálními a chemickými vlastnostmi půdy?

Dílním cílem této disertace bylo vyvinout a sestrojít přístroj pro prosévání půdy sloužící k efektivnějšímu a rychlejšímu získání vzorků semen z půdních odběrů. Tento přístroj byl uznán jako užitečný vzor do Úřadu průmyslového vlastnictví.

3. Review řešené problematiky

3.1 Půdní semenná banka

Půdní semenná banka je definována jako soubor živých semen v půdě (Leck et al. 1989). Jednou z jejích hlavních funkcí je zachovávat taxonomickou a genetickou diverzitu populace na daném stanovišti (Royo et al. 2012). Tato funkce je velmi významná zvláště po různých disturbancích, přičemž máme na mysli jak přírodní disturbance, tak disturbance způsobené člověkem (například holá seč v rámci lesnického managementu). Po každé disturbanci se půdní semenná banka stává hlavní zásobárnou diaspor, která může dát vzniknout nové populaci rostlin.

Půdní semenná banka je také důležitou součástí diverzity mokřadních biotopů, mezi které můžeme zařadit také přirozené lužní lesy. Půdní semenná banka umožňuje řadě rostlin přežít nepředvídatelné období záplav a sucha. Prostorové uspořádání existující vegetace na podobných stanovištích obvykle odráží historii zaplavení a často se prediktabilně mění mezi rozdílnými hydro-geomorfologickými typy prostředí (James et al. 2007).

Složení a struktura půdní semenné banky se významně liší mezi různými typy stanovišť, mezi nimiž jsou značné rozdíly ve frekvenci zaplavení. Větší množství klíčivých semen bylo nalezeno na středně zaplavených stanovištích (James et al. 2007).

Půdní semenná banka umožňuje mnoha jednoletým a některým vytrvalým druhům rostlin vytrvat v dormantním stadiu (tedy přežít ve stadiu semen) během nepříznivých podmínek sucha a poté znovu vyrůst při následném zaplavení. Výskyt různých druhů rostlin se na zaplavených územích liší podle výskytu period sucha a zaplavení. Složení společenstev se mění mezi různými sezónami i mezi jednotlivými lety (Casanova a Brock 2000, James et al. 2007).

Mokřady mohou být vnímány jako dynamická mozaika hydro-geomorfologických stanovišť, lišící se půdní vlhkostí, živinami a sedimentačními charakteristikami. Soubor mokřadních rostlin má obvykle sklony indikovat tyto rozdílné podmínky, protože rostliny se liší ve svých nárocích na prostředí a tím i v toleranci k zaplavení či

k suchu. Následkem toho je hydrologie pokládána za primární ukazatel prostorového rozložení vegetace a její struktury v přechodných mokřadech (Higgins et al. 1997).

Půdní semenná banka mokřadů se často značně liší svým složením od aktuální vegetace (McGraw 1987) existující na stejném stanovišti v konkrétním čase. Může se podobat některé fázi vývoje vegetace, která odpovídá aktuální vegetaci za určitých hydrologických podmínek, například v období sucha (Leck 1989 in James et al. 2007).

Dominantními druhy v semenné bance mokřadů bývají graminoidní druhy. V semenné bance bývá velice často dominantní pouze jeden druh. Semena stromů v půdní semenné bance mokřadů často chybějí, což platí i pro semennou banku lesních mokřadů. Většina semen (80 %) se v mokřadech nalézá v půdě do hloubky asi 4 až 5 cm. Zaplavení půdy zamezí přístupu kyslíku a způsobuje delší životnost semen. Druhy obsažené v půdní semenné bance nelesních mokřadů často odpovídají aktuálně vyvinuté vegetaci, toto tvrzení neplatí u lesních biotopů (Leck 1989 in DeBerry a Perry 2000). Většina zralých semen má obsah vody pouze 5 až 20 % a pro iniciaci klíčení musí absorbovat vodu, aby mohla aktivovat počáteční enzymatické a metabolické pochody (DeBerry a Perry 2000).

V některých extrémních případech může v půdní semenné bance docházet k dominanci semen rostlinných druhů, které se v aktuální vegetaci nevyskytují (McGraw 1987 in James et al. 2007).

Avšak i přesto můžeme očekávat, že složení a struktura půdní semenné banky může být na mnoha mokřadech stále vysvětlena hydro-geomorfologickými hledisky stanoviště. Složení trvalé půdní semenné banky odráží nejen vývoj vegetace v minulosti (Wetzel et al. 2001), ale také procesy, které odpovídají za její ochuzování (například klíčení, mortalita, granivorie a odnos semen) nebo naopak obohacování (například disperzí semen). Viz kapitola číslo 3.5 Životaschopnost a přežívání semen v půdě.

Následkem toho, že hydrologie a geomorfologie mají podstatný vliv na tyto faktory v zaplavovaných mokřadech, se může složení půdní semenné banky předvídatelně lišit mezi různými typy biotopů. Zatímco půdní semenná banka mokřadů se často vyznačuje velkou závislostí na hydrologických gradientech, dřívější studie sezónních mokřadů naproti tomu ukazují pouze na malou míru diferenciace ve složení půdní semenné banky

v závislosti na gradientech jako je frekvence záplav, hloubka vody při záplavě nebo nadmořská výška (James et al. 2007).

V rámci mokřadů, bylo například zjištěno, že hustota a složení půdní semenné banky je relativně homogenní podél výškových gradientů na přechodných mokřadech pláží na jihu USA (Haukos a Smith 1994 in James et al. 2007). Také v dočasných mokřadech středomoří složení a hustota semen vykazovaly pouze slabou variabilitu v závislosti na hloubce vodního sloupce (Bonis et al. 1995). Běžné druhy byly široce zastoupené v rámci celého souboru půdní semenné banky velké záplavové oblasti aridní části střední Austrálie, ačkoli vyšší abundance klíčivých semen byla významně zaznamenána v častěji zaplavovaných oblastech (Capon a Brock 2006).

Ve větším měřítku prokázaly studie srovnávající dočasné mokřady s různou historií zaplavování pouze malý vliv hydrologie na abundanci nebo složení půdní semenné banky. Dopad geomorfologie terénu na složení a strukturu půdní semenné banky v heterogenním prostředí zaplavovaných efemérních mokřadů v semiaridních oblastech nebyl dosud zkoumán (James et al. 2007).

Ve většině případů je půdní semenná banka dočasných mokřadů, stejně tak jako jiných ekosystémů, extrémně nevyrovnaná v rámci lokálního či mikrotopografického měřítka (Bonis et al. 1995). Je možné, že tato lokální variabilita ve složení půdní semenné banky samotné může záviset na hydro-geomorfologických procesech (Capon a Brock 2006).

Přítomnost určité aktuální vegetace je dána vlastnostmi prostředí, biotickými interakcemi a složením místního species pool. Tento species pool, sestávající se z půdní semenné banky a z aktuální vegetace určuje, jaké druhy se mohou potenciálně uplatnit v daném rostlinném společenstvu. Nové druhy se mohou do stávajícího species pool dostávat šířením pomocí semen (Gerard et al. 2008).

Půdní semenná banka lesů je většinou složena z druhů ranně sukcesních stadií (Pickett a McDonnell 1989, Bossuyt et al. 2002, Decocq et al. 2004), což podporuje teorii, že většina semen se do půdní semenné banky dostane v raných fázích sukcese lesa (Pickett a McDonnell 1989, Hyatt a Casper 2000). Lesní a stínomilné druhy se v lesní půdní semenné bance většinou nenacházejí (Pickett a McDonnell 1989, Hyatt a Casper 2000, Bossuyt et al. 2002, Olano et al. 2002). V kontrastu s tímto tvrzením jsou výsledky

několika dalších studií (Leckie et al. 2000, Godefroid et al. 2006). Stejně jako u ostatních biotopů je v lesní půdní semenné bance dominantních pouze několik málo druhů, zatímco ostatní druhy mají pouze nízké abundance (Olano et al. 2002, Bossuyt a Honnay 2008). Podobnost vegetace s půdní semennou bankou je velmi malá a zmenšuje se s rostoucím stářím lesa (Fenner 1985, Bossuyt et al. 2002, Decocq et al. 2004, Hopfensperger 2007, Bossuyt a Honnay 2008). Tento fakt platí také pro druhovou bohatost a hustotu semen (Pickett a McDonnell 1989, Roberts a Vankat 1991, Bossuyt a Hermy 2001, Bossuyt et al. 2002, Plue at al. 2010).

3.2 Vliv stáří porostu a půdních vlastností na půdní semennou banku

Lesní půdní semenná banka je základním zdrojem diaspor, který může reagovat na jakoukoli změnu v jinak stabilních podmínkách lesního ekosystému. Například po výrazné disturbanci je to z velké většiny právě půdní semenná banka, z níž vzniká nová populace rostlin na daném stanovišti. Půdní semenná banka v lesích je výrazným zdrojem diaspor pro regeneraci podrostu také v lesích obhospodařovaných člověkem (Decocq et al. 2004). V hospodářských typech lesů je nejčastější disturbancí smýcení lesa na relativně velkých plochách, což výrazně ovlivňuje jak složení, tak pokryvnost bylinného patra (např. Pickett a McDonnell 1989; Hyatt a Casper 2000; Leckie et al. 2000; Bossuyt et al. 2002; Olano et al. 2002; Decocq et al. 2004; Bossuyt a Honnay 2008).

Půdní semenná banka lesů má nižší hustotu semen v porovnání s jinými biotopy. Stejný vztah také platí pro podobnost půdní semenné banky s vegetačním pokryvem. Většina druhů půdní semenné banky náleží k jiným druhům, než které se aktuálně nalézají ve vegetaci. Hustotu semen ovlivňuje také stáří porostu. Ve věkově mladších lesních porostech nacházíme vyšší hustotu semen ve srovnání se staršími porosty (Bossuyt et al. 2002). Zdá se, že tento vztah je ovlivněn mortalitou semen více než přísunem nových semen do půdní semenné banky (Hyatt a Casper 2000). V mladších porostech bývá pokryvnost bylinného patra vyšší, je zde i více světla, proto je vyšší také produkce semen. Semena se tak akumulují v půdní semenné bance. Ve starším porostu je produkce semen nižší, navíc dochází ke ztrátám početnosti semen vlivem stárnutí. Se zvyšujícím se stářím se také snižuje podobnost půdní semenné banky a vegetačního pokryvu (Bossuyt et al. 2002; Bossuyt a Honnay 2008).

V půdní semenné bance lesních biotopů je dominantních pouze několik málo druhů (Hyatt a Casper 2000), ostatní druhy bývají zastoupeny pouze v nízkých počtech. Nejčastějšími druhy v lesních půdních semenných bankách bývají různé druhy z rodů *Hypericum*, *Juncus* a *Urtica*. Dominantní druhy lesních půdních semenných bank jsou většinou druhy akumulované v půdní semenné bance v raných sukcesních stádiích lesa (Pickett a McDonnell 1989; Hyatt a Casper 2000; Bossuyt et al. 2002). Zastoupení těchto dominantních druhů podporuje teorii, která tvrdí, že půdní semenná banka lesních porostů je formována hlavně v raných sukcesních stádiích lesa (Hyatt 1999). Zajímavé je, že lesní půdní semenná banka neobsahuje mnoho lesních druhů, důvodem může být fakt, že lesní druhy produkují velká semena s krátkou životností (Hermy 1999). Velká semena mají krátkou životnost také proto, že jsou lépe viditelná granivorními konzumenty a k jejich inkorporaci do půdy jsou potřeba větší póry v půdě. Naopak menší semena snadněji zapadnou i do malých půdních prasklin a uniknou tak pozornosti konzumentů (Thompson 1987).

Životnost semen v půdě ovlivňuje velmi mnoho jiných faktorů, než pouze velikost semen. Životnost semen může být ovlivněna například některými půdními vlastnostmi. Vliv půdních vlastností na životnost semen v půdě byl zkoumán pouze v několika málo studiích.

Vliv vlhkosti půdy na půdní semennou banku není jednoznačný. Některé z publikovaných výsledků poukazují na to, že vlhkost půdy ovlivňuje životnost semen v půdní semenné bance (Bekker et al. 1998; Long et al. 2009; Pakeman et al. 2012), zatímco v jiných studiích nebyl žádný podobný vztah nalezen (Albrecht a Auerswald 2003). Vlhčí prostředí v půdě způsobuje kratší životnost semen v půdní semenné bance (Long et al. 2009; Pakeman et al. 2012). Vlhkost půdy také významně ovlivňuje hustotu semen a druhovou bohatost půdní semenné banky (Maia et al. 2004; Lundholm a Stark 2007).

Klíčení semen z půdní semenné banky je také velkou měrou ovlivněno světlem, především změnou kvality světla způsobenou průchodem světelného paprsku přes koruny stromů. To platí i pro semena, která nemají specifické požadavky na kvalitu světla potřebnou k jejich klíčení (King 1974). Tento fakt ovlivňuje samozřejmě také délku periody, po kterou semena zůstávají přítomna v půdní semenné bance. Kvalita

a množství světla v lesním ekosystému je nejvíce ovlivněna celkovou pokryvností a druhovým složením stromového, keřového a bylinného patra. V lesním podrostu dominuje červená část světelného spektra, což spolu s menším množstvím světla tlumí klíčení světlomilných druhů (van der Valk 1992). Kvalita a množství světla jsou jedněmi z nejdůležitějších faktorů pro růst a reprodukci lesních druhů (Whigham 2004). Pro klíčení těchto druhů mají v lesním prostředí velký význam nejrůznější disturbance, které mohou způsobit vytvoření mezer v korunovém zápoji a umožnit tak průchod světla do nižších pater vegetace (Webb 1999). Nicméně existuje studie z prostředí temperátního opadavého lesa, z jejíž výsledků vyplývá, že většina semen v půdní semenné bance zůstane nevyklíčená dokonce v rámci přírodních disturbancí, kdy je po narušení v porostu přítomno zvýšené množství světla v porovnání s porostem nenarušeným (Hyatt 1999).

Většina lesních druhů jsou vytrvalé druhy vyznačující se bujným klonálním růstem (Whigham 2004). K sexuálnímu rozmnožování dochází nejčastěji pouze v rámci omezeného prostoru mezer v korunovém zápoji, kde je k dispozici více světla. Například druh *Uvularia perfoliata* vytváří ramety pod uzavřeným korunovým zápojem, avšak pokud dojde z nějakých příčin k uvolnění tohoto zápoje, začne se tento druh rozmnožovat také sexuálně (Kudoh et al. 1999).

Studium půdní semenné banky v souvislosti s půdními vlastnostmi na daném stanovišti je vysoce závislé na měřítku zpracování celé studie. Korelace mezi půdní semennou bankou a půdními vlastnostmi je vysoce významná v území s velmi různorodými typy společenstev (Albrecht a Auerswald 2003). Složení půdní semenné banky může být výrazně ovlivněno vzdálenostmi mezi jednotlivými odběrnými plochami. Způsob jakým je možné tento problém vyřešit, je využití tzv. Mantel testů (Smouse et al. 1986). V těchto testech jsou porovnány dvě matice, tedy matice geografických vzdáleností a matice nepodobností složení půdní semenné banky. Při porovnání těchto dvou matic je možné zjistit, jestli mezi nimi existuje nějaký vztah. Pokud Mantel testy neobjeví žádný vztah mezi použitými daty, můžeme konstatovat, že vzdálenosti mezi odběrnými plochami nemají žádný vliv na složení půdní semenné banky, což je vysoce žádoucí.

Mnoho studií zabývajících se půdními vlastnostmi, zejména pak půdní vlhkostí, obsahem dusíku a půdní reakcí (Decocq et al. 2004; Pakeman et al. 2012), využívá

místo přímého měření Ellenbergovy indikační hodnoty (Ellenberg et al. 1992) ke stanovení výše těchto proměnných. Problém pak nastává, pokud chceme korelovat takto vypočítané hodnoty s jinými proměnnými, získanými ze stejného souboru dat. Ve výsledku se tak nejedná o nezávislá data a výsledky jsou tímto postupem značně zkreslené (Zelený a Schaffers 2012). Z tohoto důvodu je potřeba více studií využívajících přímě měření namísto použití Ellenbergových indikačních hodnot.

3.3 Vliv záplav na půdní semennou banku

Rozšiřování semen na dlouhé vzdálenosti je také pravděpodobně ovlivněno hydrologií biotopu (Nilsson et al. 2002 in James et al. 2007, Boedeltje et al. 2003) a mimoto můžeme očekávat pokles přísunu semen hydrochorií v závislosti na klesající četnosti záplav. Avšak v častěji zaplavovaných biotopech můžeme předpokládat ztrátu semen promýváním ze sedimentu, maximum semen můžeme tudíž najít v semenné bance půd, které jsou zaplavovány pouze se střední četností.

Je také velmi pravděpodobné, že začleňování semen do půdní semenné banky částečně závisí na sedimentačních charakteristikách, například na velikosti částic a stupni kompaktnosti půdy. Tyto charakteristiky se velmi často liší mezi různými místy s odlišnou hydrogeomorfologií, čímž může být půdní semenná banka dále diferencována (James et al. 2007). Následkem toho můžeme očekávat změny složení a struktury půdní semenné banky například v souvislosti s globálními klimatickými změnami. Obzvláště při změnách frekvence velkých povodňových stavů můžeme očekávat snížení druhové diverzity hydrofilních druhů v půdní semenné bance řídké zaplavovaných stanovišť, které bez adekvátních možností doplňovat semennou banku mohou vyhynout díky mortalitě a granivorii. Následně můžeme očekávat ztrátu rozmanitosti lokální biodiverzity a homogenizaci půdní semenné banky v lokálním měřítku jako důsledek dlouhodobého působení člověka na hydrologii, zejména pak snižování četnosti záplav (James et al. 2007).

A protože půdní semenná banka je klíčovým prostředkem reakce vegetace na období sucha a záplav v efemérních mokřadech, takovéto dopady by mohly mít pravděpodobně dalekosáhlé ekologické následky (James et al. 2007).

Protože semena většiny vlhkomilných rostlin jsou rozšiřována pomocí hydrochorie, mohou mít mokřady spojené povrchovými vodami podobnou semennou banku. Ale pokud zde existují některé ekologické gradienty, můžeme nalézt různé vzory prostorového rozložení semenné banky v závislosti na různých podmínkách pro klíčení a vývoj (Peterson a Baldwin 2004).

Zatímco o variabilitě půdní semenné banky mokřadů v rámci krajiny je známo velmi málo, studie na menší prostorové škále ukazují, že složení půdní semenné banky se může měnit v závislosti na nadmořské výšce, na výškových rozdílech mezi jednotlivými stanovišti následkem různé mikrotopografické variability a také v závislosti na typu rostlinného společenstva (Peterson a Baldwin 2004).

Následkem velkých povodní a s předpokladem jejich zvyšujícího se rizika v rámci klimatických změn, se v mnoha státech Evropy debatuje o výhodách tradičního využívání krajiny a vodního hospodaření (Gerard et al. 2008).

Je například doporučována obnova inundačních území ke snížení povodňového rizika což umožňuje obnovit druhovou bohatost záplavových stanovišť pomocí využití povodňové dynamiky (Boedeltje et al. 2004, Meire et al. 2005).

Kromě toho může být obnovena funkce některých vodních kanálů, čímž by pravděpodobně došlo k propojení izolovaných území a ke zvýšení disperze propagulí touto cestou (Boedeltje et al. 2004). Každopádně, potenciál zvyšování diverzity pomocí obnovení záplavové dynamiky v přírodě je stále předmětem debaty (Gerard et al. 2008).

Hlavní příčinou obav z obnoveného povodňování je to, že může vyvolat vyšší eutrofizaci díky přísunu živin rozpuštěných v půdě. To může mít za následek podporu vysoce aktivních eutrofních a produktivních druhů a tím i pokles druhové diverzity (Higler 1993). Na druhou stranu mohou povodňové disturbance snižovat kompetici a zvýhodnit tak růst druhů se slabou kompetiční schopností (Lenssen et al. 2004), což by vedlo k zvyšování druhové bohatosti aktuální vegetace. Ve studii, kterou publikovali Lenssen et al. (2004) bylo potvrzeno pouze zvýhodnění jednoho druhu (*Agrostis* sp.), který po záplavě zvýšil svoji pokryvnost. Jiné druhy zvýhodněny nebyly, protože přímé ztráty převyšovaly výhody z redukce kompetitivně silnějších druhů. Bylo však zkoumáno pouze šest druhů, takže výsledky se nedají zobecnit.

Abychom porozuměli vlivu obnovené povodňové dynamiky na potenciál obnovování a ochranu přírodního prostředí, musíme porozumět dopadům povodní na floristické složení jak semenné banky a současné vegetace, tak interakcím mezi těmito dvěma složkami. Dřívější studie byly většinou věnovány transportu diaspor vodou a ukládání sedimentů a semen na březích vod (Gerard et al. 2008).

Půdní semenná banka zaplavovaných luk, s hustotou přesahující 300 000 semen na metr krychlový, obsahovala významně více semen než banka semen nezaplavovaných luk. Množství alochtonních druhů bylo významně vyšší u zaplavovaných luk, ale druhová diverzita mezi zaplavovanými a nezaplavovanými místy se významně nelišila. V obou skupinách byla zřejmá dominance 3 až 4 druhů, které reprezentovaly 60 až 80 % složení půdní semenné banky. Diverzita vegetace se na těchto dvou stanovištích významně nelišila (Gerard et al. 2008).

Dominantní druhy zaplavovaných stanovišť vykazovaly významně vyšší počty semen než dominantní druhy v semenné bance nezaplavovaných stanovišť, což vysvětluje pozorovaný rozdíl v celkovém množství semen (Gerard et al. 2008).

Dominantní druhy semenné banky zaplavovaných stanovišť většinou chybí v nadzemní vegetaci. To neplatí v případě nezaplavovaných stanovišť, kde se druhy dominantní v semenné bance objevují také v aktuální vegetaci. A navíc bylo zjištěno, že dominantní druhy zaplavovaných stanovišť, jako například *Juncus effusus* a *Phalaris arundinacea*, skoro chybí nebo se v půdní semenné bance na stejném stanovišti objevují jen v nízkých počtech. To je v kontrastu s půdní semennou bankou nezaplavovaných stanovišť, kde se např. *Juncus effusus* objevuje ve vysokých počtech (Gerard et al. 2008).

Výsledky studie Thompsona a Grima (1979) ukázaly významně vyšší počet semen na zaplavovaných místech v porovnání s těmi nezaplavovanými. To může být způsobeno několika příčinami. V mnoha studiích bylo zjištěno, že denzita semen se zvyšuje s půdní vlhkostí následkem přítomnosti vysoké hustoty semen druhů rodu *Juncus*, jejichž přežití je pravděpodobně podpořeno anoxickým prostředím (Thompson a Grime 1979 in Gerard et al. 2008).

Další možné vysvětlení vysokého počtu semen v semenné bance zaplavovaných stanovišť je, že druhy vyskytující se na stanovištích s vysokým stupněm disturbance

mají tendenci produkovat více semen do trvalé půdní semenné banky (Thompson a Grime 1979 in Gerard et al. 2008).

Na nezaplavovaných stanovištích je hlavním zdrojem přísunu semen aktuální vegetace. Složení semenné banky zde tedy reflektuje kombinaci druhů zdejšího rostlinného společenstva (Goodson et al. 2003). Naopak na místa zaplavovaná jsou proudem transportována semena z různých stanovišť (Gerard et al. 2008).

Většina druhů diaspor transportovaná toky v nižších polohách patří k několika málo druhům (Boedeltje et al. 2003 in Gerard et al. 2008), proto můžeme očekávat, že semena transportovaná povodněmi náleží také k omezenému množství druhů. Bylo zjištěno, že vliv povodní na druhovou diverzitu půdní semenné banky není významný (Gerard et al. 2008).

Nebylo zjištěno, že by na zaplavovaných stanovištích byla větší druhová bohatost aktuálně rostoucích druhů. A to i přesto, že bylo na těchto stanovištích nalezeno významně vyšší množství alochtonních druhů v půdní semenné bance. To poukazuje na to, že importovaná semena se z nějakého důvodu nemohou včlenit do aktuální vegetace. Hlavním důvodem může být, že semena pocházejí z prostředí s jinými podmínkami a podmínky nového stanoviště nejsou vhodné pro jejich klíčení a vývoj (Gerard et al. 2008).

Mezi vzácně zaplavovanými biotopy může mít prostorová variabilita pravděpodobně větší vliv na distribuci diaspor v rámci semenné banky než zaplavování (například mortalita, granivorie a sekundární šíření větrem). Stejně tak můžeme očekávat, že složení půdní semenné banky bude méně variabilní v rámci častěji zaplavovaných biotopů, kde bude rozprostření diaspor více homogenní. Vztahy mezi lokálním rozložením variability složení půdní semenné banky a fluviálními procesy mohly být předešлыми studiemi přehlíženy (James et al. 2007).

3.4 Význam půdní semenné banky

Mnoho rostlinných druhů přežívá nepříznivé podmínky pomocí produkce semen, která mohou přežít mnoho let. Semena se akumulují v půdě a čekají na vhodné podmínky ke klíčení. U druhů, které rostou v prostředí s časově nebo prostorově nepředvídatelným

režimem disturbance, jako například lesní mezery nebo zaplavované louky, můžeme v půdní semenné bance nalézt vysoké počty semen, někdy až kolem 10 000 semen na metr krychlový (Bossuyt et al. 2002 in Honnay et al. 2008).

Produkce dlouho přežívajících semen může být velmi důležitým aspektem populační dynamiky druhů, které nejsou specificky adaptované na disturbance. Existují také náznaky, že půdní semenná banka může fungovat jako vyrovnávací prostředek (tzv. buffer) proti vymření malých a izolovaných populací rostlin, které jsou typické pro dnešní vysoce fragmentovanou krajinu (Honnay et al. 2008). Fragmentované populace jsou mnohem náchylnější na vyhynutí než větší populace, mohou trpět např. genetickou erozí a v neposlední řadě také velkou proměnlivostí přírodních podmínek a složení populací (Honnay et al. 2005).

Na malých a izolovaných fragmentech vápnomilných trávníků ve Švýcarsku, měly druhy se semeny s dlouhou životností (nad 5 let) menší pravděpodobnost vyhynutí než luční druhy se semeny s krátkou životností (Stöcklin a Fischer 1999). Stejně tak druhy se semeny s dlouhou životností převažovaly na prostorově izolovaných fragmentech krajiny v Belgii (Piessens et al. 2004), což poukazuje na efekt menšího vymírání druhů se semeny s dlouhou životností v rámci vymírání rostlin způsobeného fragmentací krajiny (Honnay et al. 2008).

Předpokládá se, že druhy rostlin s dlouho životaschopnými semeny podléhají menšímu riziku lokálního vymírání, protože mohou vyrovnávat nepředvídatelné změny přírodních podmínek pomocí půdní semenné banky (Piessens et al. 2004). Semenná banka může také udržet a obnovovat genetickou diverzitu aktuální vegetace. V průběhu let se v půdní semenné bance akumulují různé genotypy z mnoha generací, což dává vznik různorodé genové bance, potenciálně dokonce převyšující genetickou diverzitu současné (aktuální) vegetace (Templeton a Levin 1979).

Pokud v populaci dojde z nějakého důvodu náhle k poklesu počtu jedinců, mohou genotypy uložené v půdní semenné bance obnovit genetickou diverzitu nadzemní vegetace ihned, jakmile to podmínky na stanovišti znovu dovolí (Uesugi et al. 2007). V současné době máme také teoretické důkazy o tom, že vytrvalá semenná banka zvyšuje efektivní velikost populace (Nunney 2002). Empirické ověření tohoto tvrzení je dosud nedostatečné (Honnay et al. 2005).

Druhy s vytrvalou semennou bankou by měly být méně náchylné na ztrátu genetické variability v rámci fragmentace biotopů a porostů, protože vysoká efektivní velikost populace chrání populaci proti ztrátě alel způsobené genetickým driftem (Honnay a Jacquemyn 2007).

Z výsledků studie Honnay et al. (2008) vyplývá, že rozdíl v genetické variabilitě mezi semennou bankou a nadzemní vegetací je způsoben spíše lokální selekcí než akumulací genetické diverzity v semenné bance. Ačkoli se zdá teoreticky možné, že se v půdě v průběhu let akumulují různé genotypy, je spíše pravděpodobnější, že semena neklíčí, protože jsou příliš hluboko v půdě nebo jednoduše proto, že příliš rychle ztrácejí klíčivost (Honnay et al. 2008).

3.5 Životaschopnost a přežívání semen v půdě

Predátoři upřednostňují určitou velikost semen, což má vliv na evoluci velikosti semen. Například hmyz může využívat semena jako potravu pro své larvy. Někdy je larva uzavřena v semeni, což může být silný evoluční argument pro snížení velikosti semen a uniknutí predaci díky nedostatečné zásobě energie pro podporu vývoje predátora. Podobně, pokud druh tvoří více malých semen, pak má větší šanci, že některá semena uniknou predaci než druh tvořící méně větších semen (Thompson 1987).

Životnost semen v půdě může být někdy velmi dlouhá, například až 100 let u druhu *Verbascum thapsus*, 80 let u *Oenothera biennis*, 100 let u *Digitalis purpurea* a 200 let u *Hypericum pulchrum*. Tato semena s dlouhou životností, jsou bez výjimky velmi malá, což podporuje názor, že schopnost odolávat predaci je důležitá vlastnost v evoluci dlouhověkosti semen. Chybějící semenná banka tropických stromů je připisována právě predaci (Thompson 1987).

Ztráta mnoha semen je často způsobena předčasným vyklíčením semen druhů, která mají schopnost klíčit v různých podmínkách. Tato semena často vyklíčí i hluboko v půdě, kde nejsou dostatečné podmínky pro následný vývoj rostliny, což způsobí vyšší úhyn semenáčků. Semena s delší životností mají proto mnoho mechanismů zabráňujících předčasnému klíčení v nevhodných podmínkách (Thompson 1987).

Obranné mechanismy byly u rostlin zkoumány především u klíčících a již vyvinutých rostlin, pouze málo pozornosti bylo věnováno obranným mechanismům u semen. Semena patří mezi nejvíce chráněné části rostlin. Mimoto schopnost semen přežít určuje následně prostorové rozmístění a koexistenci druhů ve společenstvu (Hurtt a Pacala 1995).

Na rozdíl od již vyvinutých rostlin, které využívají vnější zdroje, využívají semena pro své přežití pouze limitované vnitřní zdroje, které se postupem času zmenšují. Důsledkem je, že faktory ovlivňující přežívání semen mohou silně působit na selekci různých vlastností semen (Dahling et al. 2011). Většina úvah o ochraně semen se soustředí na selekci velikosti semen, zásobu živin a strukturní nebo chemické způsoby, které ovlivňují míru predace před jejich včleněním do půdy (Thompson et al. 2003).

Existuje mnoho způsobů dormance semen (Baskin a Baskin 1998 in Dahling et al. 2011). Nicméně, většina druhů využívá dva způsoby, fyziologický a morfologický, popřípadě kombinaci obou. Princip obou uvedených druhů dormance je podobný, oba zamezují klíčení semene během nevyhovujících podmínek pro rozvoj rostliny. Výskyt morfologického a fyziologického principu dormance se liší mezi různými typy stanovišť (Dahling et al. 2011).

Semena s dormancí způsobenou morfologickými faktory klíčí, jakmile je porušena nepropustná vrstva obalující semeno (tzv. osemení). Porušení nepropustnosti osemení je často zapříčiněno vysokými nebo rozkolísanými teplotami, u některých druhů spojenými například s ohněm (Hanley a Fenner 1998) nebo s vznikajícími mezerami ve vyšších patrech vegetace (Vázquez–Yanes a Orozco–Segovia 1982 in Dahling et al. 2011), což nebylo například ve studii brazilských autorů Válio a Scarpa (2000) potvrzeno. Závislost iniciace klíčení na exogenních faktorech naznačuje, že morfologicky dormantní semena mohou být omezena v možnosti rozložit rizikové období klíčení na delší období s větší paletou možností ujmoutí semenáčků, ačkoli u některých taxonů s tímto typem dormance se schopnost klíčení liší mezi různými obdobími roku (Jayasuriya et al. 2009). Zdá se, že morfologická dormance je výhodná pro biotopy se stálými podmínkami, kde je vysoká pravděpodobnost úspěšného rozvoje vyklíčených semen (Dahling et al. 2011).

V některých typech prostředí nastávají vhodné podmínky pro klíčení poměrně často, ale přežívání semenáčků je vysoce variabilní. Pro semena to znamená prostředí s nestálými podmínkami, kde dobré podmínky pro klíčení ještě neznamenají úspěšný rozvoj a přežití semenáčku. U fyziologicky podmíněné dormance (blokování růstu embrya chemickou cestou) existuje endogenní mechanismus, který umožňuje rozložení klíčení do mnoha let či příznivých období roku (Baskin a Baskin 1998 in Dahling et al. 2011). Proto je dormance způsobená fyziologicky běžná u druhů, které upřednostňují biotopy se značným kolísáním ekologických faktorů.

Predace semen má nesporný význam pro semennou banku, protože je běžné, že bývá napadeno více jak 90 % všech semen. Interakcí s predátory a patogeny se u semen vyvinuly různé způsoby chemické a fyzické ochrany, které mají zásadní význam pro jejich přežití nejen v půdě (Dahling et al. 2011). Existují čtyři mechanismy, které mohou preventivně působit proti patogenům: mechanicky způsobená nepropustnost, endogenní chemické obranné látky, chemické ochranné látky v rámci symbiózy s mikroorganismy a rychlé klíčení semen (Dahling et al. 2011).

Morfologické způsoby ochrany jsou nejvíce patrné u semen s tvrdým osemením (např. u čeledi *Fabaceae*), které jsou nepropustné pro vodu až do okamžiku než je ochrana odbourána a dojde k samotnému klíčení. Morfologická dormance je výhodnou strategií obrany proti hlodavcům, hledajícím potravu pomocí čichu, kteří nejsou schopni nalézt v půdě semena, která zůstávají nepropustná pro vodu (Van der Wall 1998). Předpokladem je, že tento způsob ochrany je také účinný proti mikroorganismům, které nemají přístup k živinami bohatému obsahu semen. Také u některých semen fyziologicky dormantních se můžeme setkat s podobnými morfologickými bariérami, které potřebují narušení před vlastním vývojem kořínku a chrání tak semena proti mikrobiální aktivitě zvenčí (Baskin a Baskin 1998 in Dahling et al. 2011).

Semena mohou obsahovat širokou škálu chemických látek často v koncentracích vysoce převyšujících koncentraci těchto látek v jiných částech rostliny (Berenbaum 1981). Syntéza chemických látek je vysoce energeticky náročná, přibližně stejně energeticky náročné je i vytváření fyzikálních (morfologických) bariér (Zangerl a Berenbaum 1997 in Dahling et al. 2011). Efektivita mnoha takových látek při obraně proti predátorům a patogenům nebyla dosud zkoumána. Proti mikrobiálním infekcím mohou být jako

efektivní považovány například fenolické sloučeniny, fungicidní proteiny a alkaloidy. Tyto sloučeniny jsou častěji obsaženy v obalných pletivech, než v embryu či endospermu (Dahling et al. 2011).

Ne všechny bakterie a houby jsou pro semena nebezpečím. Některé bakterie či houby můžeme nalézt v pletivech nebo na povrchu životaschopných semen přicházejících do kontaktu s půdou. Tyto bakterie či houby mohou být efektivní prevencí proti patogenním infekcím ohrožujícím semeno nacházející se v půdním prostředí (Kremer 1987).

U některých druhů trav jsou v obilkách obsaženy endofyty z čeledi *Clavicipitaceae*, které mohou po vyklíčení poskytnout rostlině mnoho výhod (například ochranu proti herbivorům, odolnost proti suchu a zlepšení růstu kořenů (Dahling et al. 2011)) a mohou změnit interakce mezi semeny a jinými organismy (Dahling et al. 2011). Ačkoli přenos endofytů z mateřské rostliny do semen není běžný (mimo specifickou endofytní symbiózu u trav), bylo v deštných pralesích doloženo, že semena stromů obsahují stejný genotyp houby, jaký se nachází ve zdravých listech stromů v témže biotopu (Dahling et al. 2011). Zjistilo se, že tyto houby později chrání semenáčky proti mikrobiálním patogenům (Dahling et al. 2011). To dokazuje, že některé druhy hub, žijící endogenně v semenech, mohou hrát důležitou roli v obraně proti patogenům, což bývá často přehlíženo.

Semena mohou být často infikována tzv. dobrými houbami až po diseminaci, ne pouze na mateřské rostlině. V některých studiích, týkajících se výzkumu v tropických lesích v Panamě, bylo prokázáno, že pionýrské druhy rostlin jsou po proniknutí do půdy rychle infikovány velkým množstvím hub z odd. *Ascomycota*. Ačkoli všechny druhy hub byly v těchto studiích izolovány z neživotaschopných semen, některé taxony těchto hub byly asociovány se semeny, která v půdě přežívala mnohem déle, než se předpokládalo. Jiné houby spolehlivě souvisely s obtížnějším klíčením semen (Dahling et al. 2011) a další, včetně taxonů primárně známých jako saprotrofní, neměly na klíčení semen žádný pozorovatelný vliv (př. *Xylaria* spp.).

Předpokládá se, že mikrobiální společenstva na povrchu semen fungují jako ochrana proti útoku patogenů a zároveň způsobují pomalý rozklad tvrdého osemení. Naopak, houby, které kolonizují obsah semene, mohou jako první limitovat následné patogenní

infekce (tzv. priority effect) a mohou tak být mimořádně důležité pro obranu semen, která nemají žádné jiné bariéry proti mikrobiálním infekcím (Dahling et al. 2011).

Klíčení je velmi citlivým obdobím vývoje rostliny. Při klíčení dochází k porušení struktur chránících semeno (např. osemení) a je umožněn přístup bakterií a hyf hub do nitra semene. Navíc semenáčky, které nemají zásoby živin v semeni, nemusí být schopné syntetizovat obranné látky proti těmto patogenům. Pouze rychlé klíčení tak může snížit pravděpodobnost patogenní infekce (Dahling et al. 2011).

3.6 Funkční vlastnosti rostlin v souvislosti s půdní semennou bankou

Bylo publikováno mnoho studií zabývajících se půdní semennou bankou, pouze málo z nich se však věnuje problematice funkčních vlastností rostlin (functional traits). O vztahu půdní semenné banky a funkčních vlastnostech rostlin mnoho nevíme, výjimkou je životnost semen. To platí zejména pro vztah semenné banky se stářím lesa.

Z většiny publikovaných výsledků vyplývá, že ve starších lesních porostech je více semen s delší životností, než je tomu u semenné banky mladších porostů (Plue at al. 2010). Tento fakt je silně spjat s velikostí semen (Thompson 1987, Thompson a Grime 1979, Thompson et al. 1993, Bakker et al. 1996, Bekker et al. 1998, Hodkinson et al. 1998). Menší semena se lépe začleňují do půdního profilu (Bakker et al. 1996, Fenner a Thompson 2005). Rychlost začlenění do půdního profilu je jednou z nejdůležitějších podmínek pro dlouhodobé přežití semen v půdní semenné bance (Thompson et al. 1993). Tato problematika byla již zmíněna v kapitole 3.5 Životaschopnost a přežívání semen v půdě. Životnost semen je úzce spjata s délkou životního cyklu (Hodkinson et al. 1998, Thompson et al. 1998). Jednoleté a dvouleté rostliny mají semena s delší životností v porovnání s vytrvalými rostlinami (Thompson et al. 1998).

3.7. Metody studia půdní semenné banky

Při studiu půdní semenné banky jsou využívány dvě hlavní metody výzkumu. První z nich je metoda kultivační. Při kultivační metodě jsou vzorky půdy kultivovány ve skleníku. Postupně klíčící rostliny jsou určovány a odstraňovány, aby nedošlo ke konkurenci a omezení množství světla, což by mohlo bránit ostatním druhům v klíčení. K určování semenáčků existuje pouze velmi málo publikací, například Kropáč a Nejedlá (1956), Lhotská et al. (1985) a Deyl (1964). Bohužel, podobné publikace se většinou

věnují pouze plevelným druhům a moderní publikace zabývající se touto problematikou chybějí.

Pokud není možné semenáček určit, bývá přesazen do samostatného květináče a pěstován do takové fáze, kdy je determinace možná. Tento problém se týká zejména většiny druhů z čeledi *Poaceae*, které jsou v raných stádiích ontogeneze jen velmi těžko určitelné.

Největší nevýhodou této metody je její náročnost na čas a prostor. Vzorky je potřeba odebrat v dostatečném množství a poté je kultivovat v květináčích po nezbytně nutnou dobu. Pokud jsou vzorky rozprostřeny v tlustších vrstvách, pak dochází ke klíčení pouze těch semen, která se nacházejí na povrchu nebo bezprostředně pod ním (Ter Heerdt et al. 1996). Tento fakt je způsobený zejména dostupností světla, která výrazně klesá s hloubkou substrátu. Kultivační doba se pohybuje v řádu 10 až 12 měsíců, ale může být i delší než 2 roky. Často je také třeba vzorky po ukončení klíčící části stratifikovat v klimatickém boxu a poté je nechat znovu klíčit. Tímto způsobem můžeme odhalit přítomnost dormantních druhů.

Druhým způsobem studia půdní semenné banky je metoda separační. Při této metodě jsou půdní vzorky promyty přes síta různých velikostí, poté vysušeny a semena jsou pod binokulární lupou ze směsi ručně vybrána.

Podstatnou nevýhodou této metody je její velká časová náročnost. Metoda je použitelná pouze pro druhy o velikosti do 0,5 mm, protože u menších semen je velký problém je ze vzorku vybrat (Price et al. 2010). Například semena rodu *Juncus* mají často velikost okolo 0,2 mm. Přitom se jedná o druh, který je v půdní semenné bance přítomen nejčastěji a to bez ohledu na zkoumaný biotop (Bossuyt et al. 2002). Touto metodou tedy ztrácíme velké množství informací. Další nevýhodou je, že neznáme klíčivost, životaschopnost a vzházivost vybraných semen, je tedy nutné provádět dodatečně testy klíčivosti. Na druhou stranu lze s použitím této metody nalézt větší množství druhů v porovnání s metodou kultivační (Brown 1992). Další výhodou je to, že jsou (u větších druhů) nalezena všechna semena včetně těch dormantních.

Ideálním způsobem studia půdní semenné banky je tzv. modifikovaná kultivační metoda, při které se používá proplavování vzorků přes velmi jemná síta (Ter Heerdt et

al. 1996). Po odebrání vzorků jsou tyto promyty přes velmi jemná síta s průměrem minimálně 0,2 mm, což napomůže k výrazné redukci objemu vzorků, protože dojde k odplavení nejjemnějších jílovitých částí půdy. Redukce objemu je někdy dost vysoká, v závislosti na obsahu organického materiálu, u písčitých půd se pohybuje okolo 55 % objemu a u jílovitých půd dokonce až o 85 % objemu (Ter Heerdt et al. 1996). Zredukované vzorky poté v co nejjemnější vrstvě (maximálně však 3 až 4 mm) umístíme na tlustší vrstvu sterilizovaného substrátu, který zajistí, aby byly vzorky stejnoměrně vlhké a nevysychaly. Tímto postupem je možné zajistit, že 95 % semen vyklíčí v průběhu 3 až 4 týdnů. Tato metoda je pro své výhody v současné době nejpoužívanější metodou ve studiu půdních semenných bank. Je však třeba upozornit, že autor této metody (Ter Heerdt et al. 1996) doporučuje vzorky po ukončení kultivační fáze prohlédnout pod binokulární lupou pro identifikace případných nevyklíčených semen.

3.8. Vegetace zájmového území

Fytogeograficky náleží zkoumané území k panonskému termofytiku (Skalický 1988). Jedná se o rozsáhlý komplex lužního lesa s dubohabřinami na vyvýšeninách. Rozlohou se jedná o největší komplex lužních lesů u nás a tvoří přibližně 1/3 rozlohy lužních lesů v České republice (<http://www.janmiklin.cz>, citováno on-line 1. 2. 2014).

Lužní lesy mají v dnešní době mnoho důležitých funkcí. Velmi důležitá je jejich funkce protipovodňová. Stanoviště jsou značně heterogenní, s čímž souvisí velká biologická diverzita. V neposlední řadě plní lužní lesy výraznou estetickou a rekreační roli (např. Lednicko-valtický areál je hojně využíván turisty a cykloturisty). Také produkční úroveň lužních lesů je v rámci mírného pásma střední Evropy vysoká (Klím 2003).

Lužní les je lesní vegetací s dominancí dřevin, které snášejí dočasné zamokření kořenového systému během roku a tím i omezení přístupu kyslíku. Jedná se například o druhy *Fraxinus excelsior*, *F. angustifolia*, *Quercus robur*, *Ulmus laevis*, *U. minor*, *Salix alba* či topoly *Populus alba* a *P. nigra*. Naproti tomu stromové patro dubohabřin bývá tvořeno dřevinami, které zaplavení půdního profilu špatně tolerují *Carpinus betulus*, *Quercus petraea* a *Tilia cordata* (Chytrý et al. 2010).

V jarních měsících se v těchto lesích typicky vyvíjí tzv. jarní aspekt s výrazným podílem zejména geofytů, ale i jiných druhů rostlin (tzv. efemeroidy). Tyto druhy využívají velké množství světla v porostu před olistěním korun stromů k rozvoji a reprodukci. Většina těchto rostlin zatahuje do půdy pozdě na jaře nebo na začátku léta a vyrostle zase příští rok na jaře. Jako příklad můžeme uvést druhy *Allium ursinum*, *Anemone nemorosa*, *Anemone ranunculoides*, *Gagea lutea* a další. Mechové patro nebývá vyvinuto, případně nalezneme mechy pouze na mrtvém dřevě a na bázi kmenů. Půdami jsou fluvizemě nebo gleje, většinou velmi dobře zásobené živinami. Pro lužní lesy je typický intenzivní koloběh dusíku s rychlým rozkladem odumřelé biomasy (Klimo 2003). Výška hladiny podzemní vody je závislá zejména na daném biotopu, nejvýše k povrchu je u měkkých luhů, níže u luhů tvrdých a nejnižší u dubohabřin. Lužní lesy i dubohabřiny se dále člení na jednotlivé biotopy. V zájmovém území se jedná o biotopy L2.3 tvrdé luhy nížinných řek, L2.4 měkké luhy nížinných řek a L3.4 panonské dubohabřiny (Chytrý et al. 2010). Nejdůležitějším faktorem, určujícím biotop stanoviště, je vzdálenost od toku a topografie terénu. Nejbližší k toku se vyskytují měkké luhy, poté následují luhy tvrdé a dubohabřiny se vyskytují na vyvýšených částech terénu, kam nedosahují případné záplavy.

Velmi výrazným faktorem ve výše jmenovaných biotopech v aluviích řek jsou povodně, většinou se jedná o jarní povodně. Povodně ovlivňují nejen hydrologické, ale také pedologické poměry na stanovišti, protože mohou přinášet velké množství půdního a půdotvorného materiálu. Regulace a napřimování toků může výrazně negativně ovlivnit biotopy lužního lesa, zejména hladinu podzemní vody, a tím i jejich vlhkostní režim (Vybíral 2007).

3.8.1 Měkké luhy nížinných řek

Fytocenologicky se jedná o svaz *Salicion albae*, asociace *Salicetum albae* (Chytrý et al. 2013).

Měkký luh nížinných řek je v polesí Valtice zastoupen výrazně méně než tvrdé luhy, neboť se jedná o biotop, který je vázaný zejména na břehy řek a slepých říčních ramen. Pro tato stanoviště jsou typické pravidelné a dlouhotrvající záplavy a silně kolísající hladina podzemní vody. Záplavové vody s sebou přinášejí velké množství jemných sedimentů. Výše zmíněným způsobem může docházet k zvyšování půdního profilu,

přirozenému omezení záplav a poklesnutí hladiny podzemní vody, což může vést k přirozenému nahrazení těchto měkkých luhů luhy tvrdými (<http://flora.upol.cz/vegetace.html>, citováno on–line 02. 02. 2014). Půdy jsou zpravidla těžké, velmi hluboké a živinami dobře zásobené (Chytrý et al. 2010).

Biotop je charakterizován stromovým patrem, v němž je dominantní dřevinou zejména *Salix alba*, případně s příměsí *Salix fragilis*, příměs tvoří také *Populus nigra* a *Populus alba*. Na jižní Moravě se může vyskytovat také hybridogenní druh *Populus*×*canescens*. Keřové patro bývá většinou tvořeno pouze zmlazenými dřevinami stromového patra případně druhy *Frangula alnus*, *Salix purpurea*, *S. viminalis*, *S. triandra* a *Sambucus nigra*. Významný je také výskyt liánovitých rostlin s nejčastějšími druhy *Humulus lupulus* a *Solanum dulcamara* (Chytrý et al. 2010).

V bylinném patře dominují zejména vlhkomilné druhy, např. *Aegopodium podagraria*, *Anthriscus sylvestris*, *Galium aparine*, *Glechoma hederacea*, *Lysimachia vulgaris*, a *Symphytum officinale* apod. Výrazný je také podíl mokřadních rostlin na zamokřených místech, např. *Alisma plantago-aquatica*, *Caltha palustris*, *Glyceria maxima*, *Iris pseudacorus* nebo *Phragmites australis* (Chytrý et al. 2010). Na těchto biotopech můžeme najít některé ohrožené druhy rostlin např. *Leucosium aestivum* a *Populus nigra*. Jihomoravské luhy se od ostatních liší právě výskytem druhů *Leucosium aestivum* a také *Aristolochia clematitis* (<http://flora.upol.cz/vegetace.html>, citováno on–line 02. 02. 2014).

Tato vegetace je nejvíce ohrožena regulacemi toků, snížením hladiny vody a regulacemi přirozených záplav, které jsou nejpodstatnějším faktorem pro tento biotop. Stejně jako tvrdé luhy jsou měkké luhy ohroženy také výsadbami nepůvodních dřevin využívaných k energetickým účelům. Měkké luhy bývají silně postiženy také výskytem nepůvodních druhů, a to jak ve stromovém, tak v bylinném patře, např. *Impatiens glandulifera*, *Helianthus tuberosus*, *Echinocystis lobata*, *Solidago gigantea*, *Acer negundo*, *Bidens frondosa*, *Aster lanceolatus*, *Rudbeckia laciniata* a dalšími druhy. Biotopy bývají často postiženy také silnou eutrofizací. Významnou lokalitou, náležející k tomuto biotopu v polesí Valtice, je NPR Křivé jezero, ve které bylo pro účely výzkumu odebráno několik půdních vzorků (Chytrý et al. 2010, <http://flora.upol.cz/vegetace.html>, citováno on–line 02. 02. 2014).

3.8.2 Tvrdé luhy nížinných řek

Fytocenologicky se jedná o svaz *Alnion incanae*, podsvaz *Ulmenion*, asociace *Fraxino pannonicae-Ulmetum* (Chytrý et al. 2013).

Jedná se o biotop s pravidelnými až občasnými záplavami. Průměrná hladina podzemní vody je v hloubce jeden metr, avšak u regulovaných toků může poklesnout na 2 až 3 metry hluboko. Typické jsou výrazné výkyvy hladiny podzemní vody v rámci jednoho roku, které mohou přesáhnout rozmezí dvou metrů (Chytrý et al. 2010).

Tvrdé luhy nížinných řek jsou charakterizovány jilmovými a topolovými doubravami a jasaninami s dominancí *Fraxinus excelsior*, *Ulmus laevis* a *Ulmus minor*. Ve stromovém patře mohou být v závislosti na vlhkosti stanoviště přimíseny *Acer campestre*, *Alnus glutinosa*, *Populus nigra*, *Prunus padus* subsp. *padus* a *Tilia cordata*. Z topolů se můžeme na jižní Moravě setkat s *Populus nigra* a *Populus × canescens*. Keřové patro je tvořeno zmlazenými dřevinami hlavního patra, popřípadě druhy *Cornus sanguinea*, *Prunus padus* susp. *padus* a *Sambucus nigra* (Chytrý et al. 2010).

Bylinné patro je bohaté a převažují v něm zejména vlhkomilné až mezofilní druhy, například: *Aegopodium podagraria*, *Allium ursinum*, *Anemone ranunculoides*, *Carex remota*, *Corydalis cava*, *Geum urbanum*, *Glechoma hederacea*, *Pulmonaria officinalis*, *Urtica dioica* a *Viola reichenbachiana* (Chytrý et al. 2010).

Tyto biotopy byly v minulosti velmi často využívány jako pastevní nebo střední lesy, proto v nich nalezneme také duby, které bývají při využití přirozené obnovy nahrazovány méně světlo milnými dřevinami, např. jasanem. V dnešní době je biotop tvrdého luhu ohrožen zejména narušováním vodního režimu, např. odvodňováním pozemků nebo využíváním pozemků pro pěstování topolů či jiných cizokrajných druhů pro energetické účely. Dalším problémem je eutrofizace, která má za následek masivní šíření některých expanzivních druhů, např. *Urtica dioica*, *Aegopodium podagraria* nebo *Galium aparine*. Ani tomuto biotopu se nevyhýbají problémy s neofyty, zejména zde často rostou druhy *Aster lanceolatus*, *Impatiens glandulifera*, *I. parviflora*, *Reynoutria japonica*, *Solidago gigantea*, a některé druhy dřevin např. *Acer negundo* a *Fraxinus pennsylvanica* (Chytrý et al. 2010, <http://flora.upol.cz/vegetace.html>, citováno on-line 02. 02. 2014).

3.8.3 Panonské dubohabřiny

Fytocenologicky se jedná o svaz *Carpinion*, asociace *Primulo veris-Carpinetum* (Chytrý et al. 2013).

Jedná se o biotop, který na vyvýšených místech v aluviích jihomoravských řek nahrazuje biotop tvrdého luhu. Tato místa jsou na jižní Moravě nazývána hrůdy. Jedná se o vyvýšená místa, která nebývají pravidelně zaplavována, proto zde můžeme nalézt také dřeviny, které zaplavení půdního profilu netolerují. Půdy bývají hluboké, často písčité, s vysokým obsahem živin (Chytrý et al. 2010).

Ve stromovém patře bývají přítomny druhy *Carpinus betulus*, *Quercus petraea* a *Q. robur*, *Tilia cordata*. Častou příměsí je také *Acer campestre*. Keřové patro je charakterizováno přítomností teplomilných keřů (Chytrý et al. 2010).

V bylinném patře se vyskytují běžné hájové druhy jako *Campanula persicifolia*, *Convallaria majalis*, *Galium odoratum*, *Lathyrus vernus*, *Poa nemoralis* a *Viola reichenbachiana*. Na rozdíl od jiných typů dubohabřin mohou být zastoupeny také teplomilné druhy (např. *Viola mirabilis*). Na těchto stanovištích vyskytujících se v luzích je typický významný podíl vlhkomilnějších druhů přesahujících z okolního lužního lesa (Chytrý et al. 2010).

Biotop je obecně ohrožen zejména změnou obhospodařování, např. převodem na jehličnaté kultury či přezvěřením. Taktéž je ohrožen výskytem nepůvodních druhů jako *Robinia pseudacacia* a *Impatiens parviflora*. Dřevinná skladba dubohabřin byla v průběhu staletí silně ovlivněna hospodařením člověka. Stanoviště byla dříve využívána pro lesní pastvu nebo jako nízký a střední les. Pro stanoviště využívaná jako střední nebo nízký les bylo typické větší množství světla v porostu, což bylo spojeno s výskytem světlomilných druhů bylin a různých druhů bezobratlých živočichů, často vzácných a ohrožených. Kolem poloviny 20. století došlo k opuštění tohoto způsobu hospodaření a tyto lesy byly hromadně převáděny na vysokokmenné. To se projevilo například ústupem až vymizením výše zmíněných ohrožených druhů (<http://flora.upol.cz/vegetace.html>, citováno on-line 02. 02. 2014).

3.9 Historie obhospodařování lužních lesů

Lužní lesy v polesí Valtice jsou součástí biosférické rezervace Dolní Morava. Pro lužní lesy a nivní pozemky, vzniklé vykácením lesů a jejich využitím pro zemědělství, jsou typické záplavy. Jedná se většinou o jarní záplavy. To však většinou již neplatí, protože mnoho toků bylo v minulosti regulováno, zejména dolní část toku řek Dyje a Moravy. Poslední přirozené povodně na řece Dyji byly zaznamenány v roce 1972, na Moravě 1977. V roce 1983 byla dokončena výstavba vodního díla Nové mlýny na řece Dyji, jednalo se o velký zásah do ekosystému lužních lesů. Díky zahloubení koryta řeky a stavbě novomlýnských nádrží došlo k poklesu hladiny podzemní vody až o 90 cm a k eliminaci pravidelných povodní. Lužní lesy začaly vysychat, začalo docházet k vyššímu napadání stromů houbovými patogeny a celkově se snižovala ekologická stabilita porostů. Z těchto důvodů bylo v letech 1991–1999 přistoupeno k řešení této situace a revitalizaci lužních biotopů. Na dotčených místech bylo vybudováno (nebo obnoveno z doby Lichtenštejnského panství) množství vodních kanálů, stavidel a propustků za účelem zvýšení množství vody v lužních ekosystémech. Tento systém umožnil ovlivnění hladiny podzemní vody a řízené povodňování, což mělo za následek zlepšení stability porostů (Vybíral 2007).

Také druhová a věková skladba porostů byla velkou měrou ovlivněna hospodařením člověka. V současné době vypadá druhová skladba dle hospodářského plánu z let 2000–2009 takto: dub letní 41 %, jasan úzkolistý 29 %, topoly 13 %, vrby 4 %, olše 3 %, javory 3 %, habr 2 %, lípy 2 %, ostatní listnáče a borovice 3 % (Vybíral 2007).

Velmi detailní informace máme o hospodaření Lichtenštejnů v 18. století. Na připravené pozemky byly vysévány žaludy dubů původem z Chorvatska. Meziřadí mezi mladými stromy bylo po určitou dobu zemědělsky využíváno. Ostatní listnaté dřeviny jako jasan, jilm, lípa a javor začínají do lužního lesa pronikat až ve stáří 30 až 40 let. Již v 18. století začaly vznikat první lesní hospodářské plány. Les býval obnovován holosečným způsobem na velkých plochách, které dosahovaly velikosti i několik desítek hektarů. V důsledku nedostatku dříví bývaly vykloučené a využívané také pařezy a kořeny. Na takto připravené pozemky byly vysety žaludy a půda mezi řadami byla opět využívána k zemědělským účelům. Tento způsob hospodaření byl aplikován až do devadesátých let 20. století (Vybíral 2007).

Na počátku devadesátých let 20. století došlo díky plynofikaci a elektrifikaci k omezení potřeby dřeva k palivovým účelům. Po revoluci v roce 1989 zanikla také poptávka po polaření na uvolněných lesních pozemcích. Pařezy se stále klučily a ukládaly do valů v blízkosti pasek, tato metoda byla postupně nahrazena metodou frézování. V roce 1995 byla omezena velikost holé seče na 1 ha, s možnou výjimkou pro lužní lesy, kde může být velikost holé seče až 2 ha (Vybíral 2007).

V roce 2003 byla na území vyhlášena Biosférická rezervace Dolní Morava. Jedná se o území pomáhající naplnit cíle programu Člověk a biosféra (MaB). Člověk a biosféra je mezinárodní program vyhlášený v roce 1970 Organizací spojených národů pro výchovu, vědu a kulturu (UNESCO). Cílem tohoto programu je: *“podpořit rozumné a trvale udržitelné využívání přírodních zdrojů a zlepšení vztahů mezi člověkem a přírodou“* (<http://www.dolnimorava.org/>, citace on–line 07. 08. 2013).

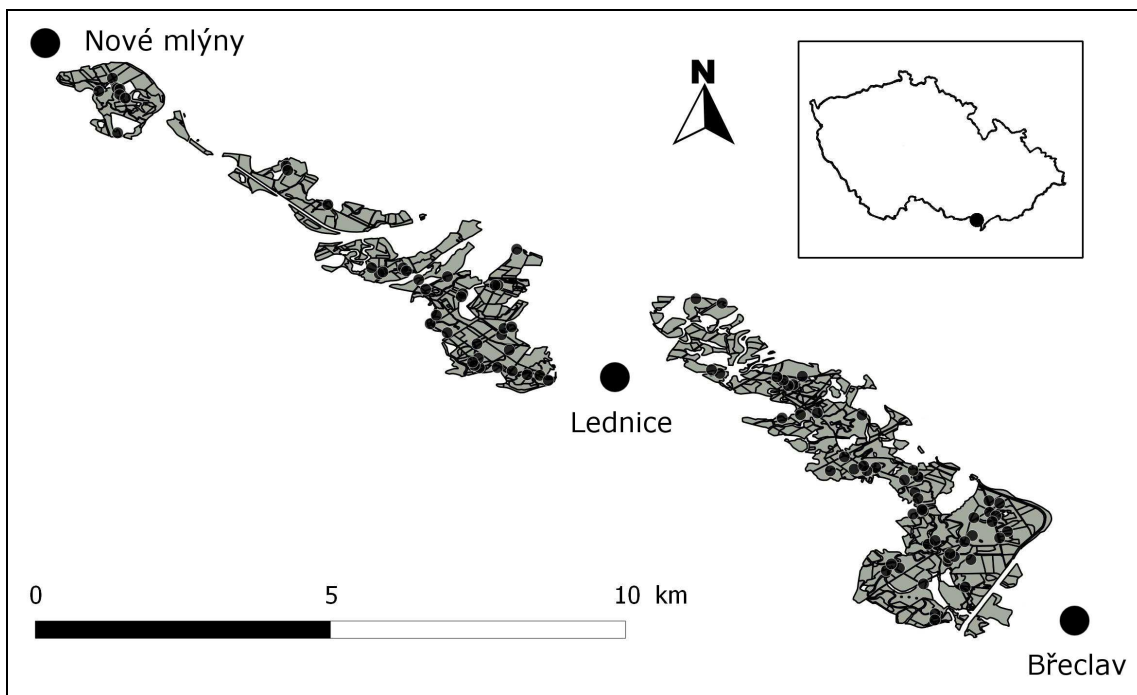
Biosférické rezervace mají několik dílčích cílů. Prvním z nich je ochrana přírodních i kulturních hodnot krajiny. Druhým je zajištění trvale udržitelného ekonomického a demografického rozvoje v daném území. Posledním, avšak neméně důležitým cílem je podpora modelových projektů, environmentální výchovy a vzdělávání, výzkumu a monitorovacích činností souvisejících s ochranou přírody a udržitelným rozvojem v různých měřítcích (<http://www.dolnimorava.org/>, citace on–line 07. 08. 2013).

Biosférická rezervace je rozdělena na tři zóny. Funkcí první zóny, tzv. jádrové zóny, je ochrana cenných přírodních stanovišť a biologické rozmanitosti. Biosférické rezervace nemají restriktivní moc, proto je výhodné navrhnout první zónu tak, aby navazovala na stávající chráněná území (zvláště chráněná území). Druhá zóna je zónou nárazníkovou a její hlavní funkcí je obklopovat nebo propojit zóny jádrové. Zbytek území tvoří zóna přechodová, tzv. oblast spolupráce. V této zóně probíhá běžná hospodářská činnost, která by měla být v souladu s trvale udržitelným rozvojem (<http://www.dolnimorava.org/>, citace on–line 07. 08. 2013).

4. Metodika

4.1 Lokalita, odběr a zpracování vzorků

Pro disertační práci bylo vybráno území lužních lesů na jižní Moravě v polesí Valtice, které se nachází severně od města Břeclav až po obec Nové Mlýny (48°48'7.15"N, 16°48'13.11"E, Obr 1.). Polesí náleží do povodí řeky Dyje. Většina lesního porostu je běžně lesnicky obhospodařována. V severní části polesí Valtice se nachází národní přírodní rezervace Křivé jezero. Území náleží do panonského termofytika (Skalický 1988). Nadmořská výška se pohybuje okolo 160 m n. m. Hlavním půdním typem jsou fluvisoly a hnědozemě (<http://geoportal.gov.cz/web/guest/home>, citování on-line 08. 02. 2013).

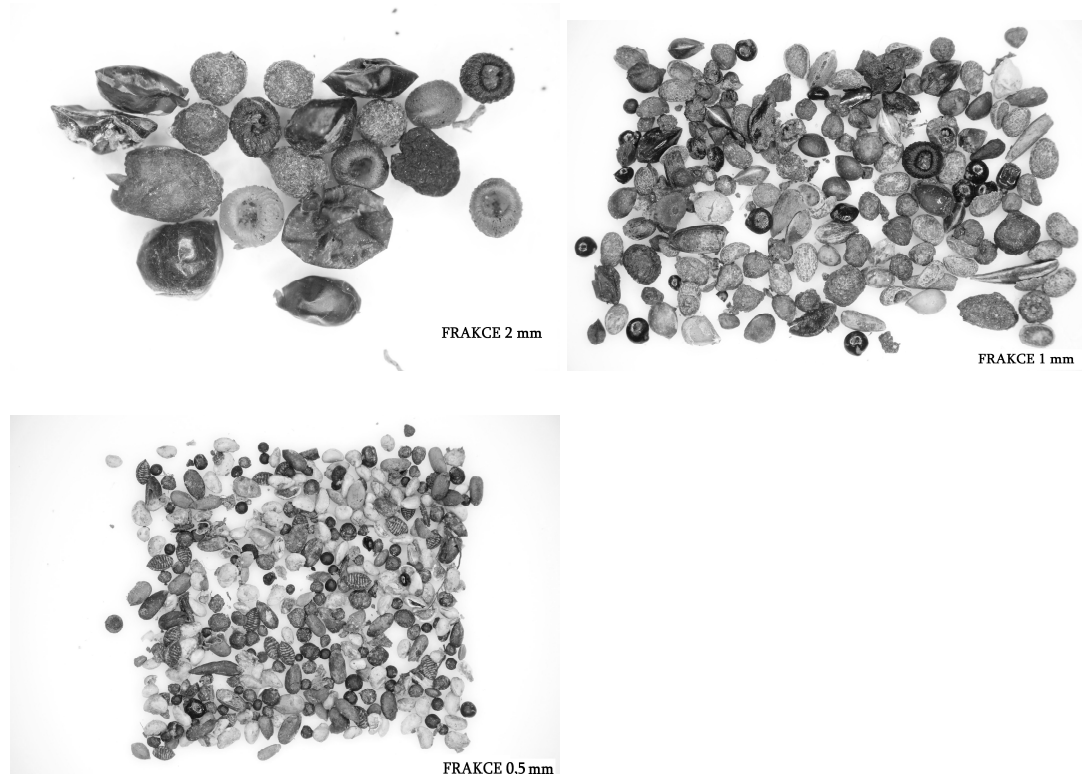


Obr. 1. Studované území pro disertační práci

V listopadu 2011 bylo odebráno celkem 97 půdních vzorků. Místa odběru vzorků byla vybrána podle stáří lesního porostu v rozmezí 10 až 150 let. Stáří porostu bylo určeno z lesního hospodářského plánu pro období 2000 – 2009 (Lesprojekt Brno a. s. 2000). Vzorky byly odebírány v blocích o velikosti 20 x 10 x 10 cm. Opad byl před odběrem půdy odstraněn, aby vzorky neobsahovaly čerstvá semena z uplynulého roku. Po vysušení půdy byl objem vzorků redukován na množství 1 kg. Zároveň byly pomocí

Kopeckého válečků (tedy kovových kroužků o známém objemu) v terénu odebrány vzorky půdy pro stanovení některých půdních vlastností. Takto zpracované vzorky byly promyty pomocí vody přes sestavu čtyř sít. Pro prosévání byl vyvinut prototyp nového prosévacího stroje (Mendelova univerzita v Brně 2013) se čtyřmi sítí o průměru 300 mm se světlostí ok jednotlivých sít 0,2 mm, 0,5 mm, 1 mm a 2 mm.

Po vysušení prosátých vzorků, byly vzorky umístěny pod binokulární lupou a semena obsažená v půdě byla ručně vytříděna. Frakce semen přesátá přes síto se světlostí 0,2 mm nebyla použita, protože přebírání by bylo velmi časově náročné. Všechna semena z každého vzorku byla fotografována pod binokulární lupou (Obr. 2). Poté byla spočítána v programu Image J (Image J, Abramoff et al. 2004) a určena do druhů nebo alespoň do rodů (Delorit 1970, Martin a Barkley 2000, Cappers et al. 2006). Pokud se nepodařilo semena určit, byla vyseta do květináčků ve skleníku a druh byl určen po vyklíčení. Klíčivost semen byla zhodnocena na základě metody „apparently viable seed method“ (Zelenchuk 1961). Na základě této metody je životaschopné každé semeno, které není viditelně poškozené a je schopné odolat střednímu tlaku.



Obr. 2. Jednotlivé frakce vzorků vyfotografované pod binokulární lupou pod různým zvětšením

4.2 Analýza půdních vzorků

Na každém odběrném místě byl odebrán vzorek půdy pro určení několika půdních vlastností: obsah sušiny (S), objemová hmotnost (ρ_w), objemová hmotnost redukovaná (ρ_d), pórovitost (P), objemová vlhkost (Θ), provzdušněnost (A), pH a biologická aktivita.

Fyzikální vlastnosti půdy byly zjišťovány na nepoškozených vzorcích půdy získaných v terénu pomocí kovového kroužku (tzv. Kopeckého váleček). Laboratorní práce spočívala v měření různých hodnot potřebných pro kalkulaci jednotlivých půdních vlastností. Kopeckého váleček s čerstvou půdou byl zvážen ihned po dodání do laboratoře (a). Poté byla půda i s válečkem vysušena v sušárně po dobu minimálně 24 hodin při 105 °C, po vychladnutí byl vzorek v kroužku zvážen (b). Po vynětí půdy byl váleček omyt vodou, usušen a samostatně zvážen (c). Vysušená půda byla rozmělněna v hmoždíři a proseta přes síto o průměru ok 2 mm a poté zvážena (d). Dále bylo potřeba zjistit váhu pyktometru s vodou (e) a váhu pyktometru s vodou a s půdou (f). Pro stanovení váhy pyktometru s vodou byl čistý pyktometr naplněn destilovanou vodou a následně ponechám 30 minut temperovat při 20 °C a až poté byl zvážen. Pro stanovení váhy pyktometru s vodou a půdou byla do pyktometru umístěna zvážená zemina a pyktometr doplněn vodou do 2/3. Směs byla zahřívána pod sníženým tlakem na 30 až 40 °C. Po vychladnutí směsi byly odstraněny organické zbytky plovoucí na hladině, pyktometr byl doplněn destilovanou vodou, uzavřen a zvážen. Z těchto hodnot byly vypočteny potřebné fyzikální vlastnosti půdy (Tab. 1., Zbírál et al. 1997).

Tab. 1.: Fyzikální vlastnosti půdy a rovnice použité k jejich vypočítání. Použité symboly (S) obsah sušiny, (ρ_w) objemová hmotnost, (ρ_d) objemová hmotnost redukovaná, (P) pórovitost, (Θ) objemová vlhkost, (A) provzdušněnost, (a) hmotnost čerstvé půdy v kovovém válečku, (b) hmotnost vysušené půdy v kovovém válečku, (c) hmotnost kovového válečku, (d) hmotnost rozmělněné vysušené půdy bez válečku, (e) hmotnost pyktometru s vodou, (f) hmotnost pyktometru s vodou a půdou (Zbíral et al. 1997).

Fyzikální vlastnosti půdy	Použitá rovnice
Obsah sušiny (S)	$S = 100 - w$
Objemová hmotnost (ρ_w)	$w = [(a - (b - c)) / ((b - c) - c)] \times 100$
Objemová hmotnost redukovaná (ρ_d)	$\rho_w = (a - b) / 100$
Pórovitost (P)	$\rho_d = (b - c) / 100$
Objemová vlhkost (Θ)	$P = [(d / (e + d - f)) - \rho_d] / [d / (e + d - f)]$
Provzdušněnost (A)	$\Theta = w \times \rho_d$
	$A = P - \Theta$

Dále bylo pro každé odběrné místo určeno pH odebrané půdy, pH bylo změřeno v KCl. Čerstvý vzorek půdy z terénu byl rozmělněn v hmoždíři a pro odstranění hrubých částic proset přes síto s velikostí ok 2 mm. Poté bylo naváženo 20 g takto upraveného vzorku a smícháno s 50 ml KCl. Směs se nechala dvě hodiny odstát a poté bylo změřeno pH pomocí pH metru (Zbíral et al. 1997).

Stanovení půdní biologické aktivity se provádí v tzv. Jankově vápnoměru na základě měření rozkladu H_2O_2 na kyslík a vodu pomocí půdních mikroorganismů přítomných v půdě. Cílem je stanovit množství těchto mikroorganismů v půdě. 10 g čerstvé půdy je rozmělněno v hmoždíři a smícháno s 50 ml destilované vody. Do této směsi je přidáno 20 ml 3% H_2O_2 . Množství vzniklého kyslíku je stanoveno po 15 minutách (Zbíral et al. 1997).

4.3 Analýza dat

Získaná druhová data byla vložena do programu Turboveg for Windows (Hennekens a Schaminée 2001) a analyzována v programu R (R verze 2.12.2 – 2011) s využitím knihovny Vegan (Oksanen et al. 2010). Z druhových dat byla pro každý vzorek půdní semenné banky vypočítána hustota semen a tři indikátory diverzity: druhová bohatost, Shannon–Wienerův index diverzity, vyrovnanost společenstva (Pielou's evenness

index). Index diverzity byl využit pro popis struktury společenstva semen v půdní semenné bance. Shannon–Wienerův index byl vybrán z důvodu, že k výpočtu je využito abundance druhů. Tento index je vhodný pro výpočet diverzity ve společenstvech s vyrovnanou abundancí dominantních druhů a několika málo méně abundantními druhy. Vyrovnanost společenstva byla použita na popis vyrovnanosti zastoupení druhů na jednotlivých plochách a bylo zjišťováno, zda se vyrovnanost společenstva mění s věkem porostu.

Všechny získané vlastnosti půdní semenné banky (tedy hustota semen, druhová bohatost, Shannon–Wienerův index diverzity a vyrovnanost společenstva) byly použity v lineárních modelech (LM), aby bylo možné otestovat, zda mezi nimi a různými vlastnostmi prostředí (tedy stářím porostu, pokryvností dřevinného patra, biologickou aktivitou půdy, pH, objemovou vlhkostí a pórovitostí) existují nějaké lineární vztahy. Před analýzami bylo využito diagnostických grafů pro posouzení normality dat. Hustota semen a druhová bohatost byly před analýzami logaritmicky transformovány, aby měla data normální rozložení.

Pro zhodnocení ovlivnění složení půdní semenné banky různými vlastnosti prostředí bylo použito kanonické korespondenční analýzy (CCA). Každá proměnná byla testována v jednotlivém modelu, aby bylo možné určit, zda daná proměnná semennou banku signifikantně ovlivňuje. Poté byly testovány všechny signifikantní proměnné dohromady v jednom modelu, aby bylo možné posoudit jejich společné působení. Hladina signifikance byla nastavena na hodnotu $p < 0,05$. Signifikance byla testována pomocí Monte-Carlo permutačního testu o 999 permutacích.

Pro každé odběrné místo byl spočítán tzv. vážený průměr (community weighted means CWM, Díaz et al. 2007) pro jednotlivé funkční vlastnosti rostlin. Pro vážení byl použit celkový počet semen jednotlivých druhů pro jednotlivé vzorky. Před provedením analýz byla data standardizována. Pro posouzení vztahu mezi jednotlivými funkčními vlastnostmi a stářím porostu bylo použito lineárních modelů (LM). Funkční vlastnosti použité v analýzách (Tab 2.) byly převzaty z (i) LEDA traitbase (Kleyer et al. 2008), (ii) BiolFlor database (Kuhn et al. 2004)) a (iii) Seed Information Database at the Kew Royal Botanical Garden (<http://data.kew.org/sid/sidsearch.html>). Vážený průměr

funkčních vlastností (CWM) byl spočítán v programu FDiversity (Casanoves et al. 2010).

Tab. 2.: Funkční vlastnosti druhů použité v analýzách

Funkční vlastnost	Použité kategorie
Kvetení	počátek, délka trvání a konec kvetení
Opadávání plodů a diseminace	počátek, délka trvání a konec opadávání plodů a diseminace
Potenciální produktivita semen	počet semen na jednu rostlinu
Typ životního cyklu	jednoleté, dvouleté, vytrvalé
Životní forma (Raunkiær 1934)	chamaefyty, hemikryptofyty, geofyty, fanerofyty, terofyty
Typ strategie (Grime 1977)	konkurenční, stress tolerantní a ruderalní strategové
Váha semen	váha v miligramech
Dlouhověkost semen	maximální stáří v letech
Systém opylování	samoopylování, hmyzem, větrem

Potenciální produktivita semen je maximální množství semen, která by vznikla na stanovišti, pokud by všechna semena z půdní semenné banky vyklíčila a všechny rostliny příští rok byly fertlní.

5. Výsledky

Po rozboru odebraných vzorků ze všech vybraných lokalit bylo nalezeno celkem 14 340 semen náležejících 94 druhům (Tabulka 3). Jednotlivé plochy se od sebe velmi lišily v druhové bohatosti, která se pohybovala v rozmezí od 3 (plocha 64, stáří 130 let) do 23 druhů (plocha 92, stáří 30 let a plocha 93, nově zalesněné území). Hodnoty pH se pohybovaly od 3,5 do 7 (medián 5,3).

Tab. 3.: Hustota semen v půdní semenné bance. Druhy jsou seřazeny podle abundance. MAXD-maximální hustota ve vzorku (semena/m²), MEAND-průměrné množství semen ve vzorku (semena/m²), ABU-absolutní abundance daného druhu v půdní semenné bance. Neidentifikované druhy nejsou v tabulce uvedeny.

Druhy	MAXD/ m ²	MEAND/ m ²	ABU (%)
<i>Urtica dioica</i>	59650	3344,7	44,3
<i>Circaea lutetiana</i>	11800	780	10,3
<i>Moehringia trinervia</i>	6250	638,9	8,5
<i>Myosotis arvensis</i>	18800	434,2	5,8
<i>Glechoma hederacea</i>	2750	291,1	3,9
<i>Chenopodium album</i>	4950	196,3	2,6
<i>Veronica hederifolia</i> agg.	1600	166,3	2,2
<i>Stachys palustris</i>	3450	154,7	2,1
<i>Ajuga reptans</i>	1500	153,7	2
<i>Rumex sanguineus</i>	2400	131,6	1,7
<i>Chenopodium</i> sp.	1250	110,5	1,5
<i>Potentilla reptans</i>	4950	101,6	1,3
<i>Hypericum perforatum</i>	5400	91,6	1,2
<i>Viola reichenbachiana</i>	550	61,6	0,8
<i>Brachypodium sylvaticum</i>	4450	47,9	0,6
<i>Echinochloa crus-galli</i>	1200	36,3	0,5
<i>Alnus glutinosa</i>	900	32,6	0,4
<i>Geum urbanum</i>	250	31,6	0,4
<i>Lamium purpureum</i>	400	28,9	0,4
<i>Carex remota</i>	1250	25,3	0,3
<i>Cirsium arvense</i>	400	23,7	0,3
<i>Carex divulsa</i>	950	18,9	0,3
<i>Sambucus nigra</i>	350	17,4	0,2
<i>Chenopodium hybridum</i>	700	16,3	0,2
<i>Robinia pseudoacacia</i>	1200	14,2	0,2
<i>Setaria pumilla</i>	950	13,7	0,2
<i>Mentha arvensis</i>	1250	13,2	0,2
<i>Oxalis stricta</i>	1000	12,6	0,2
<i>Carpinus betulus</i>	200	12,6	0,2

Druhy	MAXD/ m⁻²	MEAND/ m⁻²	ABU (%)
<i>Ranunculus repens</i>	900	12,1	0,2
<i>Lapsana communis</i>	1150	12,1	0,2
<i>Fallopia dumetorum</i>	400	11,1	0,1
<i>Omphalodes scorpioides</i>	450	11,1	0,1
<i>Carduus crispus</i>	400	10,5	0,1
<i>Cornus sanguinea</i>	200	10	0,1
<i>Myosotis</i> sp. 2	200	10	0,1
<i>Galega officinalis</i>	350	8,4	0,1
<i>Scrophularia nodosa</i>	150	6,8	0,1
<i>Plantago lanceolata</i>	500	5,8	0,1
<i>Cirsium palustre</i>	400	4,7	0,1
<i>Veronica polita</i>	450	4,7	0,1
<i>Corydalis</i> sp.	50	4,2	0,1
<i>Trifolium fragiferum</i>	100	4,2	0,1
<i>Pulmonaria officinalis</i>	50	3,7	<0,1
<i>Taraxacum</i> sect. <i>Ruderalia</i>	150	3,7	<0,1
<i>Vicia hirsuta</i>	100	3,2	<0,1
<i>Verbascum austriacum</i>	300	3,2	<0,1
<i>Impatiens parviflora</i>	50	2,6	<0,1
<i>Stachys sylvatica</i>	100	2,6	<0,1
<i>Campanula trachelium</i>	250	2,6	<0,1
<i>Solanum nigrum</i>	200	2,1	<0,1
<i>Trifolium arvense</i>	200	2,1	<0,1
<i>Astragalus glycyphyllos</i>	150	2,1	<0,1
<i>Millium effusum</i>	100	2,1	<0,1
<i>Galium</i> sp.	150	2,1	<0,1
<i>Capsela bursa-pastoris</i>	100	1,6	<0,1
<i>Chrysosplenium</i> sp.	50	1,6	<0,1
<i>Chaerophyllum temulum</i>	50	1,1	<0,1
<i>Myosotis</i> sp. 1	100	1,1	<0,1
<i>Allium ursinum</i>	50	1,1	<0,1
<i>Rubus fruticosus</i>	100	1,1	<0,1
<i>Cerastium arvense</i>	100	1,1	<0,1
<i>Galeopsis</i> sp.	50	1,1	<0,1
<i>Chamaecystus</i> sp.	50	0,5	<0,1
<i>Prunella vulgaris</i>	50	0,5	<0,1
<i>Alliaria petiolata</i>	50	0,5	<0,1
<i>Securigera varia</i>	50	0,5	<0,1
<i>Dianthus armeria</i>	50	0,5	<0,1
<i>Ailantus altissima</i>	50	0,5	<0,1
<i>Viola odorata</i>	50	0,5	<0,1
<i>Viburnum opulus</i>	50	0,5	<0,1
<i>Trifolium pratense</i>	50	0,5	<0,1
<i>Trifolium</i> sp.	50	0,5	<0,1

Ze všech nalezených druhů nebylo možné determinovat celkem 26 druhů. Většina těchto druhů byla zastoupena pouze v nízkých počtech jednoho až čtyř semen na všech lokalitách dohromady. U čtyř nedeterminovaných druhů bylo nalezeno velké množství semen.

Tři druhy dominovaly půdní semenné bance více než 62 %. Dominantními druhy byly: *Urtica dioica* (44 %), *Circaea lutetiana* (10 %), *Moehringia trinervia* (8 %) a *Myosotis arvensis* (6 %). Dalšími dominantními druhy byly *Glechoma hederacea* (4 %), *Chenopodium album* agg (2 %), *Veronica hederifolia* agg. (2 %), *Stachys palustris* (2 %) a *Ajuga reptans* (2 %). Některé ze jmenovaných druhů jsou vyobrazeny na Obr. 3. Více než 80 % druhů nalezených v půdní semenné bance mělo abundanci nižší než 1 %.



Urtica dioica



Moehringia trinervia



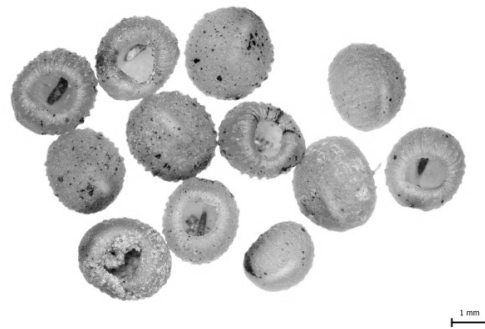
Myosotis arvensis



Glechoma hederacea



Chenopodium album



Veronica hederifolia agg.



Stachys palustris



Ajuga reptans

Obr. 3. Nejvíce zastoupené druhy půdní semenné banky

5.1 Působení půdních vlastností na půdní semennou banku

5.1.1. Výsledky lineárního modelování

Byly nalezeny signifikantní lineární vztahy mezi stářím porostu a třemi charakteristikami půdní semenné banky: hustotou semen, druhovou bohatostí a vyrovnaností (Tabulka 4.). Signifikantní lineární vztah byl nalezen také mezi stářím porostu a hustotou semen. Žádná z půdních vlastností neovlivňuje půdní semennou banku.

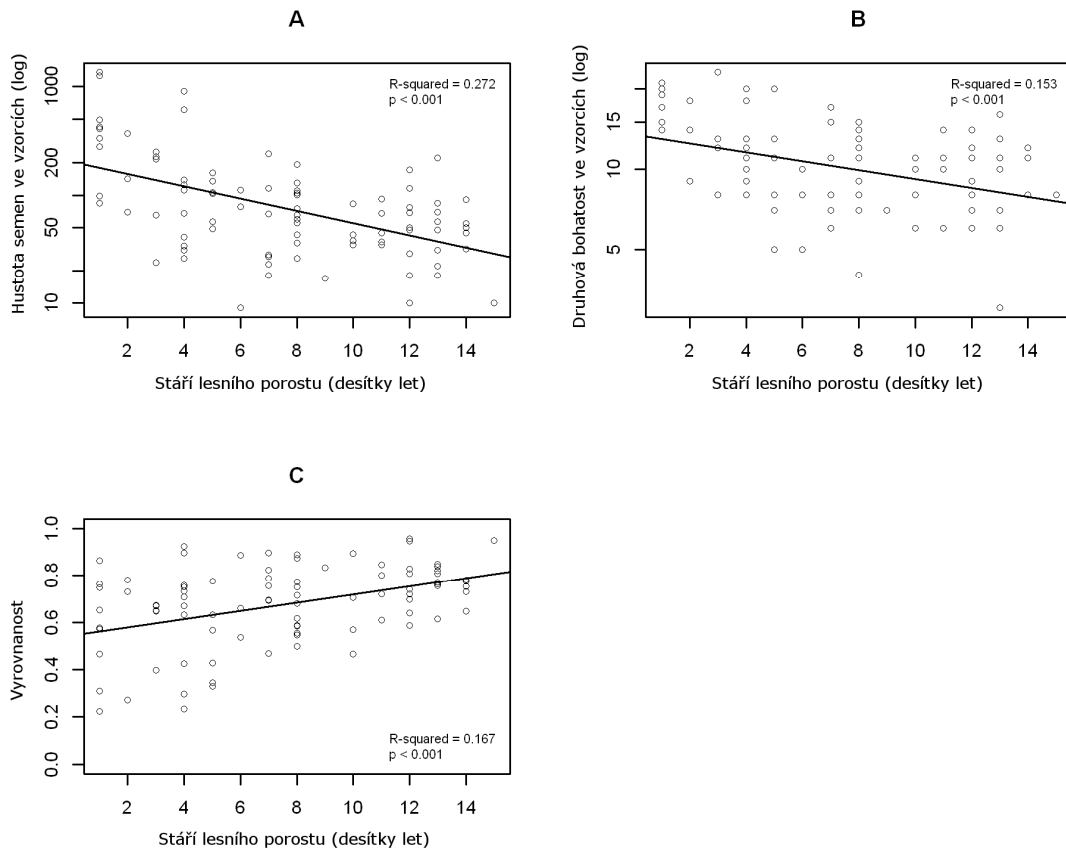
Tab. 4.: Výsledky lineárního modelování. Hodnoty hustoty semen a druhové bohatosti byly před analýzami logaritmičsky transformovány. Signifikantní vztahy jsou zvýrazněny tučně.

Charakteristika půdní semenné banky		Hustota semen	Druhová bohatost	Vyrovnanost	Shannonův ind. diversity
Stáří porostu	p	0,001	0,001	0,001	0,238
	Adj. R2	-0,272	-0,153	0,167	0,005
Pokryvnost dřevin	p	0,036	0,062	0,761	0,168
	Adj. R2	-0,042	0,031	-0,011	0,011
Biologická aktivita	p	0,471	0,649	0,669	0,888
	Adj. R2	-0,006	-0,011	-0,011	0,888
pH KCl	p	0,820	0,567	0,208	0,505
	Adj. R2	-0,010	-0,007	0,006	-0,005
Objemová vlhkost	p	0,856	0,429	0,757	0,913
	Adj. R2	-0,010	-0,004	-0,010	-0,011
Pórovitost	p	0,130	0,628	0,063	0,173
	Adj. R2	0,014	-0,008	0,026	0,009
Totalní model: Stáří porostu + Pokryvnost dřevin	p*	0,274	0,03	0,40	0,13
	Adj. R2	0,17	0,12	0,15	0,03

* P-hodnoty byly spočítány porovnáním jednoduchého modelu pro stáří porostu a totálního modelu stáří porostu + pokryvnosti dřevin

Hustota semen a druhová bohatost půdní semenné banky se snižuje se zvyšujícím se věkem lesního porostu (Obr. 4a, b). Pozitivní vztah byl také nalezen mezi vyrovnaností společenstva a stářím porostu (Obr. 4c). Vyrovnanost vzrostla se vzrůstajícím stářím porostu ($p < 0,001$). Vyrovnanost půdní semenné banky v mladších porostech může být jak vysoká, tak nízká, ale u starších porostů je vždy vysoká. Z toho vyplývá, že semenná

banka je ve starších porostech tvořena semeny s podobnými abundancemi a společenstvo je tak uniformnější než u mladších porostů.



Obr. 4. Vztahy mezi stářím porostu a hustotou semen (A), druhovou bohatostí (B) a vyrovnaností (C) půdní semenné banky

5.1.2 Výsledky kanonické korespondenční analýzy

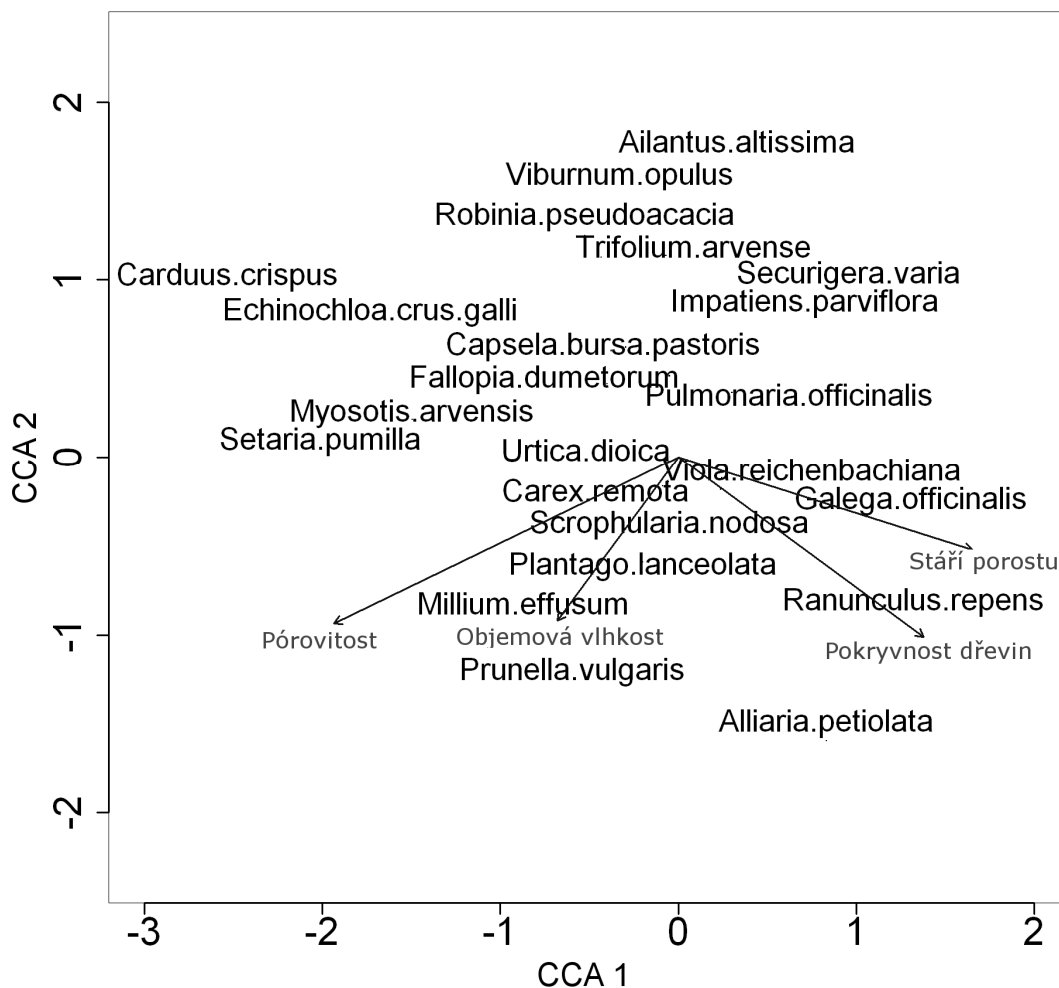
Kanonická korespondenční analýza ukazuje, že půdní semenná banka je signifikantně ovlivňována stářím porostu ($p < 0,001$), pokryvností dřevin ($p < 0,05$), objemovou vlhkostí zeminy ($p < 0,05$) a pórovitostí ($p < 0,05$). Biologická aktivita a půdní pH složení půdní semenné banky neovlivňují (Tabulka 5.).

Tab. 5.: Výsledky kanonické korespondenční analýzy. Signifikantní vztahy jsou zvýrazněny tučně.

CCA Model	p	F	Constrained inertia	Unconstrained inertia	Percentage of inertia
Stáří porostu	0,001	2,482	0,155	5,506	2,7
Pokryvnost dřevin	0,030	1,894	0,127	5,352	2,3
Biologická aktivita	0,197	1,271	-	-	-
pH KCl	0,953	0,890	-	-	-
Objemová vlhkost	0,048	1,574	0,097	5,715	1,7
Pórovitost	0,023	1,658	0,102	5,710	1,8
Stáří porostu + Pokryvnost dřevin + Objemová vlhkost + Pórovitost	0,003	1,609	0,432	5,106	7,8

Ze všech čtyř proměnných ovlivňujících půdní semennou banku má stáří porostu největší vliv. Stáří porostu ovlivňuje variabilitu půdní semenné banky 2,7 %. Vliv ostatních proměnných je o něco nižší: pokryvnost dřevin 2,3 %, pórovitost 1,8 % a objemová vlhkost půdy 1,7 %. Všechny čtyři proměnné ovlivňují půdní semennou banku 7,8 % ($p < 0,05$).

Ordinace kanonické korespondenční analýzy zobrazuje změny ve složení půdní semenné banky v závislosti na čtyřech proměnných (Obr. 5). Stáří porostu a pokryvnost dřevin měly na půdní semennou banku podobný efekt, avšak mezi sebou nejsou navzájem korelované ($p < 0,05$). V mladších porostech nacházíme druhy jako *Carduus crispus* a *Echinochloa crus-galii*. Naopak ve starších porostech najdeme druhy jako *Vicia hirsuta*, *Ranunculus repens* nebo *Alliaria petiolata*. Pórovitost půdy a její objemová vlhkost měly také velmi podobný efekt. V méně pórovité půdě (nebo v půdě s nižší vlhostí) najdeme druhy jako *Dianthus armeria*, *Securigera varia* a *Trifolium arvense*. Naopak v pórovitější půdě najdeme *Milium effusum*, *Setaria pumila*, *Cardus crispus* a *Cornus sanguinea*.

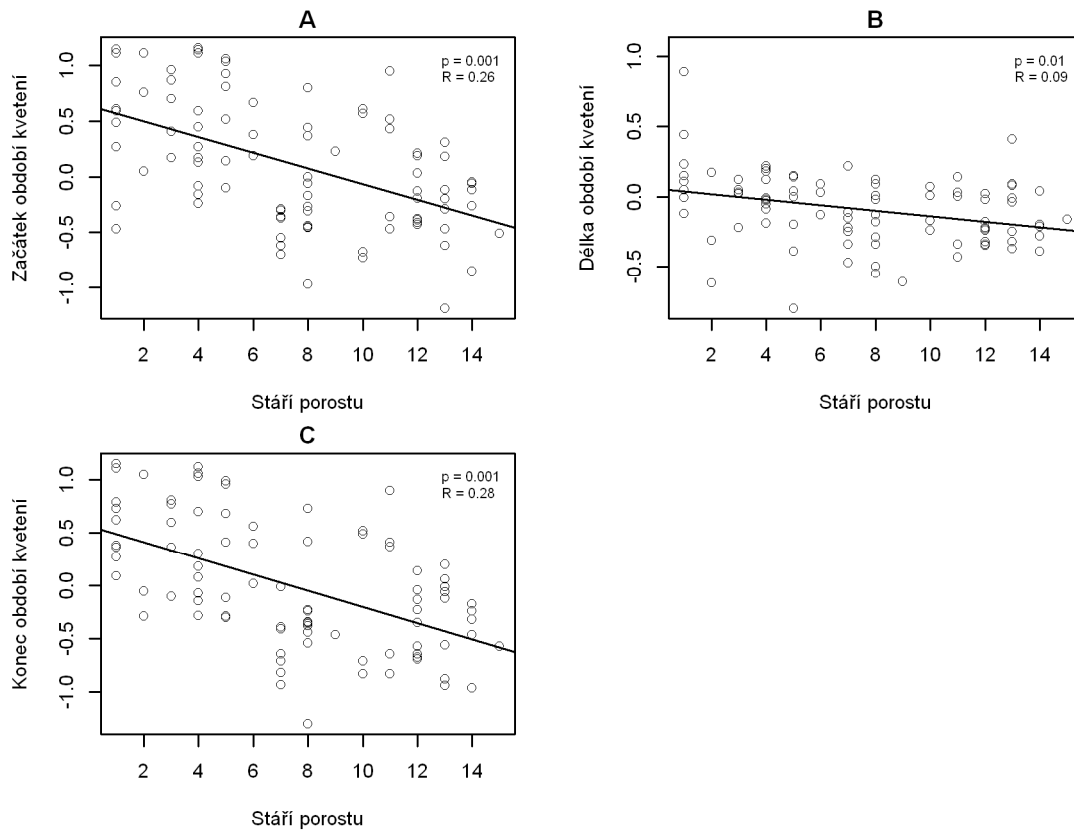


Obr. 5. Ordinace kanonické korespondenční analýzy. Ordinace zobrazuje druhy a signifikantní proměnné: stáří porostu, pokryvnost dřevin, pórovitost a objemovou vlhkost. Překrývající se jména rostlin byla z obrázku vynechána pro zachování čitelnosti.

5.2 Funkční vlastnosti rostlin a jejich vztah ke stanovišti

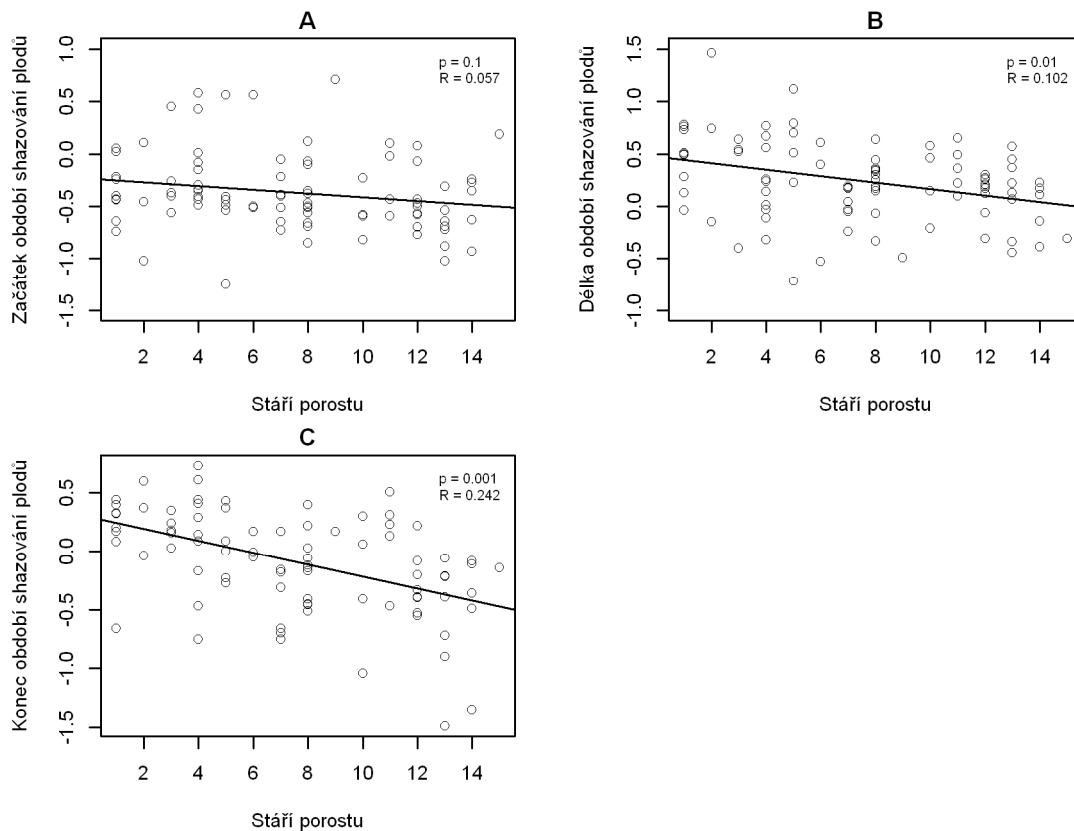
Byl nalezen negativní vztah mezi začátkem období kvetení rostlin vzešlých z půdní semenné banky a stářím porostu ($p = 0,001$; $R = 0,26$), délkou období kvetení a stářím porostu ($p = 0,01$; $R = 0,09$) a koncem období kvetení a stářím porostu ($p = 0,001$; $R = 0,28$). Se vzrůstajícím věkem porostu se v půdě zvyšuje zastoupení semen jednotlivých druhů, které kvetou dříve, mají kratší období kvetení a dříve toto období

ukončují (Obr. 8.). Rostliny klíčící z půdní semenné banky začínají kvést dříve ve starších porostech v porovnání s mladšími porosty, a také jejich období kvetení je kratší.



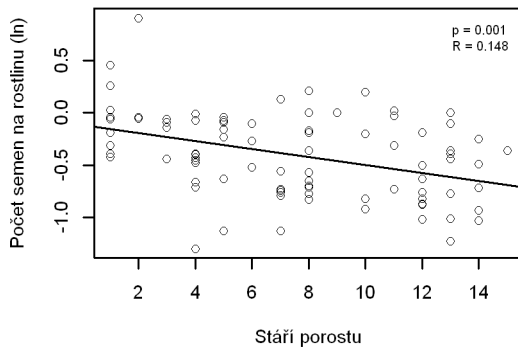
Obr. 8. Vztah mezi CWM začátkem období (A), délkou období (B), koncem období (C) kvetení a stářím porostu. Data byla před analýzami standardizována.

Mezi začátkem období opadávání plodů a diseminace, délkou období opadávání plodů a diseminace, koncem období opadávání plodů a diseminace a stářím porostu byl také nalezen negativní vztah (Obr. 9.). Rostliny klíčící z půdní semenné banky shazují plody dříve ($p = 0,1$; $R = 0,058$) a ukončují opadávání plodů a diseminace taktéž dříve ve starších porostech ($p = 0,01$; $R = 0,102$). Období opadávání plodů a diseminace trvá kratší dobu ve starších porostech ($p = 0,001$; $R = 0,242$).



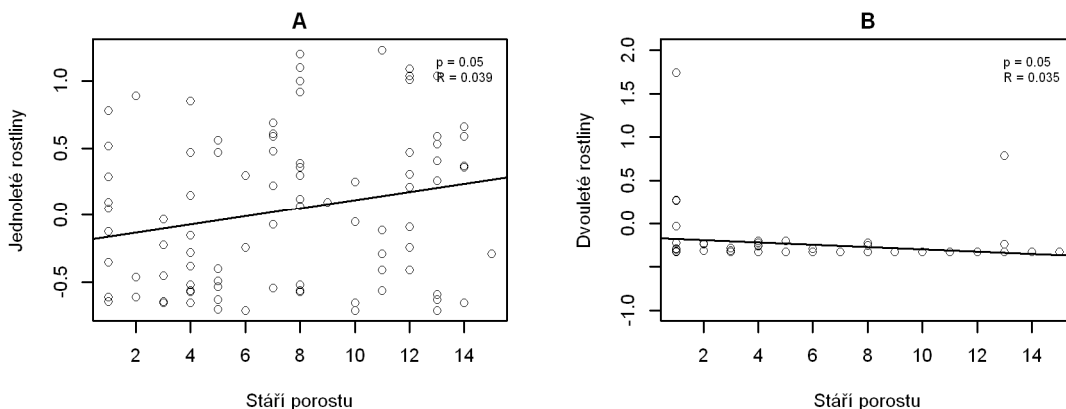
Obr. 9. Vztah mezi CWM začátkem období (A), délkou období (B), koncem období (C) opadávání plodů a diseminace a stářím porostu. Data byla před analýzami standardizována.

Byl nalezen také negativní vztah mezi potenciální produktivitou semen a stářím porostu (Obr. 10.). Ve starších lesních porostech je potenciální produktivita semen nižší než v mladších porostech ($p = 0,001$; $R = 0,148$).



Obr. 10. Vztah mezi CWM potenciální produktivity semen a stářím porostu. Data potenciální produktivity semen byla před analýzami logaritmicky transformována a standartizována.

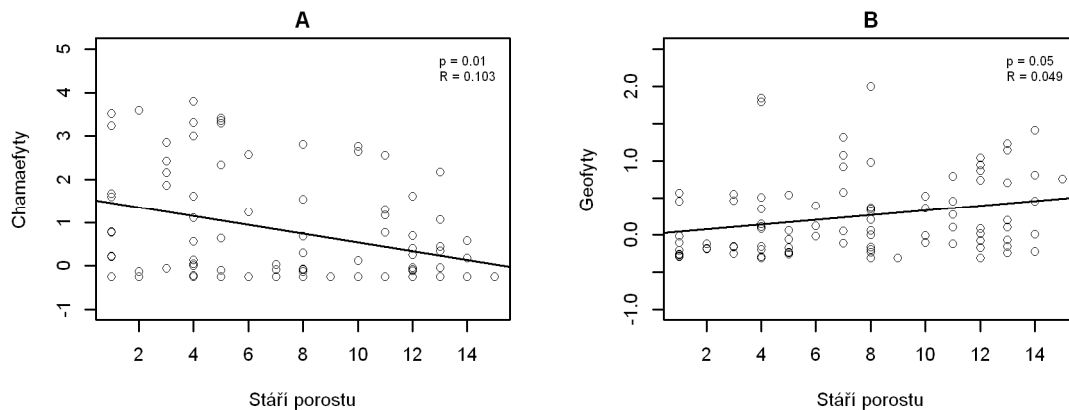
Byly nalezeny vztahy mezi některými typy životního cyklu a stářím porostu (Obr. 11.). Byla nalezena pozitivní korelace mezi CWM jednoletých rostlin a stářím porostu ($p = 0,05$; $R = 0,039$). Mezi CWM dvouletých druhů a stářím lesního porostu byl nalezen negativní vztah ($p = 0,05$; $R = 0,035$). Mezi CWM vytrvalých druhů a stářím lesního porostu nebyl nalezen žádný významný vztah. Výsledky ukazují, že ve starších porostech je ve srovnání s mladšími porosty v půdní semenné bance více semen náležejících k jednoletým druhům a méně semen náležejících ke dvouletým druhům.



Obr. 11. Vztah mezi CWM jednoletých druhů (A), dvouletých druhů (B) a stářím porostu. Data byla před analýzami standartizována.

Také mezi některými typy růstových forem a stářím lesního porostu byly nalezeny významné vztahy (Obr. 12.). Mezi CWM chamaefytů a stářím lesního porostu byl

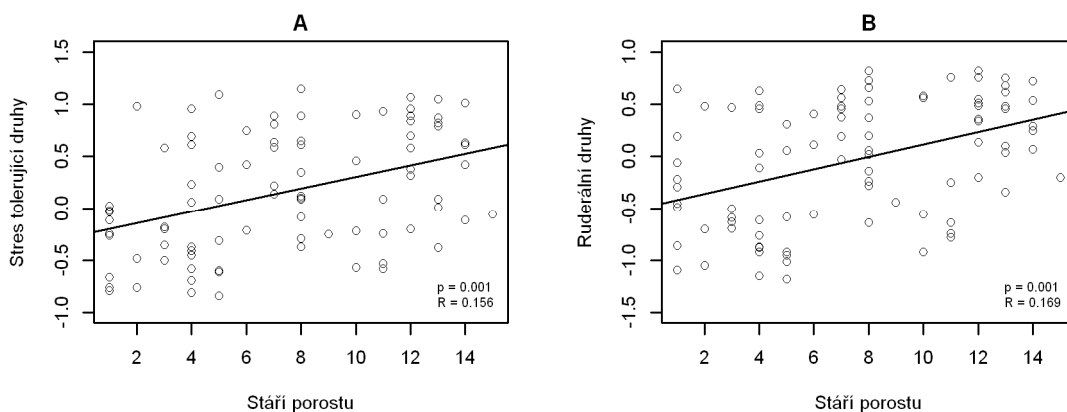
nalezen negativní vztah ($p = 0,01$; $R = 0,103$). Mezi CWM geofytů a stářím lesního porostu byl nalezen pozitivní vztah ($p = 0,05$; $R = 0,049$). Z výsledků tedy vyplývá, že ve starších porostech je méně semen chamaefytů a více semen geofytů. U ostatních typů růstových forem (hemikryptofytů, fanerofytů a terofytů) nebyl žádný významný vztah prokázán.



Obr. 12. Vztah mezi CWM chamaefytů (A), geofytů (B) a stářím lesního porostu.

Data byla před analýzami standardizována. Počet chamaefytů se se stářím porostu snižuje, zatímco počet geofytů se zvyšuje.

Další významné vztahy byly nalezeny mezi některými typy rostlinných strategií (CSR strategie) a stářím lesního porostu (Obr. 13.). Analýzy prokázaly pozitivní vztahy mezi množstvím semen stres tolerujících druhů, počtem semen ruderálních druhů a stářím porostu. Množství semen stres tolerujících ($p = 0,001$; $R = 0,156$) a ruderálních druhů ($p = 0,001$; $R = 0,169$) v půdní semenné bance se zvyšuje se zvyšujícím se stářím porostu. Pro kompetičně silné druhy nebyl nalezen žádný významný vztah.



Obr. 13. Vztah mezi CWM stres tolerujících druhů (A), ruderálních druhů (B) a stářím lesního porostu. Data byla před analýzami standardizována.

Pro CWM váhy semen, životnosti semen v půdní semenné bance a typ opylování nebyl nalezen žádný vztah v souvislosti se stářím porostu.

5.3 Užitečný vzor – zařízení pro třídění frakcí sypkých hmot

Pro zpracování vzorků bývá použito dvou metod. Nejčastější metodou je kultivační metoda využívající kultivování odebraných vzorků ve skleníku. Nevýhodou této metody je fakt, že některá semena mohou být dormantní a ve skleníku nevyklíčí. Také je potřeba mít k dispozici velmi mnoho místa ve skleníku. Proto je možné použít tzv. separační metody. Separační metoda spočívá v ručním separování semen z odebraných vzorků. Za tímto účelem je potřeba vzorky půdy promýt přes velmi jemná síta, aby se ze vzorku odplavily především částice o velikosti menší než 0,2 mm (a také jílovité částice). Tímto způsobem se redukuje objem vzorku, někdy velmi výrazně, zejména u jílovitých půd. Nevýhodou této metody je, že nezachytí velmi malá semena, protože ty není možno ručně separovat ani pod velkým zvětšením.

Proplavování se s výhodou využívá také při kultivační metodě. Velikost vzorku se redukuje a lze jej rozprostřít na sterilní substrát ve velmi tenké vrstvě, což umožní lepší pronikání světla k semenům. To napomáhá rychlejšímu klíčení semen obsažených ve vzorku.

Pro rozplavování půdních vzorků se běžně používá sestava sít, nejčastěji z nerezového materiálu. Jednotlivá síta mají různou světlost ok. Síta jsou naskládána v soustavě nad sebou. Nejvýše je umístěno síto s největší světlostí ok, nejnižší síto s nejmenší světlostí

ok. Pokud se používají síta s velmi malou světlostí ok, např. 0,25 mm, pak velmi často dochází k zanášení těchto jemných sít jílovitými částicemi. Využití sít se světlostí ok okolo 0,2 mm je nutností pro zachycení velmi malých semen (například semena rodu *Juncus*). Problém ucpání sít se většinou řeší tím, že se ucpané síto oddělí od ostatních a promývá se zvlášť, což může vést k výraznému zkreslení výsledku. Neméně důležitý je také fakt, že práce se třemi či čtyřmi síty plnými vody je velmi fyzicky i časově náročná.

Z tohoto důvodu bývá využíváno různých přístrojů zajišťujících pohyb soustavy sít třepáním. Bohužel účinnost těchto přístrojů je nedostatečná k odstranění problému s ucpáváním sít a také nedochází k podstatné redukci času potřebnému k rozplavení jednotlivých vzorků.

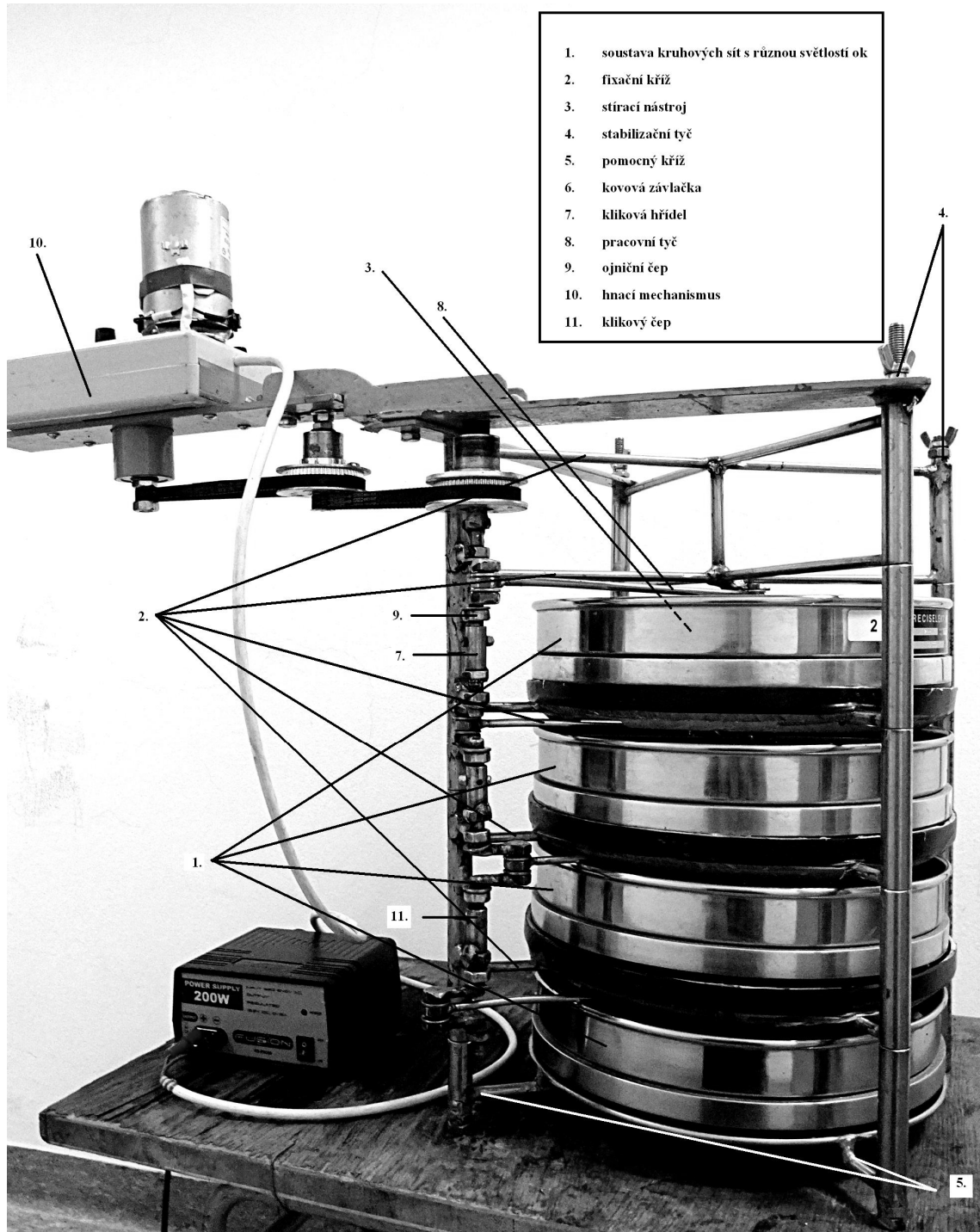
Z těchto důvodů bylo jedním z cílů této disertační práce vyvinout nástroj pro jednodušší rozplavování půdních vzorků. Proto bylo vyvinuto zařízení pro třídění frakcí sypkých hmot, jehož hlavní součástí jsou stírací nástroje pro každé jednotlivé síto, které účinně brání ucpávání i toho nejjemnějšího síta. Doba proplavování jednoho vzorku o objemu asi jeden litr se tím zkrátila na 15 až 30 minut v závislosti na množství jílovitých částic ve vzorku.

Podstata technického řešení

Zařízení se skládá ze čtyř kruhových sít s různou světlostí ok umístěných nad sebou. Nejspodnější síto má nejmenší světlost ok a nejvýše položené síto má největší světlost ok.

Ke každému sítu je přiřazený fixační kříž se středem, ke kterému jsou připevněné otočné stírací lopatky. Pro každé síto jsou k dispozici čtyři stírací nástroje s úhlovým rozestupem 90 °. Každý stírací nástroj je opatřen gumovou stěrkou přiléhající k horní části síta. Dráhy stíracích nástrojů se při provozu částečně překrývají. Každý fixační kříž je vně opatřen průchozími otvory na čtyřech protilehlých stranách. Fixační kříž pod spodním sítem je opatřen na čtyřech protilehlých stranách vnitřním závitem. Průchozí otvory jsou uspořádány nad sebou a je jimi protažena stabilizační tyč. Stabilizační tyče jsou na spodním konci opatřeny vnějším závitem, kterým jsou zašroubované do otvorů s vnitřním závitem umístěným na spodním fixačním kříži.

Hlavní součástí zařízení je svisle uložená kliková hřídel propojená s hnacím zařízením. K ojnicím čepům klikové hřídele jsou připevněny pracovní tyče, které ovládají stírací nástroje (Obr. 14.).



Obr. 14. Bokorysný pohled na zařízení pro třídění frakcí sypkých hmot.

6. Diskuse

Existuje mnoho pohledů na roli různých faktorů, které ovlivňují druhové složení půdní semenné banky. Tato dizertační práce je věnována studiu stáří porostu a půdních vlastností a jejich vlivu na formování druhového složení půdní semenné banky.

6.1 Vztah mezi půdní semennou bankou a stářím porostu

Stáří porostu pravděpodobně ovlivňuje půdní semennou banku tím, že ovlivňuje složení vegetace jako celku. Půdní semenná banka v lese je formována v raných fázích vývoje lesa (Bossuyt et al. 2002, Hyatt 1999). Jedním z hlavních a limitujících faktorů v lese je množství světla, které dopadá na nižší vegetační patra. Množství světla ovlivňuje nejen složení vegetace podrostu, ale také reprodukci lesních druhů (Whigham 2004). Množství a dostupnost světla je silně ovlivněno vznikem a zánikem mezer v korunách stromů (Thompson 1980, Poulson a Platt 1989, Canham et al. 1990, Brokaw a Busing 2000). V souvislosti s těmito fakty docházíme k názoru, že množství a dostupnost světla pro rostliny může být následně důležité také pro formování půdní semenné banky.

Byl prokázán vztah mezi stářím porostu a počtem semen a stářím porostu a počtem druhů. K podobným výsledkům došly i jiné studie (Small a Mc Carthy 2010, Plue et al. 2010, Zobel et al. 2007, Bossuyt et al. 2002). V průběhu výzkumu bylo nalezeno velké množství semen druhů *Myosotis arvensis* a *Chenopodium album* agg. Oba výše jmenované druhy náleží ke druhům typickým pro otevřená stanoviště, což potvrzuje domněnku, že lesní půdní semenná banka je formována především v počátečních fázích vývoje lesa (Bossuyt et al. 2002, Hyatt 1999).

V naší studii tvoří většinu dominantních druhů lesní druhy nebo druhy upřednostňující stinné biotopy. K těmto druhům náleží například *Urtica dioica*, *Moehringia trinervia*, *Glechoma hederacea*, *Veronica hederifolia* agg. a *Ajuga reptans*. Tento výsledek je v rozporu s výsledky jiných studií (Hermy 1999). Lesní druhy se většinou v hlubokém zástínu lesa rozmnožují vegetativně, ale mohou také produkovat semena ve vzniklých mezerách v korunovém zápoji.

Semena druhu *Juncus* sp., který je většinou dominantním druhem lesních půdních semenných bank (Bossuyt et al. 2002), nebyla nalezena patrně pouze z toho důvodu, že

bylo použito separační metody. Separační metoda většinou selhává v detekci druhů s příliš malými semeny, mezi něž druhy rodu *Juncus* náleží (Price et al. 2010).

6.2 Vyrovnanost souboru semen v půdní semenné bance

V kontextu stáří porostu byla studována také vyrovnanost společenstva. Společenstva půdních semenných bank jsou vyrovnanější v lučních ekosystémech než v lesích či v mokřadech (Bossuyt a Honnay 2008). Vyrovnanost společenstva není často studována v kontextu půdních semenných bank a stáří vegetace či lesního porostu. Moje výsledky ukazují, že vyrovnanost společenstva významně závisí na stáří lesního porostu. Dosud byla publikována pouze jedna studie věnující se vztahu stáří porostu a vyrovnanosti společenstva půdní semenné banky. Tato studie se věnovala keřovým společenstvům (Pugnaire a Lazaro 2000). Výsledky studie ukazují, že se vyrovnanost půdní semenné banky snižuje se zvyšujícím se stářím vegetace. Z našeho výzkumu vyplynulo, že vyrovnanost půdní semenné banky v mladých porostech je velmi variabilní, zatímco ve starších porostech se tento vztah výrazně zužuje a soubor diaspor je vyrovnanější. Větší vyrovnanost společenstev půdní semenné banky ve starších porostech je nejspíše způsobena postupným úbytkem semen raných sukcesních stádií díky přirozenému stárnutí a zároveň postupným hromaděním semen druhů pozdějších vývojových stádií lesa. V mladších porostech je patrná výrazná dominance jednoletých druhů ve vegetaci, zatímco vytrvalé druhy převládají ve vegetaci pozdějších stádií lesa. Je třeba podotknout, že jednoleté druhy produkují více semen v porovnání s vytrvalými druhy (Thompson et al. 1998).

6.3 Vztah mezi půdní semennou bankou a různými půdními vlastnostmi

Půdní vlastnosti mohou ovlivnit půdní semennou banku zejména přes životaschopnost semen v ní přítomných (Sarin a Narayanan 1986, Bekker et al. 1998, Maia et al. 2004, Long et al. 2009, Pakeman et al. 2012).

Dalšími faktory, které mohou ovlivnit složení a strukturu půdní semenné banky jsou různé chemické či fyzikální vlastnosti půdy. Výsledky naznačují, že složení půdní semenné banky je významně ovlivňováno pórovitostí půdy. Byl nalezen pozitivní vztah mezi počtem semen a pórovitostí, ze kterého vyplývá, že v pórovitějších půdách je obsaženo více semen. Tento fakt byl již v minulosti diskutován (Thompson 1987), avšak nebyl nikdy přímo studován v žádné ze studií. Vztah mezi množstvím semen

a pórovitostí půdy přímo souvisí s pronikáním semen do půdy. Pronikání semen do půdy bylo studováno v podmínkách zemědělství bez využití orby (Benvenuti 2007). V této studii bylo dokázáno, že vertikální pohyb semen je významně závislý na textuře půdy.

Pórovitost půdy je pravděpodobně také ovlivněna počtem a hustotou kořenů v půdě. Existuje domněnka, že ve starších porostech je větší hustota kořenů v půdním profilu (Yanai et al. 2006). Z výše uvedených důvodů pronikají semena ve starších porostech do půdního profilu mnohem obtížněji než v mladších porostech. Toto vysvětlení může být jedním z důvodů, proč množství semen v půdní semenné bance závisí nejen na stáří stanoviště, ale také na době, která uplyne od ukončení zemědělského hospodaření na nelesních stanovištích.

V jiných studiích bylo zjištěno, že půdní vlhkost (Lundholm a Stark 2007, Maia et al. 2004) ovlivňuje složení půdní semenné banky, tento výsledek byl potvrzen také v mojí práci.

Ostatní zkoumané vlastnosti půdy jako pH, objem sušiny (S), provzdušněnost (A) a biologická aktivita nemají žádný dopad na složení půdní semenné banky. Důvodem toho, že pH nemá vliv na složení půdní semenné banky v lese, může být fakt, že světlo je v lese hlavním limitujícím faktorem (Gilliam a Roberts 2003) a jeho vliv vysoce převyšuje vliv pH na půdní semennou banku.

Vliv půdních vlastností na složení půdní semenné banky velmi závisí na měřítku, ve kterém je studie zpracovávána. Vztah mezi složením půdní semenné banky a půdními vlastnostmi je vysoce významný v krajině s vysokou rozmanitostí stanovišť (Albrecht a Auerswald 2003).

Z výsledků vyplývá, že stáří porostu a pokryvnost stromového patra mají pravděpodobně mnohem větší vliv na půdní semennou banku než různé půdní vlastnosti, čímž pravděpodobně potlačují vliv těchto půdních vlastností. Výjimkami jsou pouze pórovitost a objemová vlhkost.

6.4 Vztah mezi půdní semennou bankou a funkčními vlastnostmi rostlin

Dále je možné konstatovat, že ve starších lesních porostech je druhová skladba půdní semenné banky odlišná od mladších porostů. V půdní semenné bance starších porostů jsou obsaženy druhy, které kvetou dříve a také kvetení dříve ukončují ve srovnání s druhy obsaženými v půdní semenné bance mladších porostů. Tento fakt je obecně známý pro vegetaci, ale zatím nebyl nikdy studován v kontextu půdní semenné banky. Stejná zákonitost je také platná pro začátek a ukončení období opadávání a diseminace. Druhy obsažené v půdní semenné bance ve starších porostech začínají shazovat plody dříve než je tomu u mladších porostů. Ukončení období opadávání plodů a diseminace má stejný průběh jako jeho zahájení.

Potenciální produktivita semen je nižší ve starších porostech. Tento výsledek je nejspíše způsoben faktem, že ve starších porostech pod uzavřeným korunovým zápojem převládá vegetativní rozmnožování nad sexuálním (Bullock 2000, Whigham 2004), zatímco sexuální rozmnožování je omezeno na porostní mezery způsobené disturbancemi, kde je větší dostupnost světla (Kudoh et al. 1999). V půdní semenné bance starších porostů s těsnějším korunovým zápojem je méně semen, což potvrzují moje výsledky.

Byl nalezen vztah mezi některými typy životního cyklu u druhů obsažených v půdní semenné bance a stářím stanoviště. Ve starších porostech je větší počet semen náležejících k jednoletým druhům. To může být způsobeno individuálními požadavky semen pro klíčení, například množstvím světla. V mladších porostech je korunový zápoj řídkší, což umožňuje lepší pronikání světla do porostu, jednoleté druhy tedy mohou klíčit a produkovat semena, protože jejich klíčení je podmíněno určitou kvalitou a množstvím světla (King 1974, Pons 2000, Whigham 2004). Ve starších lesních porostech je významně méně dvouletých druhů, ale tento vztah je slabý. Existuje rozdíl mezi množstvím semen jednoletých a dvouletých druhů rostlin obsažených v půdní semenné bance lesa s různou historií. V současných běžně obhospodařovaných lesích je více semen jednoletých a dvouletých druhů ve srovnání s lesy s kontinuálním zalesněním (Plue at al. 2010). Výsledky, ke kterým jsem dospěla, jsou v kontrastu s výsledky studie autorů Roberts a Vankat (1991), kteří publikovali opačné výsledky, tedy, že ve starších lesních porostech je méně semen jednoletých druhů.

Ve starších lesních porostech je v půdní semenné bance obsaženo méně semen chamaefytů a více semen geofytů. U ostatních typů životního cyklu nebyl nalezen žádný vztah v souvislosti se stářím porostu a půdní semennou bankou. Tento výsledek může být také spojen s dostupností světla v porostu. Geofyty mohou být zvýhodněny v biotopech s menším množstvím světla, protože neztrácejí energii ve stinných podmínkách lesa v průběhu léta, neboť v tomto období plného olistění stromů, jsou jejich obnovovací orgány pod povrchem půdy. Geofyty produkují semena v rámci jarního aspektu před vyrašením listů v krátkém období na začátku jara, kdy je v porostu k dispozici větší množství světla.

Byl nalezen pozitivní vztah mezi množstvím ruderalních a stres tolerantních druhů v půdní semenné bance a stářím lesního porostu. Množství ruderalních a stres tolerantních druhů v půdní semenné bance se zvyšuje se zvyšujícím se stářím porostu. U kompetičně silných druhů nebyl nalezen žádný trend, což je v kontrastu s výsledky studie kolektivu autorů Plue at al (2010), kteří dospěli k názoru, že počet kompetičně silných druhů se snižuje se zvyšujícím se věkem porostu. V této studii je uvedeno, že rozdíly ve složení půdní semenné banky mohou být způsobeny úživností půdy a pH. V půdní semenné bance lužních bylo nalezeno velké množství ruderalních druhů, což je v rozporu s výsledky studie autorů Decocq et al. (2004). Důvodem přítomnosti mnoha ruderalních druhů v půdní semenné bance i ve starších lesních porostech se zdají být lokální disturbance, které mohou způsobit obnovování velkých počtů semen ruderalních druhů i v lesích s jinak uzavřeným korunovým zápojem (Bossuyt et al. 2002, Decocq et al. 2004). V lesnický obhospodařovaných lesích se může jednat například o probírky.

Vztah mezi váhou semen a stářím porostu nebyl nalezen, což je v kontrastu se studií autorů Plue at al. (2010). V této studii se průměrná váha semen zvyšovala se zvyšujícím se stářím porostu.

Stáří porostu ovlivňuje funkční vlastnosti nejen vegetace, ale také funkční vlastnosti rostlin, jejichž semena se nacházejí v půdní semenné bance. Další pozornost je třeba věnovat vztahu půdní semenné banky a dostupným světlem v porostu.

7. Závěr

Problematika půdní semenné banky byla zkoumána v mnoha studiích a z mnoha hledisek, žádná ze studií se však nevěnovala vlivu půdních vlastností na půdní semennou banku.

Z výsledků této dizertační práce vyplývá, že z půdních vlastností významně ovlivňuje půdní semennou banku pouze pórovitost a objemová vlhkost, avšak jejich vliv je velmi malý. Bylo prokázáno, že pórovitější půdy obsahují více semen než méně pórovité. Nepotvrdila se tak domněnka, že slehlejší půdy obsahují více semen díky omezenému provzdušnění a menšímu výskytu patogenů. Biologická aktivita půdy neměla na složení půdní semenné banky žádný vliv. Tento výsledek lze vysvětlit tím, že pronikání semene do půdy s menším množstvím pórů je složitější. Vliv pH na půdní semennou banku nebyl potvrzen.

Stáří porostu ovlivňuje druhové složení půdní semenné banky a také množství semen v půdní semenné bance množstvím světla v porostu. Potvrdilo se tak, že v půdní semenné bance mladších porostů najdeme větší počet druhů. Navíc zde najdeme i vyšší počet semen. Vyrovnanost společenstva se zvyšuje a stabilizuje se zvyšujícím se stářím porostu. Stabilizace je navozena úbytkem semen druhů pocházejících z ranějších fází vývoje a současnou akumulací semen ostatních druhů.

Dále půdní semennou banku ovlivňuje také konkrétní lesní porost a pokryvnost stromového patra. Pokryvnost stromového patra negativně ovlivňuje jak počet druhů, tak počet semen v půdní semenné bance. Naopak, pokryvnost bylinného patra není pro půdní semennou banku důležitá. Lesní porost ovlivňuje půdní semennou banku jednotným způsobem obhospodařování v rámci jednoho lesního komplexu.

Další pozornost byla věnována funkčním vlastnostem rostlin. S rostoucím stářím porostu dochází k uspíšení nástupu kvetení, avšak období se neprodlouží, ale dříve skončí. Tento stejný princip se uplatňuje u fáze opadávání plodů a diseminace. Se stoupajícím stářím porostu klesá potenciální produktivita semen, protože v půdní semenné bance je zastoupeno méně semen. Se zvyšujícím se stářím porostu se v půdní semenné bance zvyšuje počet semen jednoletých druhů a snižuje počet semen dvouletých druhů. Dále klesá počet chamaefytů a roste počet geofytů. Geofyty jsou zvýhodněny

oproti jiným skupinám rostlin díky rychlému jarnímu vývoji. Dochází také ke zvyšování počtu stres tolerantních a ruderalních druhů, což je patrně způsobeno lokálními disturbancemi. Váha semen a životnost druhů se nijak nemění.

Dílním cílem této dizertační práce bylo navrhnout přístroj pro prosévání vzorků. Tento cíl byl také naplněn. Pomocí přístroje je možné zefektivnit proplavování vzorků. Úspora času oproti ručnímu proplavování je asi 75 % v závislosti na typu půdy. Navíc je zařízení pro třídění frakcí sypkých hmot zapsáno jako užitný vzor u Úřadu průmyslového vlastnictví pod číslem 25540 (Mendelova univerzita v Brně 2013).

Pro případný další výzkum doporučuji prozkoumat vliv světla na půdní semennou banku, protože tento vliv nebyl zatím dostatečně studován.

8. Summary

The Ph.D. thesis deals about the relationship of some environmental factors with the composition and the structure of the soil seed bank. These relationships were studied in the context of the flood forests in South Moravia in the forest district Valtice.

In the November 2011 97 soil samples were taken. The age of the forest stands varied between 10 to 150 years. The soil samples were sampled in blocks of 20 x 10 x 10 cm. The weight was reduced on 1 kg in the laboratory afterwards. Samples were sieved through sieves by water (mesh sizes were 0,25 mm, 0,5 mm, 1 mm and 2 mm) and dried. For sieving new device designed as and part of this Ph.D. thesis was used (Mendlova univerzita v Brně 2013). In the end seeds were manually collected from all samples, photographed, counted in Image J (Image J, Abramoff et al. 2004) and determined (Delorit 1970, Martin and Barkley 2000, Cappers et al. 2006). If the determination was not possible, seeds were planted in and pot in a greenhouse.

In each sample site an subsample for the determination of soil properties was taken. Several soil properties were determined: dry mass content (S), wet bulk density (ρ_w), bulk density (ρ_d), porosity (P), volumetric moisture content (Θ), air porosity (A), pH and biological activity.

All data were entered to Turboweg for Windows (Hennekens and Schaminée 2001) and analysed in R (R verzion 2.12.2 – 2011) with the use of the Vegan library (Oksanen et al. 2010). From the data seed densities, species richness, Shanon–Wiener index of diversity and Pielou’s evenness for every sample were calculated. For the analyses of the impact of soil properties and properties of the forest stand on the structure and composition of the soil seed bank Canonical Corespondent Analysis was used. From the properties of the forest stand the age of the forest stand and the total cover of the tree layer were used. As the level of significance the $p < 0,05$ was used. For other analyse Linear Models were used. Also the functional traits were analysed. These traits were used: the beggining, duration and the and of flowering, the beggining, duration and the and of seed shedding, potential seed productivity, type of life cycle, life form (Raunkiær 1934), type of strategy (Grime 1977), weight of seed, longevity of seed and pollination system. For every sampling plot common weighted means of single functional trait were calculated in FDiversity (Casanoves et al. 2010). The trait values were taken from

(i) LEDA traitbase (Kleyer et al. 2008), (ii) BiolFlor database (Kuhn et al. 2004)) and (iii) Seed Information Database at the Kew Royal Botanical Garden (<http://data.kew.org/sid/sidsearch.html>). It was used in Linear Models.

It was found 14 340 of seeds in total belonging to 95 species. Three species dominated the soil seed bank by more than 62 %. The most dominant were *Urtica dioica* (44 %), *Circaea lutetiana* (10 %) and *Moehringia trinervia* (8 %). More than 80 % of species found in the soil seed bank have abundance lower than 1 %.

From the results come out that the age of the forest stand influences not only the composition of the soil seed bank but also the amount of seeds in the soil seed bank by the amount of light available in the vegetation. It was confirmed that in the soil seed bank of younger forests there is higher amount of species. In addition there is also higher amount of seeds. The evenness in older forests is higher and it stabilizes with the increasing forest age. The stabilization is caused by the gradual loss of seeds belonging to early successional species and accumulation of seeds of other species.

From soil properties only porosity and volumetric moisture content significantly influence the soil seed bank but its influence is quite low. It was proved that more porous soils content more seeds in comparison with those with lower amount of pores. The speculation that more dense soils content more seeds because there is less pathogens which is caused by the lower level of oxygen was not proved. Biological activity did not have any influence on the soil seed bank composition neither pH.

Also the total cover of tree layer influences the soil seed bank. The total cover of tree layer negatively influences both the amount of species and the amount of seeds.

With increasing age of the forest stand the beginning of flowering starts earlier. The duration of the flowering also ends earlier in the older forests so the total period of flowering is shorter in old forests in comparison with young forests. The same pattern is valid also for the seed shedding. As the forests grows the potential productivity of seeds decreases, because there is less seeds in the soil seed bank. Also there is bigger amount of seeds of annuals and lower amount of seeds of biennials in older forests. The amount of seeds of chamaephytes decreases while the amount of seeds of geophytes increases with the increasing forest age. Geophytes are favoured against other groups of plants because of

its fast spring development. Also the amount of seeds belonging to stress tolerants and ruderals geofyts increases with the increasing forest age, which is probably caused by local disturbances. The seed weight and seed longevity does not show any pattern.

One of aims of this Ph.D. thesis was to design and build a device for sieving soil samples. This task was successfully fulfilled. With the use of this device it is possible to make the sieving more efficient. In comparison with and manual sieving it is possible to save 75 % of time depending on the type of the soil. The device is protected by The Industry Properte Office (Mendelova Univerzita v Brně 2013).

9. Seznam použité literatury

- ABRAMOFF M. D., MAGALHAES P. J., RAM, S. J., 2004. Image Processing with ImageJ. *Biophotonics International* 11. 36–42.
- ALBRECHT H. A., AUERSWALD K., 2003. Arable weed seedbanks and their relation to soil properties. *Aspect of Applied Biology* 69. 11–20.
- BEKKER R. M., OOMES M. J. M., BAKKER J. P., 1998. The impact of groundwater level on soil seed bank survival. *Seed Science Research* 8. 399–404.
- BENVENUTI S., 2007. Natural weed seed burial: effect of soil texture, rain and seed characteristics. *Seed Science Research* 17. 211–219.
- BERENBAUM M. R., 1981. Patterns of furanocoumarin production and insect herbivory in a population of wild parsnip (*Pastinaca sativa* L.). *Oecologia* 49. 236–244.
- BOEDELTE G., BAKKER J. P., BEKKER R. M., VAN GROENENDAEL J. M., SOESBERGEN M., 2003. Plant dispersal in a lowland stream in relation to occurrence and three specific life-history traits of the species in the species pool. *Journal of Ecology* 91(5). 855–866.
- BOEDELTE G. E. R., BAKKER J. P., TEN BRINKE A., VAN GROENENDAEL J. M., SOESBERGEN, M., 2004. Dispersal phenology of hydrochorous plants in relation to discharge, seed release time and buoyancy of seeds: the flood pulse concept supported. *Journal of Ecology* 92(5). 786–796.
- BONIS A., LEPART J., GRILLAS P., 1995. Seed bank dynamics and coexistence of annual macrophytes in a temporary a variable habitat. *Oikos* 74. 81–92.
- BOSSUYT B. A., HONNAY O., 2008. Can the seed bank be used for ecological restoration? An overview of seed bank characteristics in European communities. *Journal of Vegetation Science* 19. 875–884.
- BOSSUYT B., HEYN M. A., HERMY M., 2002. Seed bank and vegetation composition of forest stands of varying age in central Belgium: consequences for regeneration of ancient forest vegetation. *Plant Ecology* 162. 33–48.

- BRATTON S. P., 1976. Resource division in an understory herb community: responses to temporal and microtopographic gradients. *American Naturalist* 110. 679–93.
- BROKAW N. A., BUSING R. T., 2000. Niche versus chance and tree diversity in forest gaps. *Trends in Ecology and Evolution* 15. 183–188.
- BROWN D., 1992. Estimating the composition of a forest seed bank: a comparison of the seed extraction and seedling emergence methods. *Canadian Journal of Botany* 70. 1603–1612.
- CANHAM CH. D., BURBANK D. H. 1993. Causes and consequences of resource heterogeneity in forests: interspecific variation in light transmission by canopy trees. *Canadian Journal of Forestry Research* 24. 337–349.
- CANHAM CH. D., DENSLOW J. S., PLATT W. J., RUNKLE R. J., SPIES T. A., WHITE P. S., 1990. Light regimes beneath closed canopies and tree-fall gaps in temperate and tropical forests. *Canadian Journal of Forest Research* 20. 620–631.
- CAPON S. J., BROCK M. A, 2006. Flood variability, soil seed bank dynamics and vegetation resilience in a desert floodplain. *Freshwater Biology* 51. 206–223.
- CAPPERS R. T. J., BEKKER, R. M., JANS J. E. A., 2006. *Digitale zaenatlas van Nederland: Digital seed atlas of the Netherlands*. Barkhuis publishing, Groningen, NED.
- CASANOVA M. T., BROCK M. A, 2000. How do depth, duration and frequency of flooding influence the establishment of wetland plant communities? *Plant Ecology* 147. 237–250
- DALLING W. J., DAVIS A. S., SCHUTTE B. J., ARNOLD A. E., 2011. Seed survival in soil: interacting effects of predation, dormancy and the soil microbial community. *Journal of Ecology* 99. 89–95
- DEBERRY D. A., PERRY J. E., 2000. An introduction to wetland seed bank Technical report. 00–2.

- DECOCQ G., VALENTIN B., TOUSSAINT B., HENDOUX F., SAGUEZ R., BARDAT J., 2004. Soil seed bank composition and diversity in a managed temperate deciduous forest. *Biodiversity a conservation* 1313. 2485–2509.
- DELORIT R. J., 1970. An illustrated taxonomy manual of weed seeds. Agronomy Publications, Wisconsin, US.
- DEYL M., 1964. *Plevele polí a zahrád*. Praha, ČSAV.
- ELLENBERG H., WEBER H. E., DULL R., WIRTH V., WERNER W., PAULISSEN D., 1992. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. *Scripta Geobotanica* 18. 1–248.
- GERARD M., KALOUN M. E. L., MERTENS W., VERHAGEN B., METRE P., 2008. Impact of flooding on potential and realised grassla species richness. *Plant Ecology* 194. 85–98.
- GILLIAM F. S. A., ROBERTS M. R., 2003. *The herbaceous layer in forests of Eastern North America*. New York, Cambridge University Press.
- GOODSON J. M., GURNELL A. M., ANGOLD P. G., MORRISSEY I. P., 2003. Evidence for hydrochory and the deposition of viable seeds within winter flow-deposited sediments: the river Dove, Derbyshire, UK. *River Res Appl* 19. 317–334.
- HAMRICK J. L. A., LEE J. M., 1987. Effect of Soil Surface Topography and Litter Cover on the Germination, Survival, and Growth of Musk Thistle *Carduus nutans*. *American Journal of Botany* 74. 451–457.
- HANLEY M. E., FENNER M., 1998. Pre-germination temperature and the survivorship a onward growth of Mediterranean fire-following plant species. *Acta Oecologica. International Journal of Ecology* 19. 181–187.
- HENNEKENS S. M. A., SCHAMINÉE J. H. J., 2001. TURBOVEG, a comprehensive data base management system for vegetation data. *Journal of Vegetation Science* 12. 589–591.
- HERMY M., HONNAY O., FIRBANK L., GRASHOF-BOKDAM C. A., LAWESSON J. E., 1999. An ecological comparison between ancient and other forest

plant species of Europe, and the implications for forest conservation. *Biological Conservation* 91. 9–22.

HIGGINS S. I., ROGERS K. H., KEMPER J., 1997. A description of the functional vegetation pattern of a semi–arid floodplain, South Africa. *Plant Ecol* 129. 95–101.

HIGLER L. W. G., 1993. The riparian community of the north–west European lowland streams. *Freshwater Biology* 29. 229–241.

HONNAY O., BOSSUYT B., JACQUEMYN H., SHIMONO A., UCHIYAMA K., 2008. Can a seed bank maintain, the genetic variation in the above ground plant population? *Oikos* 117. 1–5.

HONNAY O., JACQUEMYN H., 2007. Susceptibility of common a rare plant species to the genetic consequences of habitat fragmentation. *Conservation Biology* 21. 824–831.

HONNAY O., JACQUEMYN H., BOSSUYT B., HERMY M., 2005. Forest fragmentation effects on patch occupancy and population viability of herbaceous plant species. *New Phytology* 166. 723–736.

HURTT G. C., PACALA S. W., 1995. The consequences of recruitment limitation: reconciling chance, history and competitive differences between plants. *Journal of Theoretical Biology*, 176. 1–12.

HYATT L. A. A., CASPER B. B., 2000. Seed bank formation during early secondary succession in a temperate deciduous forest. *Journal of Ecology* 88. 516–527.

HYATT L. A., 1999. Differences between seed bank composition and field recruitment in a temperate zone deciduous forest. *American Midland Naturalist* 142. 31–38.

CHYTRÝ M. ed. 2013. *Vegetace České republiky 4. Lesní a křovinná vegetace*. Praha, Academia.

CHYTRÝ M., KUČERA T., KOČÍ M., GRUPÁČH V., LUSTYK P eds., 2010. *Katalog biotopů České republiky*. Praha, Agentura ochrany přírody a krajiny.

JAMES C. S., CAPON S. J., WHITE M. G., RAYBURG S. C., THOMAS M. C., 2007. Spatial variability of the soil seed bank in a heterogeneous ephemeral wetland system in semiarid Australia. *Plant Ecology* 190. 205–217.

JAYASURIYA G., BASKIN J. M., BASKIN C. C., 2009. Sensitivity cycling and its ecological role in seeds with physical dormancy. *Seed Science Research* 19. 3–13.

KING T. J., 1974. Inhibition of seed germination under leaf canopies in *Arenaria serpyllifolia*, *Veronica arvensis* and *Cerastium holosteoides*. *New Phytologist* 75. 870–90.

KLEYER M., BEKKER R. M., KNEVEL I. C., BAKKER J. P., THOMPSON K., SONNENSCHNEIN M., POSCHLOD P., VAN GROENENDAEL J. M., KLIMES L., KLIMESOVA J., KLOTZ S., RUSCH G. M., HERMY M., ADRIAENS D., BOEDELTE G., BOSSUYT B., DANNEMANN A., ENDELS P., GOETZENBERGER L., HODGSON J. G., JACKEL A. K., KUEHN I., KUNZMANN D., OZINGA W. A., ROEMERMANN C., STADLER M., SCHLEGELMILCH J., STEENDAM H. J., TACKENBERG O., WILMANN B., CORNELISSEN J. H. C., ERIKSSON O., GARNIER E., PECO B., 2008. The LEDA traitbase: a database of life–history traits of the Northwest European flora. *Journal of Ecology* 96. 1266–1274.

KLIMO E., 2003. Lužní les jako významný biotop nížinné krajiny. *Pedologické dny 2003*, 39.

KREMER R. J., 1987. Identity and properties of bacteria inhabiting seeds of broadleaf weed species. *Microbial Ecology* 14. 29–37.

KROPÁČ Z., NEJEDLÁ M., 1956. Klíčící rostliny našich běžných plevelů. Praha, Československá akademie zemědělských věd.

KUDOH H., SHIBAIKE H., TAKASU H., WHIGHAM D. F., KAWANO S., 1999. Genetic structure and determinants of clonal structure in a temperate deciduous woodland herb, *Uvularia perfoliata*. *Journal of Ecology* 87. 244–57.

- KWIATKOWSKA–FALINSKA A., J. JANKOWSKA–BLASZCZUK M. A., WODKIEWICZ M., 2011. The pattern of seed banks during secondary succession on poor soils. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 80. 269–274.
- LECKIE S., VELLEND M., BELL G., WATERWAY M. J., LECHOWICZ M. J., 2000. The seed bank in an old-growth, temperate deciduous forest. *Canadian Journal of Botany* 782. 181–192.
- LENSSEN J. P. M., VAN DE STEEG H. M., DE KROON H., 2004. Does disturbance favour weak competitors? Mechanisms of changing plant abundance after flooding. *Journal of Vegetation Science* 15. 305–314.
- Lesprojekt Brno a.s. 2000. Forest management plan LHC 616000 Židlochovice for the period 2000–2009 [digital numerical a graphical data LHP].
- LHOTSKÁ M., KROPÁČ Z., MAGET J., 1985. Kapesní atlas semen plodů a klíčnicích rostlin. Praha, Státní pedagogické nakladatelství.
- LONG R. L., STEADMAN K. J., PANETTA F. D., ADKINS S. W., 2009. Soil type does not affect seed ageing when soil water potential and temperature are controlled. *Plant and Soil* 320. 131–140.
- LUNDHOLM J. T. A., STARK K. E., 2007. Alvar seed bank germination responses to variable soil moisture *Canadian Journal of Botany* 8510. 986–993.
- MAIA F. C., DE MEDEIROS R. B, DE PATTA PILLAR V., FOCT T., 2004. Soil seed bank variation patterns according to environmental factors in a natural grassland. *Revista Brasileira de Sementes* 2. 126–137.
- MARTIN A. C. A., BARKLEY W. D., 2000. Seed identification manual. Blackburn Press, New Jersey, US.
- MCGRAW J. B., 1987. Seed bank properties of an Appalachian sphagnum bog and a model of the depth distribution of viable seeds. *Canadian Journal of Botany* 65. 2028–2035.

MEIRE P., YSEBAERT T., VAN DAMME S., VAN DEN BERGH E., MARIS T., STRUYF E., 2005. The Schelde estuary: a description of a changing ecosystem. *Hydrobiologia*. 1–11.

Mendelova univerzita v Brně. 2013 Zařízení pro třídění frakcí sypkých hmot. Kůrová, J., 25540. Úřad průmyslového vlastnictví, Česká republika. Užité vzor.

MIDDLETON B. A., VAN DER VALK A. G., MASON D. H., WILLIAMS R. L., DAVIS C. B., 1991 Vegetation dynamics and seed banks of a monsoonal wetland overgrown with *Paspalum distichum* L. in northern India. *Aquatic Botany* 40. 239–59.

NUNNEY L., 2002. The effective size of annual plant populations: the interaction of a seed bank with fluctuating population size in maintaining genetic variation. *American Naturalist* 160. 195–204.

OKSANEN J., BLANCHET F. G., KINDT R., LEGENDRE P., O'HARA R. B., SIMPSON G. L., SOLYMOS P., STEVENS M. H. H., WAGNER H., 2010. Vegan: Community Ecology Package. R package version 1.17–3, <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>.

OLADIPO O. T. A., OKE S. O., 2007. Seedbank dynamics, seedling emergence and survival of herbaceous species in successional plots in Ile-Ife, Southwestern Nigeria. *Research Journal of Botany* 2. 76–85.

OLANO J. M., CABALLERO I., LASKURAIN N. A., LOIDI J., ESCUDERO A., 2002. Seed bank spatial pattern in a temperate secondary forest. *Journal of Vegetation Science* 13(6). 775–784.

PAKEMAN R. J., SMALL J. L., TORVELL L., 2012. Edaphic factors influence the longevity of seeds in the soil. *Plant Ecology* 213. 57–65.

PETERSON J. E., BALDWIN A. H., 2004 Variation in wetland seed banks across a tidal freshwater landscape. *American Journal of Botany* 91(8). 1251–1259.

PICKETT S. T. A. A., MCDONNELL M. J., 1989. Seed bank dynamics in temperate deciduous forest. In LECK M. A., PARKER V. T., SIMPSON R. L., 1989. *Ecology of soil seed banks*. Academic Press, San Diego.

- PIESSENS K., HONNAY O., NACKAERTS K., HERMY M., 2004. Plant species richness and composition of heathland relics in northern Belgium: evidence for a rescue effect? *Journal of Biogeography* 31. 1683–1692.
- PLUE J., VERHEYEN K., VAN CALSTER H., MARAGE D., THOMPSON K., KALAMEES R., JANKOWSKA-BLASCZUK M., BOSSUYT B., HERMY M., 2010. Seed banks of temperate deciduous forests during secondary succession. *Journal of Vegetation Science* 21. 965–978.
- POULSON T. L. A., PLATT W. J., 1989. Gap Light Regimes Influence Canopy Tree Diversity. *Ecology* 70. 553–555.
- PRICE J. N., WRIGHT B. R., GROSS C. L., WHALLEY W. R., 2010. Comparison of seedling emergence and seed extraction techniques for estimating the composition of soil seed banks. *Methods in Ecology and Evolution* 2. 151–157.
- PUGNAIRE F. I. A., LAZARO R., 2000. Seed Bank and Understorey Species Composition in a Semi-arid Environment: The Effect of Shrub Age and Rainfall. *Annals of Botany* 86. 807–813.
- Quantum GIS Development Team, 2013. Quantum GIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>
- SARIN M. N. A., NARAYANAN A., 1968. Effects of Soil Salinity and Growth Regulators on Germination and Seedling Metabolism of Wheat. *Physiologia Plantarum* 21. 1201–1209. doi: 10.1111/j.1399-3054.1968.tb07350.x
- SMALL CH. J. A., MCCARTHY B. C., 2010. Seed Bank Variation under Contrasting Site Quality Conditions in Mixed Oak Forests of Southeastern Ohio, USA. *International Journal of Forestry Research*. doi:10.1155/2010/419482
- SMOUSE P. E., LONG J. C., SOKAL R. R., 1986. Multiple regression and correlation extensions of the Mantel test of matrix correspondence. *Systematic Zoology* 35. 627–632.
- STÖCKLIN J. A., FISCHER M. 1999. Plants with longer lived seeds have lower local extinction rates in grassland remnants. *Oecologia* 120. 539–543.

- TEMPLETON A. R., LEVIN D. A., 1979. Evolutionary consequences of seed pools. *American Naturalist* 114. 232–249.
- TER HEERDT G. N. J., VERWEIJ G. L., BEKKER R. M., AKKER J. P., 1996. An Improved Method for Seed–Bank Analysis: Seedling Emergence After Removing the Soil by Sieving. *Functional Ecology* 10(1). 144–151.
- THOMPSON J. N., 1980. Treefalls and Colonization Patterns of Temperate Forest Herbs. *American Midland Naturalist* 104(1). 176–184.
- THOMPSON K., 1987. Seeds and seed banks. *New Phytologist* 106. 23–34.
- THOMPSON K., BAKKER J. P., BEKKER R. M., HODGSON J. G., 1998. Ecological correlates of seed persistence in soil in the north–west European flora. *Journal of Ecology* 86(1). 163–169.
- THOMPSON K., CERIANI R. M., BAKKER J. P., BEKKER R. M., 2003. Are seed dormancy and persistence in soil related? *Seed Science Research* 13. 97–100.
- UESUGI R., NISHIHIRO J., TSUMURA Y., WASHITANI I., 2007. Restoration of genetic diversity from soil seed banks in a threatened aquatic plant, *Nymphoides peltata*. *Conservation Genetics* 8. 111–121.
- VÁLIO I. F. A., SCARPA F. M., 2001. Germination of seeds of tropical pioneer species under controlled and natural conditions. *Brazilian Journal of Botany* 24(1). 79–84.
- VAN DER VALK A. G., 1992. Establishment, colonization and persistence. In: GLENN–LEWIN D. C., PEET R. K., VEBLER T. T. eds. *Plant succession. Theory and prediction*. 60–102. Chapman and Hall, London.
- VAN DER WALL S. B., 1998. Foraging success of granivorous rodents: effects of variation in seed and soil water on olfaction. *Ecology* 79. 233–241.
- VYBÍRAL J., 2007. *Lužní lesy v Biosférické rezervaci Dolní Morava*. Mikulov: Regionální muzeum v Mikulově.

- WEBB S. L., 1999. Disturbance by wind in temperate-zone forests. In WALKER L.R.ed. *Ecosystems of Disturbed Ground*, pp. 187– 222. Amsterdam, Netherlands: Elsevier.
- WETZEL P. R., VAN DER VALK A. G., TOTH L.A., 2001. Restoration of wetland vegetation on the Kissimmee River floodplain: potential role of seed banks. *Wetlands* 21. 189–198.
- WHIGHAM D. E., 2004. Ecology of woodland herbs in temperate ecology deciduous forests. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 35. 583–62.
- YANAI R. D., PARK B. B., HAMBURG S. P., 2006. The vertical and horizontal distribution of roots in northern hardwood stands of varying age. *Canadian Journal of Forest Research* 36. 450–459.
- ZBÍRAL J., HONSA I., MALÝ S. 1997. *Analýza půd. Jednotné pracovní postupy III*. Brno, Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský.
- ZELENCHUK T. K., 1961. The content of viable seed in meadow peaty soils of the L'vov region. *Byulleten' Moskovskogo Obshchestva Ispytatelei Prirody. Otdel Biologicheskii*. 66. 77–92.
- ZELENÝ D. A., SCHAFFERS A. P., 2012. Too good to be true: pitfalls of using mean Ellenberg indicator values in vegetation analyses. *Journal of Vegetation Science* 23. 419–431.
- ZOBEL M., KALAMEES R., PÜSSA K., ROOSALUSTE E., MOORA M., 2007. Soil seed bank and vegetation in mixed coniferous forest stands with different disturbance regimes. *Forest Ecology and Management* 250. 71–76.

10. Přílohy

Seznam příloh:

10.1 Seznam odběrných míst

10.2 Použité skripty do R

10.3 Mapa odběrných míst

10.2 Seznam odběrných míst

Odběrné místo	Stáří	Porost	Souřadnice X	Souřadnice Y
1	7	614G7	16,52119	48,46029
2	5	613B5	16,52012	48,46184
3	7	613B7a	16,52016	48,46207
4	4	614D4	16,52052	48,46214
5	8	614D8	16,52153	48,46196
6	5	616C5	16,52162	48,46342
7	6	616D6	16,52171	48,46451
8	5	616C5	16,52267	48,46484
9	11	615A11	16,52328	48,46538
10	11	615A12	16,52263	48,46554
11	5	615F5	16,52305	48,46462
12	5	616C5	16,52283	48,46427
13	8	615C8	16,52376	48,46367
14	NA	615C5	16,52328	48,46328
15	15	613F15	16,51493	48,46289
16	7	611A7	16,51464	48,46048
17	4	613A4	16,51317	48,46144
18	5	612A5	16,51237	48,46128
19	5	612A5	16,51263	48,4617
20	3	611B3	16,51535	48,45466
21	14	611B14	16,51533	48,45429
22	12	618D12	16,51432	48,47099
23	6	618D6	16,51401	48,47139
24	4	618E4	16,51412	48,47005
25	13	619C13a	16,51041	48,47146
26	7	619B7a	16,50496	48,47136
27	12	621F12	16,51089	48,47475
28	12	621D12	16,50417	48,47488
29	12	620D12a	16,50195	48,47422
30	12	620D12	16,50314	48,47478
31	7	621A7	16,50272	48,48078
32	12	622C12	16,50325	48,48112
33	10	624F10	16,49422	48,48129
34	8	624G8	16,49371	48,48151
35	12	625D12	16,49276	48,48583
36	12	625E12	16,49436	48,48556
37	6	606A6a	16,5026	48,48511
38	13	607E13a	16,51468	48,47503
39	13	607F13	16,51476	48,47588
40	7	607F7a	16,51455	48,48042

Odběrné místo	Stáří	Porost	Souřadnice X	Souřadnice Y
41		není založeno	0	0
42	14	626E14	16,47156	48,48164
43	11	629F11a	16,47284	48,483
44	14	628D	16,47149	48,48221
45	11	628F11	16,47291	48,48364
46	8	628H8	16,47305	48,48403
47	8	628G8	16,47352	48,48412
48	13	628B13	16,47141	48,48309
49	4	631A4	16,46428	48,49041
50	12	629A12	16,46561	48,49118
51	8	632C8a	16,4638	48,49096
52	9	629H9a	16,47387	48,4928
53	4	629G4b	16,47269	48,49066
54	4	629G4b	16,4725	48,49055
55	7	630B7	16,47054	48,49014
56	4	630B4	16,47045	48,48596
57	8	632D8	16,46145	48,49135
58	10	603C10b	16,45176	48,50192
59	10	603C10b	16,45187	48,50165
60	3	603F3	16,45431	48,49556
61	14	633D14	16,43219	48,51043
62	3	633A3	16,43312	48,5114
63	14	633D14	16,43322	48,51103
64	13	633D14	16,43337	48,5107
65	8	633C8	16,43363	48,51058
66	13	633D13	16,43362	48,51026
67	8	633C8	16,43397	48,51004
68	8	633F8	16,43349	48,50393
69	4	627C4a	16,47524	48,48117
70	13	626G13	16,47447	48,48121
71	3	626F3	16,47265	48,48165
72	4	626E4	16,47126	48,48178
73	1	626E1	16,47072	48,4823
74	10	632B10	16,46291	48,49172
75	8	632B8	16,46167	48,49146
76	8	632B8	16,46098	48,49172
77	4	632D4	16,46311	48,49153
78	2	631A2	nezaměřeno	nezaměřeno
79	2	626A1	16,4646	48,48431
80	11	631B11	16,46554	48,4839
81	13	627C13	16,47356	48,48144
82	13	626G13	16,47576	48,48087

Odběrné místo	Stáří	Porost	Souřadnice X	Souřadnice Y
83	1	616C	16,52115	48,46305
84	1	618F	16,51464	48,46491
85	4	619G4	16,51375	48,46464
86	NA	616A2	16,5202	48,4638
87	1	618F14	16,51955	48,46428
88	2	618E2	16,51741	48,46832
89	NA	618E3	16,51605	48,47051
90	NA	618D12	16,51422	48,47187
91	1	619A13	16,51286	48,47246
92	3	619C3	16,512	48,47221
93	NA	618A13	16,51069	48,4734
94	1	619C13a	16,50971	48,47374
95	1	620B14	16,5037	48,4797
96	1	620B14	16,50376	48,48147
97	1	621A12	16,50183	48,48157

10.2 Skripty do R

```
# načtení dat do R #####
```

```
library(vegan)
```

```
Dis.env <- read.csv2 ('C:/Documents and  
Settings/uzivatel/Plocha/Disertace_analyzy/Disertace_env.csv', head=T)
```

```
Dis.spe <- read.csv2 ('C:/Documents and  
Settings/uzivatel/Plocha/Disertace_analyzy/Disertace_spe.csv', head=T,row.names=1)  
Spe.log<-log(Dis.spe+1)
```

```
# LM
```

```
# pokryvnost dřevin - počty druhů, semen, evenness, diversity
```

```
druhy.pokr.tree<-lm(Pocty_druhu~Cover_tree,data=Dis.env)
```

```
druhy.pokr.tree
```

```
summary (druhy.pokr.tree)
```

```
plot (druhy.pokr.tree)
```

```
druhy.poc.sem<-lm(Pocty_semen~Cover_tree,data=Dis.env)
```

```
druhy.poc.sem
```

```
summary (druhy.poc.sem)
```

```
plot (druhy.poc.sem)
```

```
druhy.eve<-lm(Evenness~Cover_tree,data=Dis.env)
```

```
druhy.eve
```

```
summary (druhy.eve)
```

```
plot (druhy.eve)
```

```
druhy.shan<-lm(Shanon~Cover_tree,data=Dis.env)
```

```
druhy.shan
```

```
summary (druhy.shan)
```

```
plot (druhy.shan)
```

```
# biological act - počty druhů, semen, evenness, diversity
```

```
biol.druhy<-lm(Pocty_druhu~Biologicka_aktivita,data=Dis.env)
```

```
biol.druhy
```

```
summary (biol.druhy)
```

```
plot (biol.druhy)
```

```
biol.poc.sem<-lm(Pocty_semen~Biologicka_aktivita,data=Dis.env)
```

```
biol.poc.sem
```

```
summary (biol.poc.sem)
```

```
plot (biol.poc.sem)
```

```
biol.eve<-lm(Evenness~Biologicka_aktivita,data=Dis.env)
```

```
biol.eve
```

```
summary (biol.eve)
```

```
plot (biol.eve)
```

```

biol.shan<-lm(Shanon~Biologicka_aktivita,data=Dis.env)
biol.shan
summary (biol.shan)
plot (biol.shan)

# Ph_kyselina - počty druhů, semen, evenness, diversity

ph.druhy<-lm(Pocty_druhu~Ph_kyselina,data=Dis.env)
ph.druhy
summary (ph.druhy)
plot (ph.druhy)

ph.poc.sem<-lm(Pocty_semen~Ph_kyselina,data=Dis.env)
ph.poc.sem
summary (ph.poc.sem)
plot (ph.poc.sem)

ph.eve<-lm(Evenness~Ph_kyselina,data=Dis.env)
ph.eve
summary (ph.eve)
plot (ph.eve)

ph.shan<-lm(Shanon~Ph_kyselina,data=Dis.env)
ph.shan
summary (ph.shan)
plot (ph.shan)

# Objemova_vlhkost - počty druhů, semen, evenness, diversity

vlhkost.druhy<-lm(Pocty_druhu~Objemova_vlhkost,data=Dis.env)
vlhkost.druhy
summary (vlhkost.druhy)
plot (vlhkost.druhy)

vlhkost.poc.sem<-lm(Pocty_semen~Objemova_vlhkost,data=Dis.env)
vlhkost.poc.sem
summary (vlhkost.poc.sem)
plot (vlhkost.poc.sem)

vlhkost.eve<-lm(Evenness~Objemova_vlhkost,data=Dis.env)
vlhkost.eve
summary (vlhkost.eve)
plot (vlhkost.eve)

vlhkost.shan<-lm(Shanon~Objemova_vlhkost,data=Dis.env)
vlhkost.shan
summary (vlhkost.shan)
plot (vlhkost.shan)

```

```

# Porovitost - počty druhů, semen, evenness, diversity

porovitost.druhy<-lm(Pocty_druhu~Porovitost,data=Dis.env)
porovitost.druhy
summary (porovitost.druhy)
plot (porovitost.druhy)

porovitost.poc.sem<-lm(Pocty_semen~Porovitost,data=Dis.env)
porovitost.poc.sem
summary (porovitost.poc.sem)
plot (porovitost.poc.sem)

porovitost.eve<-lm(Evenness~Porovitost,data=Dis.env)
porovitost.eve
summary (porovitost.eve)
plot (porovitost.eve)

porovitost.shan<-lm(Shanon~Porovitost,data=Dis.env)
porovitost.shan
summary (porovitost.shan)
plot (porovitost.shan)

# Stari - počty druhů, semen, evenness, diversity

stari.druhy<-lm(Pocty_druhu~Stari,data=Dis.env)
stari.druhy
summary (stari.druhy)
plot (stari.druhy)

stari.poc.sem<-lm(Pocty_semen~Stari,data=Dis.env)
stari.poc.sem
summary (stari.poc.sem)
plot (stari.poc.sem)

stari.eve<-lm(Evenness~Stari,data=Dis.env)
stari.eve
summary (stari.eve)
plot (stari.eve)

stari.shan<-lm(Shanon~Stari,data=Dis.env)
stari.shan
summary (stari.shan)
plot (stari.shan)

# LM - total models #####
# Pocty_druhu

```

```

ph.druhy.tot<-
lm(Pocty_druhu~Stari+Cover_tree+Biologicka_aktivita+Ph_kyselina+Objemova_vlhko
st+Porovitost,data=Dis.env)
ph.druhy.tot
summary (ph.druhy.tot)
plot (ph.druhy.tot)

ph.druhy.stari<-lm(Pocty_druhu~Stari,data=Dis.env1)
ph.druhy.stari
summary (ph.druhy.stari)
plot (ph.druhy.stari)

ph.druhy2<-lm(Pocty_druhu~Stari+Cover_tree,data=Dis.env1)
summary (ph.druhy2)
plot (ph.druhy2)

Dis.env1 <- (Dis.env[!is.na(Dis.env$Stari)&!is.na(Dis.env$Cover_tree),])

anova (ph.druhy.stari,ph.druhy2)

plot(Pocty_druhu~Stari, data = Dis.env)
plot(Pocty_druhu~Stari, data = Dis.env1)

is.na(Dis.env$Stari)

ph.druhy2<-lm(Pocty_druhu~Stari*Biologicka_aktivita,data=Dis.env)
summary (ph.druhy2)
ph.druhy2<-lm(Pocty_druhu~Stari*Ph_kyselina,data=Dis.env)
summary (ph.druhy2)
ph.druhy2<-lm(Pocty_druhu~Stari*Objemova_vlhkost,data=Dis.env)
summary (ph.druhy2)
ph.druhy2<-lm(Pocty_druhu~Stari*Porovitost,data=Dis.env)
summary (ph.druhy2)
ph.druhy2<-lm(Pocty_druhu~Stari*Porovitost,data=Dis.env)
summary (ph.druhy2)

ph.druhy<-lm(Pocty_druhu~Stari+Objemova_vlhkost,data=Dis.env)
ph.druhy
summary (ph.druhy)

# Pocty_semen
ph.poc.sem.tot<-
lm(Pocty_semen~Stari+Cover_tree+Biologicka_aktivita+Ph_kyselina+Objemova_vlhk
ost+Porovitost,data=Dis.env)
ph.poc.sem.tot
summary (ph.poc.sem.tot)
plot (ph.poc.sem.tot)

```

```
ph.poc.sem1<-lm(Pocty_semen~Stari,data=Dis.env1) #
+Cover_tree+Biologicka_aktivita+Ph_kyselina+Objemova_vlhkost+Porovitost
ph.poc.sem1
summary (ph.poc.sem1)
plot (ph.poc.sem1)
```

```
ph.poc.sem2<-lm(Pocty_semen~Stari+Cover_tree,data=Dis.env1) #
+Biologicka_aktivita+Ph_kyselina+Objemova_vlhkost+Porovitost
ph.poc.sem2
summary (ph.poc.sem2)
plot (ph.poc.sem2)
```

```
anova (ph.poc.sem1,ph.poc.sem2)
```

```
# Evenness
ph.eve.tot<-lm(Evenness~Stari+Cover_tree,data=Dis.env1)
ph.eve.tot
summary (ph.eve.tot)
plot (ph.eve.tot)
```

```
ph.poc.ev<-lm(Evenness~Stari,data=Dis.env1)
ph.poc.ev
summary (ph.poc.ev)
plot (ph.poc.ev)
```

```
anova (ph.poc.ev,ph.eve.tot)
```

```
# Shanon
ph.shan.tot<-lm(Shanon~Stari,data=Dis.env1)
ph.shan.tot
summary (ph.shan.tot)
plot (ph.shan.tot)
```

```
ph.poc.ev<-lm(Shanon~Stari+Cover_tree,data=Dis.env1)
ph.poc.ev
summary (ph.poc.ev)
plot (ph.poc.ev)
```

```
anova (ph.poc.ev,ph.shan.tot)
```

```
# LM_LOG Stari, porovitost, Objemova_vlhkost, ph, biological act, cover tree - počty
druhů, semen, evenness, diversity #####
```

```
Semena_log <- log10 (Dis.env$Pocty_semen)
Druhy_log <- log10 (Dis.env$Pocty_druhu)
```

```
stari.druhy<-lm(Druhy_log~Stari,data=Dis.env)
stari.druhy
summary (stari.druhy)
```

```
plot (stari.druhy)
```

```
stari.poc.sem<-lm(Semena_log~Stari,data=Dis.env)  
stari.poc.sem  
summary (stari.poc.sem)  
plot (stari.poc.sem)
```

```
porovitost.druhy<-lm(Druhy_log~Porovitost,data=Dis.env)  
porovitost.druhy  
summary (porovitost.druhy)  
plot (porovitost.druhy)
```

```
porovitost.poc.sem<-lm(Semena_log~Porovitost,data=Dis.env)  
porovitost.poc.sem  
summary (porovitost.poc.sem)  
plot (porovitost.poc.sem)
```

```
ph.druhy<-lm(Druhy_log~Ph_kyselina,data=Dis.env)  
ph.druhy  
summary (ph.druhy)  
plot (ph.druhy)
```

```
ph.poc.sem<-lm(Semena_log~Ph_kyselina,data=Dis.env)  
ph.poc.sem  
summary (ph.poc.sem)  
plot (ph.poc.sem)
```

```
vlhkost.druhy<-lm(Druhy_log~Objemova_vlhkost,data=Dis.env)  
vlhkost.druhy  
summary (vlhkost.druhy)  
plot (vlhkost.druhy)
```

```
vlhkost.poc.sem<-lm(Semena_log~Objemova_vlhkost,data=Dis.env)  
vlhkost.poc.sem  
summary (vlhkost.poc.sem)  
plot (vlhkost.poc.sem)
```

```
druhy.pokr.tree<-lm(Druhy_log~Cover_tree,data=Dis.env)  
druhy.pokr.tree  
summary (druhy.pokr.tree)  
plot (druhy.pokr.tree)
```

```
druhy.poc.sem<-lm(Semena_log~Cover_tree,data=Dis.env)  
druhy.poc.sem  
summary (druhy.poc.sem)  
plot (druhy.poc.sem)
```



```

biol.druhy<-lm(Druhy_log~Biologicka_aktivita,data=Dis.env)
biol.druhy
summary (biol.druhy)
plot (biol.druhy)

```

```

biol.poc.sem<-lm(Semena_log~Biologicka_aktivita,data=Dis.env)
biol.poc.sem
summary (biol.poc.sem)
plot (biol.poc.sem)

```

druhová bohatost (Species richness S) a vyrovnanost (Pielou's evenness J)

```

H <- diversity(Dis.spe)
S <- specnumber(Dis.spe) ## rowSums(BCI > 0) does the same...
evenness <- H/log(S)
write.csv(evenness, file = "Evenness.csv")

```

CCA analyzy vše signifikantní 20.11.2014 - Stand age + Tree cover + Vol. moisture content + Porosity

```

cca.sign.spe <- cca (Spe.log ~ Stari+Cover_tree+Objemova_vlhkost+Porovitost, data =
Dis.env, na.action=na.exclude)
cca.sign.spe
anova.cca(cca.sign.spe,step=999)

```

```

ef.cca.m.bezdens.bezpor.sp <- envfit (cca.sign.spe,na.rm=T, Dis.env [,
c('Stari','Cover_tree','Objemova_vlhkost','Porovitost')])
ef.cca.m.bezdens.bezpor.sp

```

```

tiff(filename="CCA_druhy.tiff",width=15,height=15,units="cm",res=300,pointsize=5,compression="none" )
plot(cca.sign.spe,display='sp',lwd=0.3,ylim=c(-2,2),xlim=c(-3,2))
orditorp(cca.sign.spe,display='sp',lwd=0.3,ylim=c(-2,2),xlim=c(-3,2),cex=1.4)
plot(ef.cca.m.bezdens.bezpor.sp,labels=c('Stand age','Cover of tree layer','Volumetric
moisture content','Porosity'),cex=2.3)
dev.off()

```

```

data(cca.sign.spe)
mod <- cca.sign.spe
plot(mod,display='sp',lwd=0.3,ylim=c(-3,2),xlim=c(-4,2))
names(Spe.log)[1:5]
shnam <- make.cepnames(names(Spe.log))
shnam[1:5]

```

```

tiff(filename="CCA_druhy_nazvy.tiff",width=15,height=15,units="cm",res=300,pointsize=5,compression="none" )
plot(mod,display='sp',lwd=0.3,ylim=c(-2,2),xlim=c(-3,2), type='n', cex.axis=1.5,
cex.lab=1.5)
orditorp(mod,display='sp',lwd=0.3,ylim=c(-2,2),xlim=c(-3,2),cex=2,air=1.5,pch=20)

```

```
plot(ef.cca.m.bezdens.bezpor.sp, labels=c('Stand age','Cover of tree layer','Volumetric
moisture content','Porosity'),cex=2.3)
dev.off()
```

```
plot(mod,display='sp',lwd=0.3,ylim=c(-2,2),xlim=c(-3,2), type='n', cex.axis=0.7,
cex.lab=0.7)
orditkplot(mod,display='sp',lwd=0.3,ylim=c(-2,2),xlim=c(-3,2),cex=1,air=1,pch=')
plot(ef.cca.m.bezdens.bezpor.sp, labels=c('Stand age','Cover of tree layer','Volumetric
moisture content','Porosity'),cex=2.3)
```

```
orditkplot(pokus4)
```

```
tiff(filename="pokus_cca.tiff",width=16,height=16,units="cm",res=300,pointsize=8.5,c
ompression="none" )
plot(pokus4)
plot(ef.cca.m.bezdens.bezpor.sp, labels=c('Stand age','Cover of tree layer','Volumetric
moisture content','Porosity'),cex=1.3)
dev.off()
```

```
pl <- plot(mod,display='sp',lwd=0.3,ylim=c(-2,2),xlim=c(-3,2)) +
plot(ef.cca.m.bezdens.bezpor.sp,labels=c('Stand age','Cover of tree layer','Volumetric
moisture content','Porosity'),cex=2.3)
identify(pl, "sp", labels=shnam,cex=1.5) # zrušit pomocí escape a uložit pomocí export
u grafů 15x15cm
```

```
tiff(filename="CCA.tiff",width=15,height=15,units="cm",res=300,pointsize=5,compres
sion="none" )
plot(pl)
```

```
stems <- colSums(BCI)
plot(mod, dis="sp", type="n")
sel <- orditorp(mod, dis="sp", lab=shnam, priority=stems, pcol = "gray", pch="+")
```

```
# interaktivní výběr názvů rostlin k zobrazení
```

```
data(BCI)
mod <- decorana(BCI)
plot(mod)
names(BCI)[1:5]
shnam <- make.cepnames(names(BCI))
shnam[1:5]
pl <- plot(mod, dis="sp")
identify(pl, "sp", labels=shnam) # zrušit pomocí escape
```

```
stems <- colSums(BCI)
plot(mod, dis="sp", type="n")
sel <- orditorp(mod, dis="sp", lab=shnam, priority=stems, pcol = "gray", pch="+")
```

```
# anova a post hoc comparison pro počet druhů a semen #####
```

```
Dis.env.ENG <- read.csv2 ('C:/Documents and
Settings/uzivatel/Plocha/Disertace_analyzy/Disertace_env_ENG.csv', head=T)
```

```
spe.age<-aov(Num_spe~as.factor(Age_class),data=Dis.env.ENG)
summary (spe.age)
TukeyHSD(spe.age)
```

```
tiff(filename="num_spe_age_class_box.tiff",width=7.5,height=5.5,units="cm",res=300,
pointsize=5,compression="none" )
boxplot(Num_spe~Age_class,data=Dis.env.ENG,ylab='Number of species',xlab='Age
class')
legend ('topright',bty='n',col = 'black', legend =c('1 - 1-30 yr','2 - 31-60 yr','3 - 61-90
yr','4 - 91-120 yr','5 - 121-150 yr'),cex=0.7, inset = .02)
dev.off()
```

```
seed.age<-aov(Num_seed~as.factor(Age_class),data=Dis.env.ENG)
summary (seed.age)
TukeyHSD(seed.age)
```

```
tiff(filename="num_seed_age_class_box.tiff",width=7.5,height=5.5,units="cm",res=300,
0,pointsize=5,compression="none" )
boxplot(log(Num_seed)~Age_class,data=Dis.env.ENG,ylab='Number of seeds
(log)',xlab='Age class')
legend ('topright',bty='n',col = 'black', legend =c('1 - 1-30 yr','2 - 31-60 yr','3 - 61-90
yr','4 - 91-120 yr','5 - 121-150 yr'),cex=0.7, inset = .02)
dev.off()
```

anova a post hoc comparison pro počet druhů a semen v souvislosti s pokryvností stromového patra

```
Dis.env.ENG <- read.csv2 ('C:/Documents and
Settings/uzivatel/Plocha/Disertace_analyzy/Disertace_env_ENG.csv', head=T)
```

```
spe.tree<-aov(Pocty_druhu~as.factor(Tree_class),data=Dis.env.ENG)
summary (spe.tree)
TukeyHSD(spe.tree)
```

```
tiff(filename="num_spe_tree_class_box.tiff",width=7.5,height=5.5,units="cm",res=300,
pointsize=5,compression="none" )
boxplot(Pocty_druhu~Tree_class,data=Dis.env.ENG,ylab='Number of
species',xlab='Tree cover class')
legend ('topright',bty='n',col = 'black', legend =c('1 - 0-59%','2 - 60-79%','3 - 80-
100%'),cex=0.7, inset = .02)
dev.off()
```

```
seed.tree<-aov(Pocty_semen~as.factor(Tree_class),data=Dis.env.ENG)
summary (seed.tree)
TukeyHSD(seed.tree)
```

```
tiff(filename="num_seed_tree_class_box.tiff",width=7.5,height=5.5,units="cm",res=300,pointsize=5,compression="none" )
boxplot(log(Pocty_semen)~Tree_class,data=Dis.env.ENG,ylab='Number of seeds (log)',xlab='Tree cover class')
legend ('topright',bty='n',col = 'black', legend =c('1 - 0-59%','2 - 60-79%','3 - 80-100%'),cex=0.7, inset = .02)
dev.off()
```

funkční vlastnosti

```
traits.EST <- read.csv2 ('C:/Documents and Settings/uzivatel/Plocha/Disertace_analyzy/Traits_EST.csv', head=T,row.names=1)
traits.env <- read.csv2 ('C:/Documents and Settings/uzivatel/Plocha/Disertace_analyzy/traits_env.csv', head=T)
```

```
traits.nmnds <- metaMDS(dist(traits.EST))
traits.nmnds
plot(traits.nmnds)
```

```
traits.nmnds <- envfit (traits.nmnds,na.rm=T, traits.env [, c('Cover_tree','Forest_stand','Age','Porosity','Dry_mass','Volume_mass')])
traits.nmnds
traits.nmnds2 <- envfit (traits.nmnds,na.rm=T, traits.env [, c('Age','Dry_mass')])
traits.nmnds2
```

```
tiff(filename="nmnds_traits.tiff",width=16,height=16,units="cm",res=300,pointsize=7,compression="none" )
ordiplot(traits.nmnds,display='si')
plot(traits.nmnds2)
legend ('topright',bty='n',col = 'black', legend =c('Stress = 0,15','Significance:','Age p = 0,001','Dry mass p = 0,05'),cex=0.7, inset = .02)
dev.off()
```

regrese různých funkčních vlastností se stářím porostu a sušinou

```
traits <- read.csv2 ('C:/Documents and Settings/uzivatel/Plocha/Disertace_analyzy/Traits.csv', head=T)
```

```
begflow.age<-lm(CWM.EST_Beg_flow~Age,data=traits)
begflow.age
summary(begflow.age)
```

```
tiff(filename="beg_flow_age.tiff",width=7.5,height=5.5,units="cm",res=300,pointsize=5,compression="none" )
plot(traits$Age,traits$CWM.EST_Beg_flow,lwd=0.3,ylab='Beginning of flowering',xlab='Age of the forest stand (decades)')
abline(begflow.age)
dev.off()
```

```
durflow.age<-lm(CWM.EST_Dur_flow~Age,data=traits)
durflow.age
```

```

summary(durflow.age)

tiff(filename="dur_flow_age.tiff",width=7.5,height=5.5,units="cm",res=300,pointsize=
5,compression="none" )
plot(traits$Age,traits$CWM.EST_Dur_flow,lwd=0.3,ylab='Duration of
flowering',xlab='Age of the forest stand (decades)')
abline(durflow.age)
dev.off()

endflow.age<-lm(CWM.EST_End_flow~Age,data=traits)
endflow.age
summary(endflow.age)

tiff(filename="end_flow_age.tiff",width=7.5,height=5.5,units="cm",res=300,pointsize=
5,compression="none" )
plot(traits$Age,traits$CWM.EST_End_flow,lwd=0.3,ylab='End of
flowering',xlab='Age of the forest stand (decades)')
abline(endflow.age)
dev.off()

# kvetení - obrázky dohromady #####
tiff(filename="flow_age_all_CZ.tiff",width=15,height=11,units="cm",res=300,pointsize=
9,compression="none" )
par(mfrow=c(2,2),mai=c(0.5,0.6,0.2,0.2)) # mai - okraje v palcích odspolu doleva
plot(traits$Age,traits$CWM.EST_Beg_flow,lwd=0.3,main='A',ylab='Začátek období
kvetení',xlab='Stáří porostu')
legend ('topright',bty='n',col = 'black', legend =c('p = 0.001','R = 0.26'),cex=0.7, inset =
.02)
abline(begflow.age)
plot(traits$Age,traits$CWM.EST_Dur_flow,lwd=0.3,,main='B',ylab='Délka období
kvetení',xlab='Stáří porostu')
legend ('topright',bty='n',col = 'black', legend =c('p = 0.01','R = 0.09'),cex=0.7, inset =
.02)
abline(durflow.age)
plot(traits$Age,traits$CWM.EST_End_flow,lwd=0.3,,main='C',ylab='Konec období
kvetení',xlab='Stáří porostu')
legend ('topright',bty='n',col = 'black', legend =c('p = 0.001','R = 0.28'),cex=0.7, inset =
.02)
abline(endflow.age)
dev.off()

# stáří porostu x hmotnost semen #####
weight.age<-lm(CWM.EST_Seed_weight~Age,data=traits)
weight.age
summary(weight.age)

# dřeviny x stáří porostu #####
woody.age<-lm(CWM.EST_Woody~Age,data=traits)
woody.age

```

```
summary(woody.age)
```

```
# opadávání a diseminace diaspor x stáří porostu #####
```

```
eshed.age<-lm(CWM.EST_Earl_sh~Age,data=traits)  
eshed.age  
summary(eshed.age)
```

```
lshed.age<-lm(CWM.EST_Lat_sh~Age,data=traits)  
lshed.age  
summary(lshed.age)
```

```
pershed.age<-lm(CWM.EST_Preiod_sh~Age,data=traits)  
pershed.age  
summary(pershed.age)
```

```
tiff(filename="shed_age_all_CZ.tiff",width=15,height=11,units="cm",res=300,pointsiz  
e=9,compression="none" )  
par(mfrow=c(2,2),mai=c(0.5,0.6,0.2,0.2)) # mai - okraje v palcích odspolu doleva  
plot(traits$Age,traits$CWM.EST_Earl_sh,main='A',lwd=0.3,ylim=c(-  
1.5,1),ylab='Začátek období shazování plodů',xlab='Stáří porostu')  
legend ('topright',bty='n',col = 'black', legend =c('p = 0.1','R = 0.057'),cex=0.7, inset =  
.02)  
abline(eshed.age)  
plot(traits$Age,traits$CWM.EST_Preiod_sh,main='B',ylim=c(-  
1,1.5),lwd=0.3,ylab='Délka období shazování plodů',xlab='Stáří porostu')  
legend ('topright',bty='n',col = 'black', legend =c('p = 0.01','R = 0.102'),cex=0.7, inset =  
.02)  
abline(pershed.age)  
plot(traits$Age,traits$CWM.EST_Lat_sh,main='C',lwd=0.3,ylab='Konec období  
shazování plodů',xlab='Stáří porostu')  
legend ('topright',bty='n',col = 'black', legend =c('p = 0.001','R = 0.242'),cex=0.7, inset =  
.02)  
abline(lshed.age)  
dev.off()
```

```
# počet semen na rostlin x stáří porostu #####
```

```
shoot.age<-lm(CWM.EST_LN_Seed_shoot~Age,data=traits)  
shoot.age  
summary(shoot.age)
```

```
tiff(filename="seed_shoot_age_CZ.tiff",width=7.5,height=6,units="cm",res=300,pointsi  
ze=7,compression="none" )  
plot(traits$Age,traits$CWM.EST_LN_Seed_shoot,lwd=0.3,ylab='Počet semen na  
rostlinu (ln)',xlab='Stáří porostu')  
legend ('topright',bty='n',col = 'black', legend =c('p = 0.001','R = 0.148'),cex=0.7, inset =  
.02)  
abline(shoot.age)  
dev.off()
```

životaschopnost semen x stáří porostu

```
long.age<-lm( CWM.EST_Bank~Age,data=traits)
long.age
summary(long.age)
```

annual, biennial, perennial x age

```
ann.age<-lm( CWM.EST_Annual~Age,data=traits)
ann.age
summary(ann.age)
```

```
bi.age<-lm(CWM.EST_Bienal~Age,data=traits)
bi.age
summary(bi.age)
```

```
per.age <-lm( CWM.EST_Perennial~Age,data=traits)
per.age
summary(per.age)
```

```
tiff(filename="life_cycl_all_CZ.tiff",width=15,height=5.5,units="cm",res=300,pointsiz
e=7,compression="none" )
par(mfrow=c(1,2),mai=c(0.5,0.6,0.2,0.2)) # mai - okraje v palcích odspolu doleva
plot(traits$Age,traits$CWM.EST_Annual,lwd=0.3,main='A',ylab='Jednoleté
rostliny',xlab='Stáří porostu')
legend ('topright',bty='n',col = 'black', legend =c('p = 0.05','R = 0.039'),cex=0.7, inset =
.02)
abline(ann.age)
plot(traits$Age,traits$CWM.EST_Bienal,lwd=0.3,ylim=c(-
1,2),main='B',ylab='Dvouleté rostliny',xlab='Stáří porostu')
legend ('topright',bty='n',col = 'black', legend =c('p = 0.05','R = 0.035'),cex=0.7, inset =
.02)
abline(bi.age)
dev.off()
```

životní formy x stáří porostu

```
cham.age<-lm(CWM.EST_Cham~Age,data=traits)
cham.age
summary(cham.age)
```

```
hemi.age<-lm(CWM.EST_Hemi~Age,data=traits)
hemi.age
summary(hemi.age)
```

```
geo.age<-lm(CWM.EST_Geo~Age,data=traits)
geo.age
summary(geo.age)
```

```
phane.age<-lm(CWM.EST_Phane~Age,data=traits)
phane.age
summary(phane.age)
```

```

thero.age<-lm(CWM.EST_Thero~Age,data=traits)
thero.age
summary(thero.age)

tiff(filename="life_form_age_CZ.tiff",width=15,height=5.5,units="cm",res=300,pointsi
ze=7,compression="none" )
par(mfrow=c(1,2),mai=c(0.5,0.6,0.2,0.2)) # mai - okraje v palcích odspolu doleva
plot(traits$Age,traits$CWM.EST_Cham,lwd=0.3,main='A',ylim=c(-
1,5),ylab='Chamaefyty',xlab='Stáří porostu')
legend ('topright',bty='n',col = 'black', legend =c('p = 0.01','R = 0.103'),cex=0.7, inset =
.02)
abline(cham.age)
plot(traits$Age,traits$CWM.EST_Geo,lwd=0.3,main='B',ylab='Geofyty',ylim=c(-
1,2.5),xlab='Stáří porostu')
legend ('topright',bty='n',col = 'black', legend =c('p = 0.05','R = 0.049'),cex=0.7, inset =
.02)
abline(geo.age)
dev.off()

# systém opylování x stáří porostu#####
polsel.age <-lm(CWM.EST_Pol_self~Age,data=traits)
polsel.age
summary(polsel.age)

polin.age <-lm(CWM.EST_Pol_ins~Age,data=traits)
polin.age
summary(polin.age)

polwind.age <-lm(CWM.EST_Pol_wind~Age,data=traits)
polwind.age
summary(polwind.age)

# csr strategie x stáří porostu #####
c.age<-lm(CWM.EST_C~Age,data=traits)
c.age
summary(c.age)

s.age<-lm(CWM.EST_S~Age,data=traits)
s.age
summary(s.age)

r.age<-lm(CWM.EST_R~Age,data=traits)
r.age
summary(r.age)

tiff(filename="strategy_age_CZ.tiff.tiff",width=15,height=5.5,units="cm",res=300,poin
tsize=7,compression="none" )
par(mfrow=c(1,2),mai=c(0.5,0.6,0.2,0.2)) # mai - okraje v palcích odspolu doleva

```



```

plot(traits$Age,traits$CWM.EST_S,lwd=0.3,main='A',ylim=c(-1,1.5),ylab='Stres
tolerující druhy',xlab='Stáří porostu')
legend ('bottomright',bty='n',col = 'black', legend =c('p = 0.001','R = 0.156'),cex=0.7,
inset = .02)
abline(s.age)
plot(traits$Age,traits$CWM.EST_R,lwd=0.3,main='B',ylim=c(-1.5,1),ylab='Ruderální
druhy',xlab='Stáří porostu')
legend ('bottomright',bty='n',col = 'black', legend =c('p = 0.001','R = 0.169'),cex=0.7,
inset = .02)
abline(r.age)
dev.off()

```

Ellenbergovy indikační hodnoty použité pro Masarykovu konferenci

```

Dis.env.snimky <- read.csv2 ('C:/Documents and
Settings/uzivatel/Plocha/Disertace_analyzy/Luhy_env_byliny_tecky.csv', head=T)
Dis.spe.banka <- read.csv2 ('C:/Documents and
Settings/uzivatel/Plocha/Disertace_analyzy/Disertace_spe_ban_sem.csv',
head=T,row.names=1)
Spe.banka.log<-log(Dis.spe.banka+1)

```

```

Dis.spe.snimky <- read.csv2 ('C:/Documents and
Settings/uzivatel/Plocha/Disertace_analyzy/Luhy_spe_byliny_tecky.csv',
head=T,row.names=1)
Spe.snimky.log<-log(Dis.spe.snimky+1)

```

Light

```

Ell.druhy.light<-lm(Pocty_druhu~Light,data=Dis.env.snimky)
Ell.druhy.light
summary(Ell.druhy.light)
Ell.semena.light<-lm(Pocty_semen~Light,data=Dis.env.snimky)
Ell.semena.light
summary(Ell.semena.light)

```

```

tiff(filename="Ell_light_seed.tiff",width=7.5,height=6,units="cm",res=1000,pointsize=
7,compression="none" )
plot(Dis.env.snimky$Light,Dis.env.snimky$Pocty_semen,cex=0.8,lwd=0.3,ylab='Seed
density',xlab='Ellenberg indication value for light')
abline (Ell.semena.light)
legend ('topleft',bty='n',col = 'black', legend =c('R-squared = 0.031','p < 0.1'),cex=0.7,
inset = .02)
dev.off()

```

```

Pocty_semen_log <- log1p (Dis.env.snimky$Pocty_semen)
plot (Pocty_semen_log ~ Light, data = Dis.env.snimky)
abline (lm (Pocty_semen_log ~ Light, data = Dis.env.snimky))
summary (lm (Pocty_semen_log ~ Light, data = Dis.env.snimky))

```

#Temperature

```

Ell.druhy.temp<-lm(Pocty_druhu~Temp,data=Dis.env.snimky)

```

```
Ell.druhy.temp
summary(Ell.druhy.temp)
Ell.semena.temp<-lm(Pocty_semen~Temp,data=Dis.env.snimky)
Ell.semena.temp
summary(Ell.semena.temp)
```

```
Pocty_semen_log <- log1p (Dis.env.snimky$Pocty_semen)
plot (Pocty_semen_log ~ Temp, data = Dis.env.snimky)
abline (lm (Pocty_semen_log ~ Temp, data = Dis.env.snimky))
summary (lm (Pocty_semen_log ~ Temp, data = Dis.env.snimky))
```

#Continentality

```
Ell.druhy.cont<-lm(Pocty_druhu~Cont,data=Dis.env.snimky)
Ell.druhy.porovitost
summary(Ell.druhy.cont)
```

```
Ell.semena.cont<-lm(Pocty_semen~Cont,data=Dis.env.snimky)
Ell.semena.cont
summary(Ell.semena.cont)
Pocty_semen_log <- log1p (Dis.env.snimky$Pocty_semen)
plot (Pocty_semen_log ~ Cont, data = Dis.env.snimky)
abline (lm (Pocty_semen_log ~ Cont, data = Dis.env.snimky))
summary (lm (Pocty_semen_log ~ Cont, data = Dis.env.snimky))
```

#Moisture

```
Ell.druhy.moist<-lm(Pocty_druhu~Moisture,data=Dis.env.snimky)
Ell.druhy.moist
summary(Ell.druhy.moist)
```

```
Ell.semena.moist<-lm(Pocty_semen~Moisture,data=Dis.env.snimky)
Ell.semena.moist
summary(Ell.semena.moist)
Pocty_semen_log <- log1p (Dis.env.snimky$Pocty_semen)
plot (Pocty_semen_log ~ Moisture, data = Dis.env.snimky)
abline (lm (Pocty_semen_log ~ Moisture, data = Dis.env.snimky))
summary (lm (Pocty_semen_log ~ Moisture, data = Dis.env.snimky))
```

#Reaction

```
Ell.druhy.reac<-lm(Pocty_druhu~Reaction,data=Dis.env.snimky)
Ell.druhy.reac
summary(Ell.druhy.reac)
Ell.semena.reac<-lm(Pocty_semen~Reaction,data=Dis.env.snimky)
Ell.semena.reac
summary(Ell.semena.reac)
```

```
Pocty_semen_log <- log1p (Dis.env.snimky$Pocty_semen)
plot (Pocty_semen_log ~ Reaction, data = Dis.env.snimky)
abline (lm (Pocty_semen_log ~ Reaction, data = Dis.env.snimky))
summary (lm (Pocty_semen_log ~ Reaction, data = Dis.env.snimky))
```

#Nutrients

```
Ell.druhy.nut<-lm(Pocty_druhu~Nutrients,data=Dis.env.snimky)
Ell.druhy.nut
summary(Ell.druhy.nut)
Ell.semena.nut<-lm(Pocty_semen~Nutrients,data=Dis.env.snimky)
Ell.semena.nut
summary(Ell.semena.nut)
```

```
Pocty_semen_log <- log1p (Dis.env.snimky$Pocty_semen)
plot (Pocty_semen_log ~ Nutrients, data = Dis.env.snimky)
abline (lm (Pocty_semen_log ~ Nutrients, data = Dis.env.snimky))
summary (lm (Pocty_semen_log ~ Nutrients, data = Dis.env.snimky))
```

10.2 Mapa odběrných míst