

Biologická fakulta Jihočeské univerzity
České Budějovice



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Vývoj semenné banky na opuštěném poli, její
vztah k aktuální vegetaci a biologie klíčení polních
plevelů.**

Michal Hejcman
1997

vedoucí práce: Doc. RNDr. Jan Lepš CSc.

Prohlašuji, že jsem uvedenou práci vypracoval samostatně,
jen s použitím uvedené literatury.

V Českých Budějovicích, 15. 5. 1997

M. S. Hejcman

Seed bank changes and seedling establishment in early stages of directed succession in abandoned fields

Michal Hejzman, Department of Botany, Faculty of Biological Sciences, University of South Bohemia, Branišovská 31, CZ-370 05 České Budějovice

This study is part of a project aimed at directing ecological succession in abandoned fields towards high diversity meadows. Four treatments were established in 5 randomized complete blocks in a field that was last cultivated in 1995: continued crop rotation, natural colonization of the abandoned field, sowing the abandoned field with a low diversity mixture of meadow species, and sowing with a high diversity mixture. The aims of this study are to: (1) Assess changes in the seed bank under particular treatments. (2) Contrast germinating seeds in winter exposed to non-winter exposed seed bank samples. (3) To discern the effect of *Elytrigia repens*, which established in the field from rhizomes, on seedling germination and establishment. Redundancy analysis (RDA) was used to compare species composition of seedlings under the various treatments and in plots with various *Elytrigia* densities.

(1) Soil samples were taken before the experiment began in spring 1996 and germinated under glasshouse conditions; the results serve as a baseline for all following germination studies. Fall 1996 seed bank samples germinated in glasshouse revealed striking differences between treatments, particularly between continued crop rotation and all the other treatments (RDA, $P < 0.01$).

(2) Two samples were taken from each plot in September 1996. One was kept under glass house conditions for weeks, the other was exposed to winter conditions and in March 1997 transferred into a glasshouse. The differences in seedling composition are considered to reflect the effect of chilling and time.

(3) In 46 30 x 30 cm quadrates, the number of *Elytrigia repens* shoots and number of seedlings of weed and sown plants was counted. Seedlings densities are negatively correlated with the number of *Elytrigia* shoots ($r = -0.304$, $P = 0.036$). The weeds *Spergula arvensis*, *Poa annua* and *Capsella bursa pastoris* are among the most negatively impacted species.

Úvod

Changing Land Usage: Enhancement of biodiversity and ecosystem development (CLUE), je jméno projektu, který se snaží odpovědět na otázku: Jak převést živinami bohaté zemědělsky využívané pole na druhově bohatou polopřirozenou louku? Tento projekt probíhá současně ve více evropských zemích a je financován Evropským společenstvím. V Čechách byl polní pokus založen na farmě Dr. Šrůtka v Benešově u Kamenice nad Lipou, na jihozápadním okraji Českomoravské vysočiny. V rámci tohoto pokusu jsem se zabýval vývojem semenné banky a plevelovými společenstvy ve vztahu k semenné bance. Otázky, na něž jsem hledal odpověď jsou následující: 1. Jaký vliv má přítomnost pýru, mohutně regenerujícího z podzemních rhizomů, na počet semenáčků plevelů? 2. Jakým způsobem se vyvíjí semenná zásoba v půdě pod rozdílným typem obhospodařování? 3. Jak se liší klíčení semenáčků z půdních vzorků vystavených a nevystavených nízkým zimním teplotám? 4. Liší se bloky pokusného uspořádání v zásobě semen plevelů v půdě před založením polních porostů? Tato otázka nemá teoretický význam, ale je důležitá pro další pokusy v projektu.

Literární přehled

Semenná banka je zásobárnou živých semen v půdě, umožňuje obnovu narušeného společenstva a únik rostlin nepříznivým podmínkám v čase (Silvertown 1982). Každý druh má takové požadavky na klíčení, aby maximalizoval šanci na přežití svých semenáčků (Fenner 1985). K správnému načasování klíčení slouží mechanismy dormance. Klíčení je umožněno v době, kdy je maximální šance na přežití semenáčků. Přerušování dormance se odehrává během nepříznivých podmínek (nízké zimní teploty u jarních druhů, vysoké letní teploty u druhů ozimých), po nichž nastává „bezpečné“ období umožňující klíčení. Jiné typy dormance mohou být přerušeny přímo působením podmínek umožňujících klíčení a přežití semenáčků (světlo nefiltrované nadzemní vegetací přerušuje světelnou dormanci) (Fenner 1985).

Studie týkající se semenné banky lze rozdělit do několika skupin:

1. Práce zabývající se dlouhověkostí semen jednotlivých druhů uložených v půdě.

Na schopnost klíčení semen máků (*Papaver spp.*) po dlouhodobém uložení v půdě poukazuje Hill (1917), který zaznamenal kvetoucí máky na zákopech první světové války v místech, kde plevelné druhy máků naposled kvetly v roce 1870. Salisbury v roce 1928 našel

na pozemku naposled kultivovaném za Napoleónských válek plevelné druhy na začátku 19. století velmi hojné a vzácné ve 20. století. Svoji domněnku, že semena druhu *Anagallis foemina*, jednoho z vyklíčených plevelů, pocházejí ze začátku 19. století potvrdil roku 1961. První experimentální práci provedl Beal (1905), který v roce 1879 zakopal semena 23 druhů v neuzavřené láhvi naplněné pískem. Klíčivost semen byla testována Darlingtonem (1922, 1931), Darlingtonem a Steinbaurem (1961), Kivilaanem a Bandurskim (1973, 1981). *Trifolium repens* klíčilo do pěti let, ještě kratší dobu klíčila *Euphorbia maculata*. Protikladem byla *Verbascum blattaria*, která měla 42% klíčivost po sto letech trvání pokusu. Conn a Farris (1987) zkoumali klíčivost plevelných druhů pohřbených v hloubkách dva a patnáct cm na opuštěném poli po dobu dvacet jedna měsíců. Z výsledků vyplývá, že se zvětšující se hloubkou pohřbení klesá úmrtnost semen. Pro druhy *Fallopia convolvulus* a *Capsella bursa pastoris*, pohřbených v patnácti cm, zaznamenali téměř stejnou klíčivost jakou, měly před započítáním pokusu. Závislost ztráty klíčivosti na hloubce uložení v půdě studoval Taylorson (1970). Vliv kultivace na životnost semen jednoletých plevelů v půdě studovali Roberts a Feast (1973). V kultivovaném poli zaznamenali 50% úbytek klíčivých semen za dva roky. V poli nekultivovaném byl 50% úbytek klíčivých semen dosažen po šesti letech.

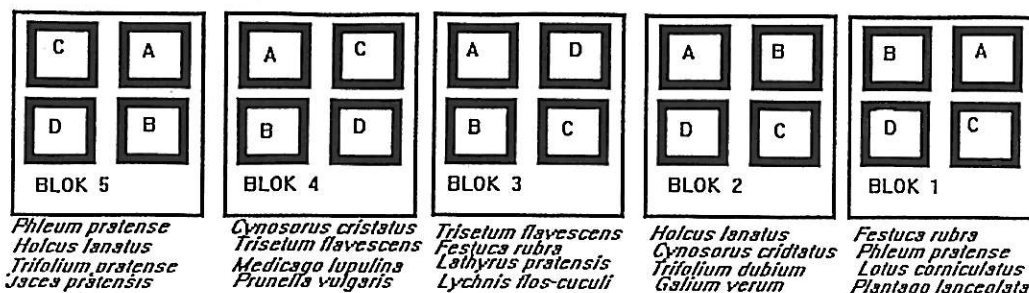
2. Studie zabývající se nároky semen semenné banky na přerušení dormance a umožnění klíčení.

Courtney (1968) testoval klíčivost semen jarního plevele *Polygonum aviculare* a dospěl k závěru, že semena ztrácejí dormanci během zimy působením nízkých teplot, a opět ji získávají působením vysokých teplot v letních měsících. Baskin a Baskin (1983, 1984) testovali klíčivost ozimých plevelů *Arabidopsis thaliana* a *Lamium purpureum*. K přerušení dormance docházelo působením vysokých letních teplot, k obnovení dormantního stavu u nevyklíčených semen došlo působením nízkých zimních teplot. Vliv kvality světla na přerušení světelné dormance byl studován mnoha badateli (Górsky *et al.* 1977, Fenner 1980, Silvertown 1980, Pons 1983, Washitani a Saeki 1984, King 1977). Z těchto prací plyne, že mnoho druhů rostlin, především však druhů raných sukcesních stádií, vyžaduje pro přerušení dormance světlo nefiltrované zelenou nadzemní vegetací. Grime a Jarvis (1975) zkoumali světelné nároky na klíčení semen trav a dvouděložných druhů. Většina trav neměla nároky na kvalitu světla pro umožnění klíčení, zatímco semena dvouděložných druhů byla z velké části brzděna v klíčení nedostatkem kvalitního světla (nepřefiltrovaného nadzemní vegetací). Vlivem kultivace provedené v rozdílných světelných podmínkách na klíčení semen jednoletých polních plevelů obsažených v semenné bance se zabýval Jensen (1995). Větší

hloubku klíčení a větší počet semenáčků zaznamenal v plochách kultivovaných za denního světla ve srovnání s plochami kultivovanými v noci.

3. Práce pojednávající o vztahu nadzemní vegetace a semenné banky.

Vztah mezi semennou bankou a nadzemní vegetací v různých sukcesních stádiích studovali Donelan a Thompson (1980). Semenná banka pod raným sukcesním společenstvem druhově odpovídala nadzemní vegetaci, zatímco semenná banka pod klimaxovým společenstvem se výrazně druhově lišila od dominantní vegetace. Studium vztahu mezi setou plodinou a klíčivostí plevelů se zabýval Chancellor (1985). Ozimé plevele se častěji vyskytovaly v ozimých plodinách, zatímco plevele jarní se spíše vyskytovaly v jařinách. Výzkumem travních společenstev se prezentovali Major a Pyott (1966). Jednoletky s malou pokrývností měly dobře vyvinutou semennou banku proti dominantním druhům vytrvalým. Douglas (1965) studoval složení semenné banky travních porostů. Rozdíly mezi nadzemní vegetací a semennou bankou byly zapříčiněny přítomností semen plevelů po předchozí kultivaci. Ke stejnému závěru došli i Brenchley (1918), Chippendale a Milton (1934), Champness a Moris (1948). Vlivem kultivace na klíčení semen ze semenné banky se zabývali Roberts a Dawkins (1967). V nedisturbované půdě zaznamenali 1% klíčivost plevelů ze semenné banky, v jednou kultivované půdě stoupla klíčivost na 5%.



Obr. 1: Uspořádání polního pokusu, A - kontinuální pěstování plodiny, v prvním roce pokusu to byla směska krmného hrachu a ovsa, v druhé sezóně tritikále, B - přírodní kolonizace, C - plocha osetá směsí s nízkou druhovou diverzitou. V každém bloku byla zvolena jiná kombinace druhů pro ověření interakce a vlivu jednotlivých druhů. Druhové složení je uvedeno pod každým blokem. D - plocha osetá směsí s vysokou druhovou diverzitou, *Festuca rubra*, *Phleum pratense*, *Plantago lanceolata*, *Lotus corniculatus*, *Cynosorus cristatus*, *Trifolium dubium*, *Holcus lanatus*, *Galium verum*, *Lathyrus pratensis*, *Lychnis flos-cuculi*, *Medicago lupulina*, *Prunella vulgaris*, *Trifolium pratense*, *Jacea pratensis*, *Trisetum flavescens*. Značení ploch: 1B (číslo udává blok, písmeno typ obhospodařování).

Materiály a metody

Pokus byl založen na poli v katastru obce Benešov u Kamenice nad Lipou na jaře roku 1996. Nadmořská výška pozemku činí 665 m, průměrná roční teplota 6,4°C, roční úhm srážek 677 mm. Poslední plodinou před založením pokusu byl ječmen hnojený dávkou 300 kg NPK / ha. Uspořádání pokusu bylo v pěti znáhodněných blocích se čtyřmi obhospodařováními, jak ukazuje obr. 1. Na plochách C a D byly založeny trvalé travní porosty, plocha B přírodní kolonizace, plocha A kontrola.

Jména druhů rostlin jsou uvedena podle Dostála (1989).

Odhad zásoby klíčivých semen obsažených v půdních vzorcích odebraných před výsevem travních směsí a plodiny v plochách stálé kultivace

Z každé plochy 10x10 m jsem odebral směsný půdní vzorek složený z dvaceti tří, čtyři cm hlubokých vpichů válcovitou sondou o průměru 5 cm. Každý půdní vzorek jsem rozprostřel do misky o rozměrech 35 x 45 cm, jejíž dno bylo pokryto 2 cm vrstvou písku zadržujícím vláhu. Rozprostření vzorků předcházelo odstranění kamenů a organických zbytků prosetím přes síto s otvory o rozměrech 1 x 1 cm. Tento postup se opakoval ve všech dalších testech na klíčivost semen z půdních vzorků. Misky jsem poté držel ve skleníku v rozmezí teplot 15 - 27°C od května do října 1996 a pravidelně zaléval. Vzešlé semenáčky jsem určil a odstranil. Těžko určitelné semenáčky jsem přesadil a určil dodatečně. Pro vyhodnocení podobnosti druhového složení a početnosti semenáčeků vzešlých v jednotlivých půdních vzorcích jsem použil RDA analýzu (Ter Braak 1987) v programu CANOCO ver. 3.12. RDA jsem vždy používal s centrováním podle druhů a bez standardizace podle vzorků tj. RDA na kovarianční matici. Jako vysvětlující proměnnou jsem zvolil umístění jednotlivých ploch v bloku (viz. obr. 1). Pro odhad statistické významnosti závislosti mezi uspořádáním ploch v bloku a druhovou diverzitou a abundancí semenáčeků zaznamenaných v kultivovaných půdních vzorcích jsem použil Monte Carlo permutační test s tisíci permutacemi. Tento test měl odhalit variabilitu ve složení semenné banky mezi jednotlivými bloky. Množství semenáčeků je přepočítáno na 2 kg zeminy z důvodu odstranění variability zapříčiněné rozdílnou hmotností odebraných vzorků.

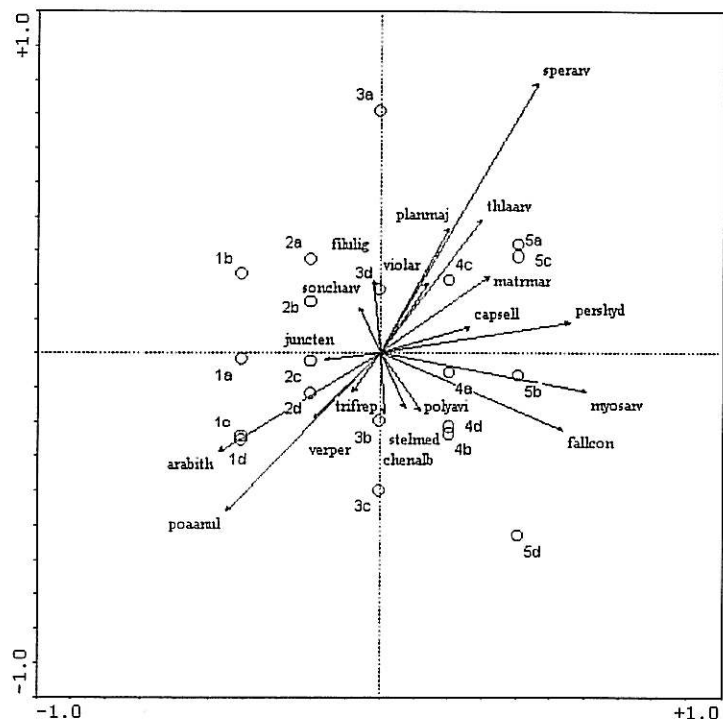
Snímkování polních porostů v jednotlivých pokusných plochách 10 x 10 m.

V každé ploše jsem zvolil tři čtverce o rozměrech 0,3 x 0,3 m, v nichž jsem prováděl počítání semenáčeků plevelů případně i zasetých druhů v plochách s nízkou druhovou diverzitou, vysokou druhovou diverzitou a v plochách s kontinuálním pěstováním plodiny. Dále jsem prováděl počítání prýtlů pýru plazivého (*Elytrigia repens*) mohutně regenerujícího z podzemních výběžků. Pro druhy ve čtverci přítomné jsem prováděl odhad pokryvnosti (v procentech zastíněné plochy). Snímkování jsem provedl v první polovině června 1996, měsíc po zahájení pokusu. K vyhodnocení výsledků jsem použil regresní analýzu v programu STATGRAPHIC. Vzhledem k tomu, že ve snímcích s přítomností pýru tento druh tvořil výraznou dominantu a dominanta velmi působí na rostliny malé, zatímco rostliny malé minimálně působí na rostliny velké dominantní (Silvertown 1982), použil jsem jako vysvětlující proměnnou počet prýtlů pýru plazivého ve snímku. Závislou proměnnou byl počet

semenáčků ostatních druhů ve snímku. K rozboru snímků jsem použil DCA analýzu, jednu z metod nepřímé gradientové analýzy v programu CANOCO.

Odhad zásoby klíčivých semen obsažených v půdních vzorcích odebraných na podzim po prvním vegetačním období

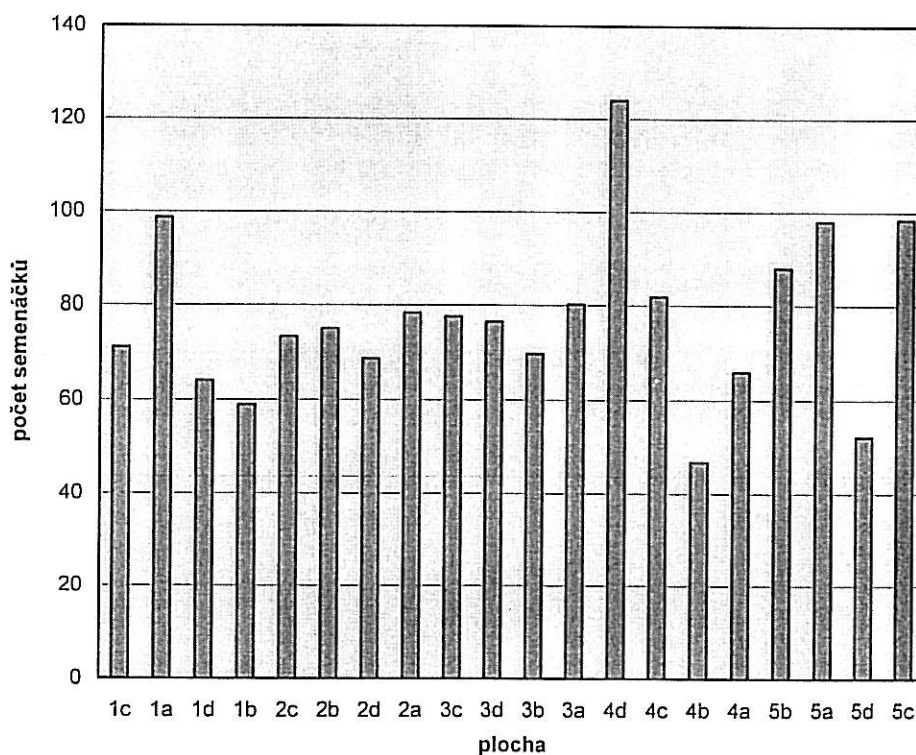
Odběr půdních vzorků probíhal stejně jako v předchozím testu, pouze s tím rozdílem, že jsem odebral z každé plochy dva směsné půdní vzorky. Jeden byl kultivován ve skleníku v rozmezí teplot 12 - 23°C od listopadu 1996 do května 1997.



Obr. 2: Ordinační diagram RDA analýzy semenáčků vyklíčených z půdních vzorků odebraných před výsevem travních směsí a plodiny. Plochy značeny podle obr. 1. Vysvětlující proměnnou bylo umístění ploch v bloku. Ararith (*Arabidopsis thaliana*), capsell (*Capsella bursa-pastoris*), chenalb (*Chenopodium album*), fallcon (*Fallopia convolvulus*), filulig (*Filaginella uliginosa*), juncten (*Juncus tenuis*), matrmar (*Matricaria maritima*), myosarv (*Myosotis arvensis*), pershyd (*Persicaria hydropiper*), planmaj (*Plantago major*), poaanul (*Poa annua*), polyavi (*Polygonum aviculare*), soncharv (*Sonchus arvensis*), sperarv (*Spergula arvensis*), stelmed (*Stellaria media*), thlaarv (*Thlaspi arvense*), trifrep (*Trifolium repens*), verper (*Veronica persica*), violarv (*Viola arvensis*).

Druhý byl od listopadu do března vystaven zimním podmínkám tím, že jsem jej zakopal na poli tak, aby půdní povrch byl ve stejné úrovni s povrchem půdního vzorku umístěného v misce. Misky jsem překryl tkanou fólií, která zabraňovala kontaminaci vzorků semeny z okolí. V březnu 1997 jsem misky přemístil do skleníku a kultivoval ve stejných podmínkách, jako předešlé. Výsledné počty semenáčků jsou standardizované na 2 kg zeminy. Ke statistickému zpracování jsem použil standardizovanou RDA analýzu. Jako „covariable“ jsem zadal umístění plochy v bloku. Vysvětlující proměnnou byl typ obhospodařování dané plochy.

Dále jsem provedl RDA analýzu, v níž jsem použil jako vysvětlující proměnnou umístění plochy v bloku a jako „covariable“ typ obhospodařování. Touto analýzou jsem se pokusil odhalit rozdíly v druhovém složení mezi jednotlivými bloky. Obě analýzy následoval Monte Carlo permutační test s tisíci permutacemi. Pro vyhodnocení vlivu obhospodařování na nejpočetněji zastoupené druhy jsem provedl analýzu variance pro data v úplných znáhodněných blocích s následným mnohonásobným porovnáním Tukeyho testem. Výsledky jsem graficky znázornil jako Tukeyho intervaly spolehlivosti (Tukey Honestly Significant Difference Intervals for Factor Means).

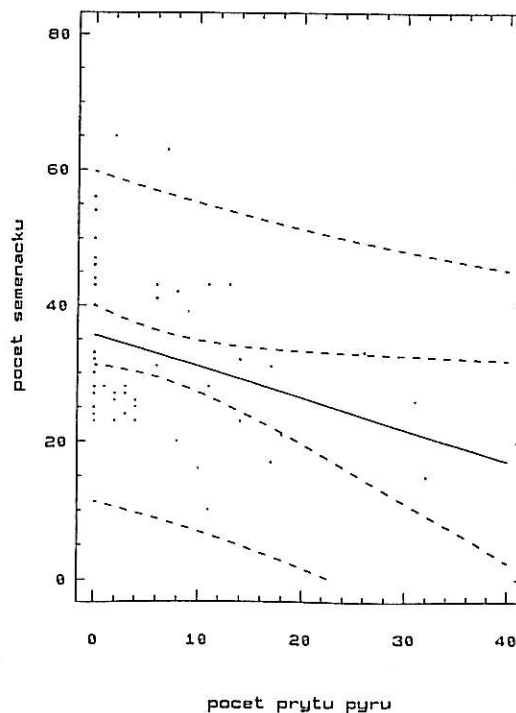


Obr. 3 : Celkový počet semenáčků zaznamenaný v půdních vzorcích odebraných z ploch před založením pokusných porostů . Plochy na ose x značeny podle obr. 1.

Výsledky

Odhad zásoby klíčivých semen obsažených v půdních vzorcích odebraných před výsevem travních směsí a plodiny v plochách stálé kultivace

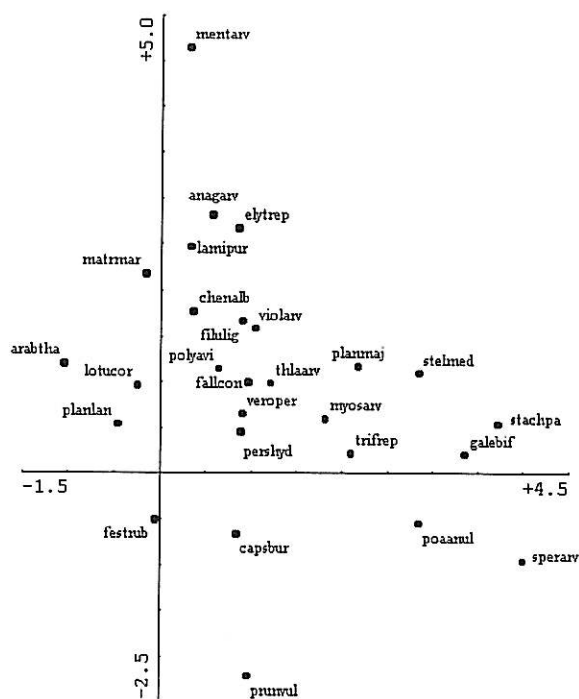
Počty semenáčků jednotlivých druhů zaznamenaných v kultivovaných půdních vzorcích jsou uvedeny v tabulce 1. Na základě výsledků RDA analýzy a Monte Carlo permutačního testu ($P = 0,01$, F - ratio 3,93, 1000 permutací) byla zamítnuta nulová hypotéza o tom, že se bloky od sebe nelišily v zásobě životaschopných semen. Mezi plevelné druhy s největším zastoupením v semenné bance patřily: *Fallopia convolvulus*, *Myosotis arvensis*, *Plantago major*, *Poa annua*, *Spergula arvensis*, *Veronica arvensis* a *Veronica persica*. Z obrázku 2 je patrný trend v přibývání druhu *Poa annua* ve vzorcích odebraných z ploch prvního bloku, přestože největší počet semenáčků byl zaznamenan ve vzorku z plochy 4D. *Arabidopsis thaliana* byl zaznamenan pouze v prvním bloku a to v malém množství. V bloku 5 jsem zaznamenal větší počet semenáčků těchto druhů: *Fallopia convolvulus*, *Spergula arvensis* a *Myosotis arvensis*. Celkový počet semenáčků zaznamenaných v jednotlivých klíčených půdních vzorcích je znázorněn na obrázku 3.



Obr. 4: Lineární regrese počtu semenáčků ve snímku na počtu prýtlů pýru plazivého (*Elytrigia repens*).

Snímkování polních porostů v jednotlivých pokusných plochách 10 x 10 m.

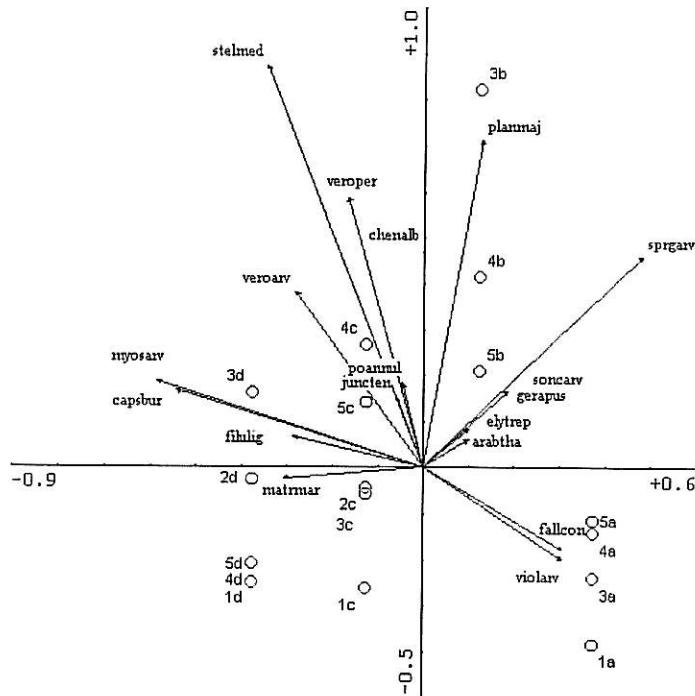
Ve snímcích s patrnou dominancí pýru plazivého (*Elytrigia repens*), jak ukazuje obrázek 4, jsem zaznamenal snížený počet semenáčků ostatních druhů ($r = -0,304$, $P = 0,036$). Výsledek DCA analýzy je znázorněn na obrázku 5. Z plevelů byly nejvíce ovlivněny tyto druhy: *Capsella bursa pastoris*, *Spergula arvensis*, *Poa annua*.



Obr. 5: Ordinační diagram DCA analýzy smímků polních porostů, *agorep* (*Elytrigia repens*), *anagarv* (*Anagallis arvensis*) *fallcon* (*Fallopia convolvulus*), *festrub* (*Festuca rubra*), *filulig* (*Filaginella uliginosa*), *lamipur* (*Lamium purpureum*), *lotcor* (*Lotus corniculatus*), *arabtha* (*Arabidopsis thaliana*), *capsell* (*Capsella bursa-pastoris*), *chenalb* (*Chenopodium album*), *matrmar* (*Matricaria maritima*), *myosarv* (*Myosotis arvensis*), *perslyd* (*Persicaria hydropiper*), *planlan* (*Plantago lanceolata*), *planmaj* (*Plantago major*), *poaanul* (*Poa annua*), *prunvul* (*Prunella vulgaris*), *sperarv* (*Spergula arvensis*), *stelmed* (*Stellaria media*), *stachpal* (*Stachis palustris*) *thlaarv* (*Thlaspi arvense*), *trifrep* (*Trifolium repens*), *veroarv* (*Veronica arvensis*), *verper* (*Veronica persica*), *violarv* (*Viola arvensis*).

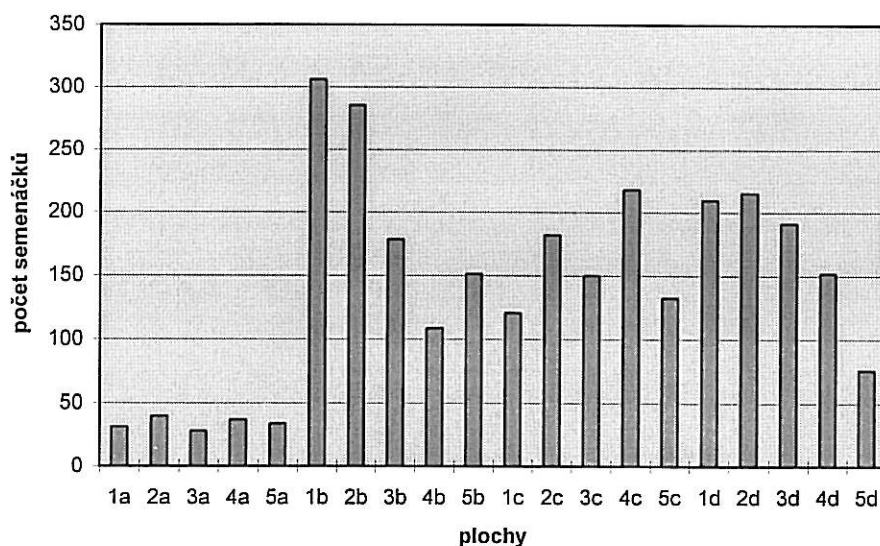
Odhad zásoby klíčivých semen obsažených v půdních vzorcích odebraných na podzim po prvním vegetačním období

Počty semenáčků přítomných druhů v půdních vzorcích, které nebyly vystaveny zimním podmínkám, jsou zaznamenány v tabulce 2. Po provedení RDA analýzy a Monte Carlo permutačního testu jsem zamítl nulovou hypotézu o tom, že typ obhospodařování nemá vliv na složení semenné banky (F - ratio 3,49, P = 0,02, 1000 permutací). Graficky je výsledek analýzy prezentován na obrázku 6.



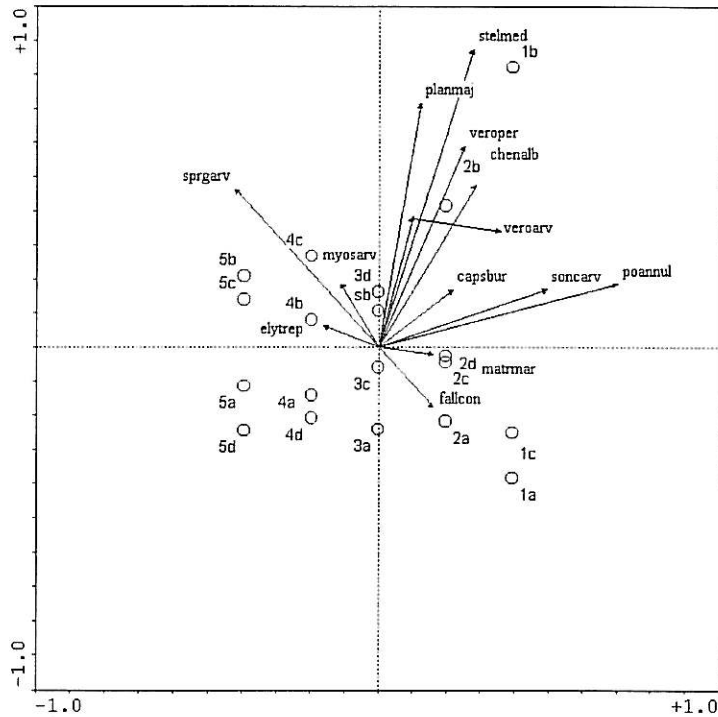
Obr. 6: Graficky znázorněný výsledek RDA analýzy počtu semenáčků zaznamenaných v půdních vzorcích odebraných na podzim po první sezóně a nevystavených zimním teplotám. Plochy značeny podle obr. 1. Vysvětlující proměnnou byl typ obhospodařování. Umístění ploch v bloku bylo zadáno jako „Covariable.“ Stelmed (*Stellaria media*), veroper (*Veronica persica*), chenalb (*Chenopodium album*), veroarv (*Veronica arvensis*), poannul (*Poa annua*), juncten (*Juncus tenuis*), myosarv (*Myosotis arvensis*), capsbur (*Capsella bursa pastoris*), filulig (*Filaginella uliginosa*), matrmarr (*Matricaria maritima*), planmaj (*Plantago major*), sprgarv (*Spergula arvensis*), soncarv (*Sonchus arvensis*), gerapus (*Geranium pusilum*), elytrep (*Elytrigia repens*), arabtha (*Arabidopsis thaliana*), violarv (*Viola arvensis*), fallcon (*Fallopia convolvulus*).

Zatímco v plochách s kontinuálním pěstováním plodiny byl počet semenáčků plevelů velmi malý, dokonce často menší než ve vzorcích klíčených na jaře před začátkem pokusu, v ostatních třech plochách s odlišným typem obhospodařování (vyseta nízkodruhová směs, vyseta směs s vysokou druhovou diverzitou a přírodní kolonizace) byl počet semenáčků několikanásobně vyšší. Celkový počet semenáčků zaznamenaný v klíčených půdních vzorcích je zobrazen na obrázku 7.



Obr. 7 : Celkové počty semenáčků zaznamenané v klíčených půdních vzorcích odebraných na podzim po první vegetační sezóně a nevystavených zimním teplotám. Plochy na ose x značeny podle obrázku 1.

Mezi druhy, jejichž semenná zásoba v půdě nejvíce stoupla patří: *Stellaria media*, *Veronica persica* a *Capsella bursa pastoris*. Průměrný počet semenáčků nejpočetnějších druhů je po logaritmické transformaci spolu s Tukeyho intervalem spolehlivosti vynesena na obrázku 8. U statisticky průkazného vlivu obhospodařování na početnost klíčivých semen druhu v půdě se tyto intervaly nepřekrývají (Lepš 1996).



Obr. 9: Graficky prezentovaný výsledek RDA analýzy počtu semenáčků zaznamenaných v půdních vzorcích odebraných na podzim po první vegetační sezóně a nevystavených zimním teplotám. Plochy značeny podle obr. 1. Vysvětlující proměnnou bylo umístění ploch v bloku. Typ obhospodařování byl zadán jako „Covariable.“ Sprgarv (*Spergula arvensis*), myosarv (*Myosotis arvensis*), elytrep (*Elytrigia repens*), matrmr (*Matricaria maritima*), poannul (*Poa annua*), soncarv (*Sonchus arvensis*), capsbur (*Capsella bursa pasroris*), veroarv (*Veronica arvensis*), chenalb (*Chenopodium album*), veroper (*Veronica persica*), planmaj (*Plantago major*), stelmed (*Stellaria media*).

Na základě druhé RDA analýzy spojené s Monte Carlo permutačním testem se mi nepodařilo zamítnout nulovou hypotézu o tom, že se bloky mezi sebou nelišily v zásobě semen v půdě po první vegetační sezóně (F- ratio = 1.39, P = 0,14, 1000 permutací). Jak je ale patrné z obrázku 9, na němž je vyneseno výsledkem analýzy, *Spergula arvensis* byla početněji zastoupena v pátém bloku a *Poa annua* v bloku prvním, stejně tak, jak jsem zaznamenal v klíčivém pokusu prováděném před vysetím směsí.

Výsledky testu, při kterém byly misky vystaveny zimním teplotám, nejsou uvedeny, protože kultivace nadále probíhá a do této doby jsem zaznamenal velice málo semenáčků.

Diskuse

Odhad zásoby klíčivých semen obsažených v půdních vzorcích odebraných před výsevem travních směsí a plodiny v plochách stálé kultivace

Počet semenáčků, zaznamenaných v klíčených půdních vzorcích odebraných před vysetím směsí do jednotlivých ploch, dosahoval hodnot od 52 do 124 (průměr 77 semenáčků ve vzorku) na 2 kg zeminy. Některé druhy plevelů jsem zaznamenal pouze v několika miskách a to ve velmi malém počtu, ne-li v jednom exempláři. Mezi tyto druhy patří: *Arabidopsis thaliana*, *Capsella bursa pastoris*, *Chenopodium album*, *Galeopsis bifida*, *Juncus tenuis*, *Matricaria maritima* a *Thlaspi arvense*. Hlavní příčiny tohoto stavu jsou dvě: Malá zásoba živých semen v půdě a podmínky při provádění pokusu nevhodné pro klíčení daného druhu díky nárokům na teplotu a různým stavům dormance. Většina těchto plevelů jsou druhy ozimými (*Arabidopsis thaliana*, *Matricaria maritima*, *Thlaspi arvense*) a získávají sekundární dormanci během zimy (Grime 1988, Baskin a Baskin 1984), proto je jejich klíčení ve vzorcích odebraných na jaře spíše ojedinělé. Přítomnost těchto druhů zaznamenaných v pokusných plochách při snímkování na poli je sporadická, což může být zapříčiněno malou zásobou živých semen v půdě, nebo tím, že byl pokus založen na jaře v době, kdy ozimé druhy mají vyvinutou sekundární dormanci a nemohou klíčit. Ke snížení zásoby semen ozimých druhů v půdě vede pěstování jařin (Chancellor 1985) a poslední plodinou před založením pokusu byla právě jařina.

Capsella bursa pastoris je také druhem ozimým, ale její klíčení je možné i v jiných částech roku v závislosti na klimatických podmínkách (Hurka a Haase 1982). Protože její klíčivost v dalším klíčivém testu ze vzorků na podzim odebraných byla v plochách s kontinuálním pěstováním plodiny velmi malá a v ostatních typech zásahu vysoká, dovoluji si tvrdit, že zásoba živých semen před počátkem pokusu byla velmi nízká.

Galeopsis bifida je druhem klíčícím na jaře (Grime 1988). Její přítomnost na poli ve vegetaci byla ojedinělá, proto se domnívám, že její zastoupení v semenné bance bylo malé. V porovnání s jinými druhy plevelů má konopice malou semennou produkci poměrně velkých semen (Salisbury 1942). Přidáme-li k tomu její schopnost produkovat pouze jednu generaci za rok (Roberts 1986), zjistíme velkou zranitelnost a ovlivnění semenné produkce kultivací za vegetace a její sníženou schopnost, ve srovnání s ostatními plevelnými druhy, obsazovat nově uvolněná stanoviště (Roberts 1986).

Chenopodium album je druhem klíčícím později na jaře, díky svým vysokým nárokům na teplotu (Basset a Crompton 1978). Část semen (hnědých) je schopna klíčit na podzim ihned po shození z mateřské rostliny (Williams a Harper 1965), ale pouze černá semena klíčící na jaře jsou schopna dosáhnout reprodukčního věku (Williams 1963). Ekologický význam tohoto fenoménu je nejasný (Grime 1988). *Chenopodium album* jsem zaznamenal pouze v jednom vzorku.

Druhy plevelů mající zastoupení větším počtem semenáčků ve všech, nebo téměř všech klíčených půdních vzorcích, byly tyto: *Fallopia convolvulus*, *Myosotis arvensis*, *Plantago major*, *Poa annua*, *Spergula arvensis*, *Stellaria media*, *Veronica arvensis*, *Veronica persica* a *Viola arvensis*.

Fallopia convolvulus klíčí brzy na jaře při teplotách půdy jen několik stupňů nad nulou, dormanci opět získává působením vyšších teplot v květnu a červnu, podobně jako *Polygonum aviculare* (Courtney 1968), proto se domnívám, že její zastoupení v semenné bance bude podceněno.

Myosotis arvensis je ozimým druhem, ale část populace semen je schopna klíčit i na jaře. V osevním postupu se nejhojněji vyskytuje v ozimých obilovinách (Chancellor a Froud-Williams 1984). Nenašel jsem ji pouze v ploše 1D, ale nepředpokládám, že by zde nebyla přítomna, jelikož jsem ji na této ploše zaznamenal při dalším klíčovém testu.

Plantago major je jarním druhem, disponujícím obrovskou reprodukční kapacitou. Velké exempláře jsou schopné vyprodukovat až 14000 semen za sezónu (Hawthorn 1974). U rostlin vystavených sešlapávání pozoroval Blom (1979) větší hmotnost semen. Velká přítomnost semenáčků v miskách odpovídá stavu zjištěnému při polním snímkování, kde byly semenáčky poměrně rovnoměrně zastoupeny ve všech plochách. Velké početnosti semen v semenné bance dosahuje také díky schopnosti dlouhodobě si udržet vysokou klíčivost (Sagar a Harper 1964).

Poa annua je druhem schopným klíčit během celé vegetační sezóny (Roberts 1986, Roberts a Feast 1972), přestože největší početnosti semenáčků dosahuje na jaře (Wells 1974). Většina semen je schopna klíčit ihned po odpadnutí z mateřské rostliny. Objevuje se stejně hojně v ozimých plodinách jako v plodinách jarních (Grime 1988). Při klíčení jsem ji zaznamenal ve všech plochách, až na jedinou (5A), v této ploše jsem ji zatím nezaznamenal ani při dalším klíčovém testu, který nadále probíhá.

Spergula arvensis je druhem jarním, klíčícím v dubnu (New 1963). Po disturbanci půdy během sezóny je část semen ze semenné banky schopna vyklíčit (New 1963). O tom, že část

semen je schopná klíčit i bez vystavení nízkým teplotám jsem se přesvědčil při druhém klíčivém testu. Při klíčení jsem zaznamenal větší počet semenáčků ve vzorcích odebraných z pátého a čtvrtého bloku proti počtu semenáčků z půdních vzorků bloku prvního. Tento jev dobře koreluje s početností semenáčků v jednotlivých pokusných plochách na jaře snímkaných a s druhým klíčivým testem (obr. 8). O klíčivém testu se domnívám, že dobře zachytil poměr početnosti semen druhu *Spergula arvensis* v jednotlivých plochách.

Stellaria media je plevelem schopným klíčit během celého roku, ale největší procento semen klíčí na podzim (především v sušších oblastech) a na jaře (v oblastech dostatečně vlhkých) (Evans 1962, Roberts a Feast 1970). Po ročním pohřbení semen v půdě byla jejich životnost 91 - 97%, po desetiletém 6 - 22 % (Toole a Brown 1962). To svědčí o dobře vytvořené semenné bance tohoto druhu. *Stellaria* má největší kompetiční schopnost ve vlhkém a chladném počasí (King 1966), je schopná fotosyntetizovat i při teplotě -4°C (Gabidzashvili 1971). Plody jsou schopny zrát pod sněhovou pokrývkou při teplotě -27°C (Lyre 1957). To je důvod, proč například silně kompetuje s ozimým ječmenem (Sobey 1981). Jeho další nepříjemná vlastnost je hromadění živin (P, N, K) v těle v několikanásobných koncentracích v porovnání s většinou ostatních plevelů (Sobey 1981, Vengris *et. al.* 1953). Byla přítomná ve všech klíčených půdních vzorcích, kromě půdního vzorku z plochy 4C. Nepřítomnost semenáčků může být zapříčiněna pouze dormancí semen, nebo neznámou chybou, protože v druhém klíčivém testu jsem v půdním vzorku ze stejné plochy zaznamenal 89 semenáčků tohoto druhu.

Veronica arvensis klíčí na podzim a malé procento semen je schopno klíčit v dubnu před výrazným zvýšením teploty půdy, které navozuje sekundární dormanci (Baskin a Baskin 1983). *Veronica arvensis* je plevelem především ozimých obilovin (Chancellor a Froud-Williams 1984) a její semenná zásoba v půdě je potlačována pěstováním jarních plodin. Semenáčky jsem našel ve všech klíčených vzorcích. *Veronica persica*, podobně jako *Veronica arvensis*, byla zaznamenána ve všech klíčených půdních vzorcích. Její ekologie je podobná předešlému druhu s tím rozdílem, že klíčení je možné v širších teplotních podmínkách a část populace semen v půdě je schopná klíčit i během léta. Dokonce je schopná vytvořit za příznivých podmínek dvě generace za rok, díky části semen, které nevykazují vrozenou dormanci (Grime 1988).

Výskyt ozimých druhů plevelů je v tomto klíčivém testu podceněn, protože většina semen ozimů se nachází na jaře v dormantním stavu (Baskin a Baskin 1973, 1983, 1984), který je indukován nízkými zimními teplotami. Výskyt některých jarních plevelů bude

nejspíše také podceněn, díky tomu, že pokus začal v květnu. Například *Polygonum aviculare* je jarní plevel schopný klíčit při teplotách těsně nad bodem mrazu. Při teplotách vyšších, které nastávají v květnu, dochází k indukci sekundární dormance u nevyklíčených semen (Courtney 1968). Díky různým stavům dormance jednotlivých druhů, není možné provádět srovnávání zásoby klíčivých semen v půdě ve vzorcích odebraných v odlišném čase během roku, ale je možné porovnávat zásobu mezi různě obhospodařovanými plochami.

Snímkování polních porostů v jednotlivých pokusných plochách 10 x 10 m.

Palmer a Sagar (1963) zjistili, že výluh z rostlin pýru plazivého (*Elytrigia repens*), má inhibiční efekt na klíčení semen štětky lesní (*Dipsacus sylvestris*). Osvald (1947) zjišťuje toxické účinky na klíčivost rostlin. Buchholtz (1971) a Bandeen a Buchholtz (1967) zjistili sníženou hladinu dusíku v listech kukuřice rostoucí v přítomnosti pýru a snížený výnos, který se nezvýšil ani po pohnojení, proto se domnívali, že toxické sloučeniny pýru působí na příjem hlavních živin rostlinou. Welbank (1960, 1961, 1962, 1963, 1964) se domnívá, že *Elytrigia* kompetuje pouze o vodu a živiny a toxické sloučeniny vznikají pouze při rozkladu biomasy. Zaznamenává také dobrou klíčivost semen držených v přítomnosti sloučenin produkovaných živým pýrem. Alelopatický efekt na klíčení některých zemědělských plodin zjistil Mihulka (1993, 1995).

V plochách, které jsem snímkoval, byl signifikantně redukován počet semenáčků ostatních druhů se zvětšujícím se počtem prýtlů pýru. Jedním z možných vysvětlení je alelopatické působení pýru na klíčivost ostatních druhů. Pýr plazivý regeneroval z podzemních rhizomů na poli hojně přítomných. Silnou zbraní v kompetici pýru s ostatními druhy rostlin je jeho schopnost rychlého růstu i v chladnějších částech roku (Palmer a Sagar 1963, Werner a Rioux 1977), brzy na jaře a pozdě na podzim. V plochách mnou snímkovaných dosahovaly prýty pýru průměrné výšky 30 cm a silně zastíňovaly plochu pod sebou, zatímco nejvyšší semenáčky dalších plevelů pouze 8 cm a pokryvnosti velmi malé. Druhým možným vysvětlením redukce počtu semenáčků je kompetice pýru s ostatními rostlinami o živiny a vodu. Pýr je schopen v sobě kumulovat velké množství živin, které přijímá brzy na jaře. Nejvíce absorbuje dusík, fosfor a draslík. Činí tak ve své blízkosti prostor nepříznivý pro regeneraci ostatních druhů rostlin (Werner a Rioux 1977, Palmer a Sagar 1963, Rondeen a Buchholtz 1967). Bandeen a Buchholtz (1967) zjistili, že pýr plazivý, který byl na poli zastoupen 2000 kg suché váhy rhizomů na hektar, spotřeboval 118 kg / ha dusíku, 17kg / ha fosforu a 67 kg / ha draslíku, což činilo 55, 45 a 68% obsahu dusíku, fosforu a draslíku na poli. Třetím možným vysvětlením redukce počtu semenáčků je kompetice o

světlo. Většina semen plevelů vyžaduje pro umožnění klíčení světlo nefiltrované nadzemní vegetací (Cavers a Beniot 1989). V souvislosti s vnímáním světla se často hovoří o „red / far-red ratio.“ Je to poměr mezi červeným a infračerveným zářením ve světle dopadajícím na semeno. Absorbce světla semenem je zajišťována fytochromy. Vyskytují se ve dvou formách: První vázající červené světlo o vlnové délce 660 nm (red absorbing phytochrome, Pr, P660), druhá vázající dlouhovlnné červené záření s maximem 730 nm (far-red absorbing phytochrome, Pfr, P730). Fytochrom vratně přechází z jedné formy do druhé. Fytochrom Pr absorbuje červené světlo a přeměňuje se na fytochrom Pfr, jehož množství se ve tmě, nebo působením světla přefiltrovaného zelenou vegetací samovolně snižuje a přechází zpět na formu Pr. Klíčení je závislé na přítomnosti dostatečného množství aktivní formy Pfr. Množství červeného světla potřebného pro indukci fytochromu je téměř nulové po prostoupení záření vegetačním krytem, množství infračerveného záření zůstává téměř konstantní (Smith 1982). Tímto mechanismem je inhibováno a spouštěno klíčení v závislosti na poměru obou forem záření.

King (1977), zaznamenal, že klíčení semen rozrazilu rolního (*Veronica arvensis*) bylo inhibováno světlem filtrovaným listy lípy. Z práce Gorského *et al.* (1977) vyplývá, že klíčivost druhů *Spergula arvensis*, *Matricaria maritima* a *Chenopodium album* byla redukována zeleným světlem na 20 - 69% proti kontrole. Druhy *Plantago major* a *Rumex obtusifolius* měly klíčivost redukovanou nejméně na 20% proti kontrole vystavené dennímu světlu.

Na klíčení a přežívání semenáčků budou mít nejspíše vliv všechny mechanismy dohromady. Alelopatie má velký význam v suchém klimatu, kde alelopatické sloučeniny mohou dlouho přetrvávat v půdě. V klimatu bohatém na srážky, jako je Benešov, jsou aktivní sloučeniny rychle vyplavovány a jejich účinek se snižuje. Většina prací studujících alelopatii byla prováděna v laboratorních podmínkách a o skutečném působení toxických sloučenin se mnoho neví, proto se domnívám, že alelopatie bude mít na redukci počtu semenáčků minoritní podíl.

Odhad zásoby klíčivých semen obsažených v půdních vzorcích odebraných na podzim po prvním vegetačním období

V klíčených půdních vzorcích, které nebyly vystaveny nízkým zimním teplotám, jsem zaznamenal velké zvýšení počtu semen v půdě ve všech typech zásahu mimo kontinuálně obhospodařované kontroly. Hrách spolu s ovsem v kontinuálně obdělávaných plochách dosahovaly během vegetační sezóny naprosté dominance a nedovolily plevelným druhům bujný růst. Počet rostlin plevelů v těchto plochách byl při snímkování výrazně menší proti počtu plevelných rostlin zaznamenaných v plochách s ostatními typy obhospodařování. U plevelných rostlin v plochách kontinuálně obhospodařovaných byla nápadná malá výška a velikost ve srovnání s pleveli v ostatních typech obhospodařování.

Velká rostlina druhu *Plantago major* je schopna za vhodných podmínek vyprodukovat až 14 000 semen za vegetační sezónu, což je mnohonásobně více proti rostlinám malým (Hawthorn 1974), kompetičně utlačeným. Velká rostlina druhu *Stellaria media* je schopná vyprodukovat 13 000 semen (Sobey 1981), zatímco rostlina průměrná produkuje 2 400 semen za vegetační období. Hrách s ovsem dosáhly brzy po vyklíčení dominantního stavu, čímž omezily růst a klíčení plevelných druhů. Hlavními příčinami redukce semenné produkce jsou tedy malá velikost a malý počet plevelných rostlin.

Dalším důvodem malé semenné zásoby v kontinuálně obdělávaných plochách je častá kultivace pohřbívající většinu čerstvých semen hluboko do půdy, do hloubek neumožňujících klíčení, a ničící čerstvě vzešlé semenáčky, které tak nemohou přispívat do dalších generací (Roberts a Feast 1972). Počty semenáčků se v ostatních typech obhospodařování výrazně nelišily. To může být zapříčiněno pomalým a mnohdy špatným vzcházením vysetých směsí. Plevelným druhům tak bylo umožněno vzejít a zaplodit i v plochách s vysetými travními směskami. Největší nárůst počtu semen jsem zaznamenal pro druhy *Capsella bursa pastoris* a *Stellaria media*.

Stellaria media je druh, kterému vyhovuje chladné a vlhké počasí (Sobey 1981, Turkington *et al.* 1980). Při těchto podmínkách je schopna plodit celou vegetační sezónu. Mokrý léto roku 1996 bylo pro její růst velmi příznivé. Díky tomu, že část populace semen nevykazuje při shození z mateřské rostliny vrozenou dormanci, stejně jako *Poa annua*, *Spergula arvensis* či *Capsella bursa pastoris* (Roberts a Feast 1973), je schopná vyprodukovat i dvě generace do roka. Semena druhu *Stellaria media* nemají při shození z mateřské rostliny nároky na světlo pro umožnění klíčení (Taylorson 1970). Vrozeně nedormantní semena mohou tedy klíčit i v porostu, podobně jako u druhu *Veronica persica*

(Harris a Lovell 1980). Počty semenáčků druhů *Veronica persica* a *V. arvensis* se v plochách s přírodní kolonizací s nízkodruhovou směsí a s druhově bohatou směsí statisticky průkazně nelišily, zatímco v plochách s kontinuálním pěstováním plodiny byl počet semenáčků druhu *V. persica* statisticky průkazně nižší, svědčící o nižší bazální zásobě semen v kontrolních plochách. Počet semenáčků *V. arvensis* v těchto plochách statisticky průkazně nižší nebyl. *V. persica* je druhem s větším vzrůstem a s většími semeny s větším množstvím energie proti *V. arvensis* (Harris a Lovell 1980). Nároky na teplotu pro přerušení dormance nejsou tak přesně vymezeny ve srovnání s menším druhem *V. arvensis* a klíčení se děje i při vyšších teplotách. *V. arvensis* má redukovanou klíčivost ve tmě nebo v zeleném světle (Harris a Lovell 1980, King 1977). Tyto vlastnosti umožňují drobnému druhu *V. arvensis* klíčit v podmínkách kompetičně uvolněných, kdežto *V. persica* je schopná klíčit i ve společenstvu již zapojeném a z větších hloubek v půdě. Na poli dosahovala *V. persica* větší pokryvnost proti *V. arvensis* také díky schopnosti tvorby adventivních kořenů a malých trsů (Harris a Lovell 1980), což se projevilo zvýšením početnosti semen v půdě ve všech obhospodařováních mimo kontroly. *Veronica persica*, která investuje menší procento energie do generativních orgánů, je první rok po opuštění pole evidentně kompetičně úspěšnějším druhem proti *V. arvensis*, jež investuje do semenné produkce větším procentem energie (Harris a Lovell 1980).

Na poli dominantní *Elytrigia repens* minimálně přispívá do semenné banky, přestože je schopna vytvářet persistentní semennou banku (Grime 1988). Při klíčení půdních vzorků jsem zaznamenal pouze jeden semenáček. Její hlavní způsob rozmnožování je klonální růst pomocí podzemních rhizomů (Werner a Rioux 1977). Semenná produkce druhu *Elytrigia repens* je velmi malá v porovnání s příbuzným druhem *Elymus caninus*, který je závislý především na generativním rozmnožování. Tripathi a Harper (1973) testovali semennou produkci *E. repens*, jež vyprodukoval 30 semen, a *E. caninus*, který vytvořil 258 semen za sezónu na jednu rostlinu. Domnívají se, že semenná produkce a klonální růst jsou dva protichůdné procesy, s čímž podle počtu zaznamenaných semenáčků také souhlasím.

Vliv obhospodařování na jarní druhy nemůže být diskutován, protože klíčivý test půdních vzorků vystavených zimním teplotám nadále probíhá a nemám zatím k dispozici odpovídající data. Z tohoto testu je pouze zřejmé, že počet semenáčků druhu *Veronica arvensis* je mnohem nižší proti druhu *V. persica*, přestože se počty v miskách nevystavených zimním teplotám tolik nelišily.

Závěr

Na pokusných plochách jsem zjistil, že prvním rokem po přerušení kultivace dochází k velkému rozvoji plevelových společenstev, které se projeví nárůstem počtu semen jednoletých plevelů v semenné bance. Počet semen plevelů v půdě nebyl signifikantně redukován ani vysetými travními směskami, které vytvořily zapojený porost až později v sezóně. Stálé obhospodařování udržuje počet semen plevelů v půdě na nízké úrovni díky kultivaci a konkurenci plodiny s plevelnými druhy. Na poli jsem zaznamenal signifikantní variabilitu ve složení semenné banky mezi jednotlivými bloky pokusného uspořádání před započítáním pokusu. Tato skutečnost by měla být brána v úvahu při dalších sledováních v rámci projektu CLUE. Po první vegetační sezóně tento rozdíl průkazný nebyl, z čehož vyplývá velký vliv typu obhospodařování. *Elytrigia repens*, dominanta mezi pleveli, ovlivňuje složení společenstva jednoletých plevelů a sám do semenné banky téměř nepřispívá. Odhady druhového a početního složení semenné banky se velmi liší v závislosti na době odběru půdních vzorků.

Poděkování

Děkuji především svému školiteli Doc. Dr. Janu Lepšovi CSc. za jeho pomoc ve chvílích nejtěžších, kdy hrozila počítači újma na zdraví. Dále mu děkuji za poskytnutou literaturu, jeho dlouholeté zkušenosti a za čas, který mi věnoval. Mé díky patří také rodině Dr. Šrůtka za vřelé přijetí a poskytnutí ubytování. Jmenovitě paní Šrůtkové za vynikající povídlové buchty. Děkuji Martině Antonínové za pomoc při snímkování porostů, Jiřině Kolbabové za opravu pravopisných chyb v této práci a všem ostatním, kteří mi jakkoli pomohli.

Použitá literatura

- Bandeen, J. D. a Buchholtz, K. P. (1967). Competitive effects of quack grass upon corn as modified by fertilisation. *Weeds* **15**, 220 - 223.
- Baskin, J. M. a Baskin, C. C. (1973). Delayed germination in seeds of *Phacelia dubia* var. *dubia*. *Can. J. Bot.* **51**, 2481 - 2486.
- Baskin, J. M. a Baskin, C. C. (1983). Sezonal changes in the germination responses of buried seeds of *Arabidopsis thaliana* and ecological interpretation. *Bot. Gaz. (Chicago)* **144**, 540 - 543.
- Baskin, J. M. a Baskin, C. C. (1984). Role of temperature in regulating timing of germination in soil seed reserves of *Lamium purpureum*. *Weed Res.* **24**, 341 - 349.
- Bassett, I. J. a Crompton, C. W., (1978). The biology of Canadian weeds. 32: *Chenopodium album* L. *Can. J. Plant Sci.* **57**, 1061 - 1072.
- Beal, W. J. (1905). The vitality of seeds. *Bot. Gaz. (Chicago)* **40**, 78 - 80.
- Brenchley, W. E. (1918). Buried weed seeds. *J. Agric. Sci.* **9**, 1 - 31.
- Buchholtz, K. P. (1971). The influence of allelopathy on mineral nutrition. V „*Biochemical Interactions among Plants*“: (U. S. Nat. Camm. for I. B. P., eds.), 86 - 89. Natr. Acad. Sci. Washington, D. C.
- Cavers, P. B. a Benoit, D. L. (1989). Seed Banks in Arable Land. V „*Ecology of Soil Seed Banks*“ (editováno: Leck, M. A., Parker V. T. a Simpson R. L.) Academic Press Limited, London.
- Conn, J. S. a Farris, M. L. (1987). Seed Viability and Dormancy of 17 Weed Species After 21 Months in Alaska. *Weed sci.* **35**, 524 - 529.
- Courtney, N. D. (1968). Seed dormancy and field emergence in *Polygonum aviculare*. *J. Appl. Ecol.* **5**, 675 - 684.
- Darlington, H. T. (1922). Dr. W. J. Beals seed viability experiment. *Am. J. Bot.* **9**, 266 - 269.
- Darlington, H. T. (1931). The fifty-year period of Dr. W. J. Beals viability experiment. *Am. J. Bot.* **18**, 262 - 265.

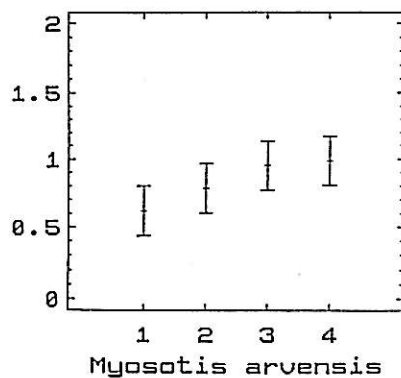
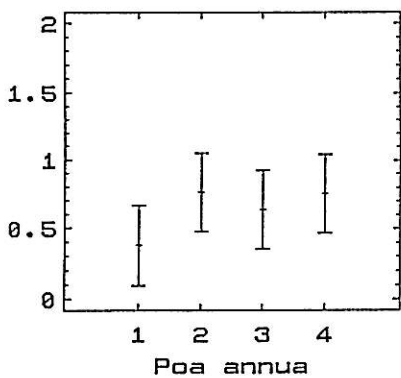
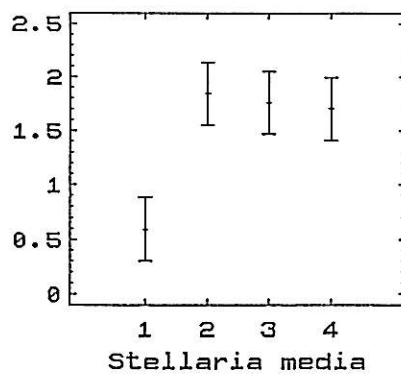
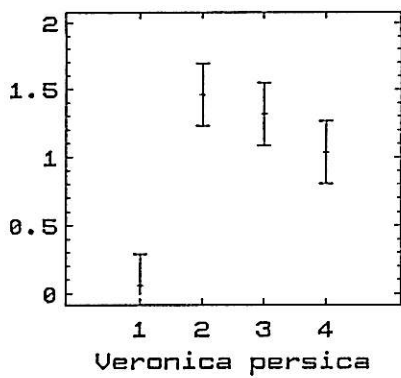
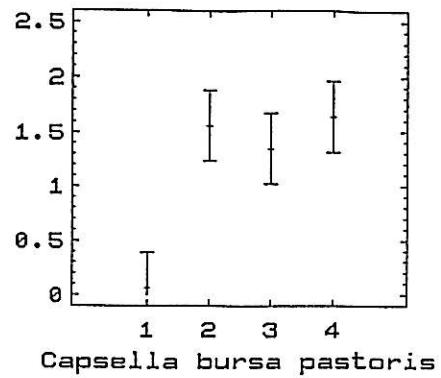
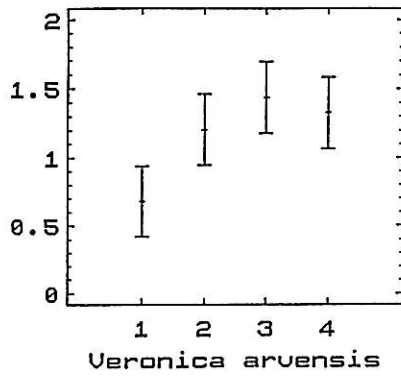
- Darlington, H. T. a Steinbaur, G. P. (1961). The eighty year period for Dr. W. J. Beals seed viability experiment. *Am. J. Bot.* **48**, 321 - 325.
- Donelan, M. a Thompson, K. (1980). Distribution of buried viable seeds along a succesional series. *Biol. Conserv.* **17**, 297 - 311.
- Dostál, J. (1989). Nová květena ČSSR. Academia, Praha.
- Douglas, G. (1965). The weed flora of chemically-renewed lowland swards. *J. Br. Grassl. Soc.* **20**, 91 - 100.
- Fenner, M. (1980). The inhibition of germination of *Bidens pilosa* seeds by leaf canopy shade in some natural vegetation types. *New Phytol.* **84**, 95 - 101.
- Fenner, M. (1985). Seed Ecology. Chapman & Hall, London
- Górszki, T., Górska, K., and Nowicki, J. (1977). Germination of seeds of various herbaceous species under leaf canopy. *Flora (Jena)* **166**, 249 - 259.
- Grime, J. P., Hodgson, A. a Hunt, R. (1988). Comparative Plant Ecology, Unwin Hyman, London.
- Grime, J. P. a Jarvis, B. C. (1975). Shade avoidance and shade tolerance in flowering plants. II. Effects of light on the germination of species of contrasted ecology. V „*Light as an Ecological Factor*,” II (G. C. Evans, R. Bainbridge a O. Rackham), pp. 525 - 532. Blackwell, Oxford.
- Harris, G. R. a Lovell, P. H. (1980). Adventitious root formation in *Veronica*. *Annals of Botany* **45**, 459 - 468.
- Harris, G. R. a Lovell, P. H. (1980). Growth and reproductive strategy in *Veronica*. *Annals of Botany* **45**, 459 - 468.
- Hawthorn, W. R. (1974). The biology of Canadian weeds. 4: *Plantago major* and *P. rugelii*. *Can. J. Plant Sci.* **54**, 383 - 396.
- Hill, A. W. (1917). The flora of the Somme battlefield. *Kew Bull.* pp. 297 - 300.
- Hurka, H. a Haase, R. (1982). Seed ecology of *Capsella bursa-pastoris*, dispersal mechanism and the soil seed bank. *Flora* **172**, 35 - 46.
- Champness, S. S. a Morris, K. (1948). The population of buried viable seeds in relation to contrasting pasture and soil types. *J. Ecol.* **36**, 149 - 173.
- Chancellor, R. J. (1985). Changes in the weed flora of an arable field cultivated for twenty years. *J. Appl. Ecol.* **22**, 491 - 501.
- Chancellor, R. J. a Froud-Williams, R. J., (1984). A second survey of cereal weeds in central southern England. *Weed Res.* **24**, 29 - 36.

- Chippendale, H. G. a Molton, W. E. J. (1934). On the viable seeds present in the soil beneath pastures. *J. Ecol.* **22**, 508 - 531.
- Jensen, J. K. (1995). Effect of light environment during soil disturbance on germination and emergence pattern of weeds. *Ann. Appl. Biol.* **127**, 561 - 571.
- King, T. J. (1977). The plant ecology of ant-hills in calcareous grasslands. 3: Factors affecting the population sizes of selected species. *J. Ecol.* **65**, 79 - 316.
- Kivilaan, A. a Bandurski, R. S. (1973). The ninety years period for Dr. W. J. Beals seed viability experiment. *Am. J. Bot.* **60**, 140 - 145.
- Kivilaan, A. a Bandurski, R. S. (1981). The one hundred years period for Dr. W. J. Beals seed viability experiment. *Am. J. Bot.* **68**, 1290 - 1292.
- Lepš, J. Š. (1996). Biostatistika. Jihočeská universita, České Budějovice.
- Major, J. a Pyott, W. T. (1966). Buried, viable seeds in two California bunchgrass sites and their bearing on the definition of a flora. *Vegetatio* **13**, 253 - 282.
- Mihulka J. a kol. (1993). Systém hubení pýru plazivého a pcháče osetu na orné půdě. Institut výchovy a vzdělávání MZVŽ ČSR, Praha.
- Mihulka J. a kol. (1995). Pýr plazivý: Biologie a hubení. Nakladatelství neuvedeno, Praha.
- Osvald, H. (1947). Equipment of plants in the struggle for space. *Vaxtodling* **2**, 288 - 303.
- Palmer, J. H. a Sagar, G. R. (1963). Biological Flora of the British Isles: *Agropyron repens* (L.) Beauv. *J. Ecol.* **51**, 783 - 794.
- Pons, T. L. (1983). Significance of inhibition of seed germination under the leaf canopy in ash coppice. *Plant. Cell Environ.* **6**, 385 - 392.
- Roberts, H. A. (1986). Seed persistence in the soil and seasonal emergence in plant species from different habitats. *J. Appl. Ecol.* **23**, 639 - 656.
- Roberts, H. A. a Dawkins, P. A. (1967). Effect of cultivation on the numbers of viable weed seeds in soil. *Weed Res.* **7**, 290 - 301.
- Roberts, H. A. a Feast, P. M. (1973). Emergence and longevity of seeds of annual weeds in cultivated and undisturbed soil. *J. Appl. Ecol.* **10**, 133 - 143.
- Roberts, H.A. a Feast, P. M. (1972). Fate of seeds of some annual weeds in different depths of cultivated and undisturbed soil. *Weed Res.* **12**, 316 - 324.
- Salisbury, E. J. (1942). The reproductive capacity of plants. George Bell, London.
- Salisbury, E. J. (1961). Weeds and Aliens. Collins, London.
- Silvertown, J. W. (1982). Introduction to Plant Population Ecology. Longman, London.

- Silvertown, J. W. (1980). Leaf - canopy - induced dormancy in grasland flora. *NewPhytol.* **85**, 109 - 118.
- Smith, H. (1982). Light quality, photoperception and plant strategy. *Annu. Rev. Plant Physiol.* **33**, 481 - 518.
- Sobey, D. G. (1981). Biological Flora of the British Isles: *Stellaria media* (L.) Vill. *J. Ecol.* **69**, 311 - 335.
- Taylorson, R. B. (1970). Changes in dormancy and viability of weed seeds in soils. *Weed Sci.* **18**, 265 - 269.
- Ter Braak, C. J. F. (1987). Ordination. V: Jongman, R. H., Ter Braak, C. J. F. and van Tongeren, O. F. R. „*Data Analysis in Community and Landscape Ecology*.“ Centre for agricultural publishing and dokumentation (Pudoc), Wageningen, pp. 91 - 169.
- Tripathi, R. S. a Harper, J. L. (1973). The comparative biology of *Agropyron repens* L. (Beauv.) and *A. caninum* L. (Beauv.) 1. The growth of mixed populations established from tillers and from seeds. *J. Ecol.* **61**, 353 - 368.
- Turkington, R., Kennel, N. C. a Franko, G. D. (1980). The biology of Canadian weeds. 42: *Stellaria media* (L.) Vill. *Can. J. Plant Sci.* **60**, 981 - 992.
- Washitani, I., a Saeki, T. (1984). Leaf-canopy inhibition of germination as a mechanism for the disappearance of *Amaranthus patulus* Bertol. in the second year of a secondary succession. *Jpn. J. Ecol.* **34**, 55 - 61.
- Welbank, P. J. (1960). Toxin production from *Agropyron repens*. V „*The Biology of Weeds*“ (J. L. Harper, ed.), pp. 158 - 164. 10th Symp. Br. ecol. Soc. Blackwell, Oxford.
- Welbank, P. J. (1961). A study of the nitrogen and water factors in competition with *Agropyron repens* (L.) Beauv. *Ann. Bot.* **25**, 116 - 137.
- Welbank, P. J. (1962). The effects of competition with *Agropyron repens* and of nitrogen water-supply on the nitrogen content of *Impatiens parviflora*. *Ann. Bot.* **26**, 361 - 373.
- Welbank, P. J. (1963). A comparison of competitive effects of some common weed species. *Ann. Appl. Biol.* **51**, 107 - 125.
- Welbank, P. J. (1963). Toxin production during decay of *Agropyron repens* (couch grass) and other species. *Weed Res.* **3**, 205 - 214.
- Welbank, P. J. (1964). Competition for nitrogen and potassium in *Agropyron repens*. *Ann. Bot.* **28**, 1 - 15.
- Werner, P. A. a Rioux, R. (1977). The biology of Canadian weeds. 24: *Agropyron repens* (L.) Beauv. *Can. J. Plant Sci.* **57**, 905 - 919.

Williams, J. T. (1963). Biological flora of the British Isles: *Chenopodium album* (L.). J. *Ecology* **51**, 711 - 725.

Williams, J. T. a Harper, J. L., (1965). Seed polymorphism and germination. 1: The influence of nitrates and low temperatures on the germination of *Chenopodium album*. *Weed Res.* **5**, 141 - 150.



Obr. 8: Průměrný počet semenáčků nejpočetněji zastoupených druhů (v logaritmické transformaci a s Tukeyho HSD intervalem) zaznamenaných v klíčených půdních vzorcích odebraných po první vegetační sezóně a nevystavených nízkým zimním teplotám. Osa X typ obhospodařování na ploše: 1 - kontinuální pěstování plodiny (A), 2 - přírodní kolonizace (B), 3 - nízkodruhová směs (C), 4 - směs s velkým počtem druhů (D). Osa Y počet semenáčků.

	1c	1a	1d	1b	2c	2b	2d	2a	3c	3d	3b	3a	4d	4c	4b	4a	5b	5a	5d	5c
<i>Arabidopsis thaliana</i>	0.95	0.00	0.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Capsella bursa pastoris</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	1.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.96	0.00	0.00	1.04	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
<i>Chenopodium album</i>	0.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
<i>Fallopia convolvulus</i>	3.79	2.62	0.88	0.97	2.01	0.00	0.88	0.00	2.91	2.87	3.08	2.03	1.92	2.07	2.03	3.05	5.00	3.09	3.13	3.39
<i>Galeopsis bifida</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.88	0.00	0.00	0.00	1.03	1.02	0.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Flaginella uliginosa</i>	0.00	1.75	0.00	0.00	0.00	2.93	3.52	0.00	0.97	1.91	0.00	1.02	0.00	0.00	1.02	0.00	1.00	2.06	0.00	1.13
<i>Juncus tenuis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	2.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Myosotis arvensis</i>	0.95	1.75	0.00	2.90	2.01	1.95	6.17	5.88	4.85	5.74	6.15	2.03	5.77	5.18	2.03	6.09	5.00	4.12	7.29	5.65
<i>Plantago major</i>	11.37	20.96	7.89	11.59	13.07	11.71	7.05	19.61	3.88	10.53	14.36	11.17	19.23	17.62	12.18	11.17	19.00	21.65	7.29	13.56
<i>Poa annua</i>	32.23	31.44	37.72	14.49	20.10	8.78	13.22	4.90	18.45	5.74	13.33	5.08	50.96	2.07	2.03	5.08	11.00	0.00	9.38	3.39
<i>Polygonum aviculare</i>	0.00	0.00	0.88	0.00	1.01	0.00	0.00	0.00	1.94	0.00	0.00	1.02	0.96	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.00
<i>Persicaria hydropiper</i>	0.00	0.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.91	0.00	0.00	0.00	1.04	0.00	1.02	5.00	1.03	1.04	2.26
<i>Rumex obtusifolius</i>	0.00	2.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.91	5.13	1.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.06	0.00	0.00
<i>Sonchus arvensis</i>	0.95	1.75	0.00	0.00	0.00	0.98	0.00	0.00	0.00	1.91	1.03	0.00	0.00	0.00	0.00	1.02	0.00	2.06	0.00	0.00
<i>Spergula arvensis</i>	0.95	10.48	3.51	14.49	12.06	15.61	5.29	18.63	1.94	22.01	6.15	47.72	32.69	26.94	5.08	16.24	24.00	36.08	2.08	41.81
<i>Stellaria media</i>	1.90	1.75	1.75	3.86	1.01	1.95	3.52	2.94	1.94	2.87	2.05	1.02	0.96	0.00	4.06	7.11	2.00	2.06	3.13	2.26
<i>Trifolium repens</i>	0.95	0.87	0.88	0.00	6.03	1.95	3.52	0.98	2.91	1.91	2.05	1.02	1.92	2.07	4.06	0.00	0.00	3.09	0.00	0.00
<i>Matricaria maritima</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.06	0.00	0.00
<i>Thlaspi arvense</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.02	0.96	0.00	0.00	0.00	0.00	1.03	0.00	0.00
<i>Veronica arvensis</i>	7.58	10.48	4.39	1.93	7.04	7.80	10.57	14.71	17.48	7.66	4.10	2.03	4.81	6.22	6.09	3.05	1.00	11.34	13.54	14.69
<i>Veronica persica</i>	5.69	4.37	2.63	3.86	5.03	17.56	12.33	8.82	15.53	3.83	10.26	0.00	3.85	7.25	6.09	9.14	4.00	2.06	1.04	5.65
<i>Viola arvensis</i>	2.84	6.99	2.63	4.83	1.01	3.90	2.64	1.96	4.85	4.78	2.05	3.05	0.00	10.36	2.03	3.05	6.00	4.12	4.17	4.52

Tab. 1 : Počty semenáčků zaznamenané v půdních vzorcích odebraných před výsevem travních směsí a plodiny v plochách stálé kultivace. Značení ploch je stejné jako na obr. 1. Počty semenáčků jsou přepočítané na 2 kg hmotnosti půdního vzorku.

	1c	1a	1d	1b	2c	2b	2d	2a	3c	3d	3b	3a	4d	4c	4b	4a	5b	5a	5d	5c
<i>Elytigia repens</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Arabidopsis thaliana</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Capsella bursa pastoris</i>	6.97	0.00	117.46	45.85	67.66	41.31	54.55	1.04	25.00	19.70	60.19	0.00	87.20	27.51	7.48	0.00	59.90	0.00	12.62	12.75
<i>Chenopodium album</i>	0.00	0.94	0.00	0.98	0.00	2.82	1.01	0.00	0.00	0.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.98
<i>Fallopia convolvulus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Geranium pusillum</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Filaginella uliginosa</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.02	0.00	0.00	0.98
<i>Juncus tenuis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.97	0.00	0.00	1.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Matricaria maritima</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Myosotis arvensis</i>	1.99	1.89	6.35	4.88	9.95	5.63	15.15	3.13	14.00	10.84	6.80	3.85	3.79	17.99	5.61	3.08	3.05	4.21	11.65	4.90
<i>Plantago lanceolata</i>	9.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Plantago major</i>	1.00	0.00	0.00	9.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.96	0.00	1.06	2.80	0.00	2.03	0.00	0.00	2.94
<i>Poa annua</i>	12.94	14.15	5.29	18.54	4.98	0.94	10.10	4.17	5.00	3.94	6.80	0.00	4.74	2.12	4.67	0.00	3.05	0.00	1.94	0.00
<i>Sonchus arvensis</i>	1.00	0.00	0.00	0.98	0.00	0.00	0.00	1.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Spergula arvensis</i>	0.00	3.77	0.00	14.63	0.00	0.94	2.02	3.13	0.00	1.97	4.85	6.73	0.95	11.64	7.48	8.21	8.12	15.79	3.88	8.82
<i>Stellaria media</i>	40.80	0.94	52.91	177.56	55.72	74.18	75.76	16.67	46.00	95.57	48.54	1.92	29.38	88.89	42.99	8.21	54.82	0.00	26.21	59.80
tritické	0.00	5.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.21	0.00	0.00	0.00	0.00	7.69	0.00	0.00	16.41	0.00	5.26	0.00	0.00
<i>Veronica arvensis</i>	17.91	2.83	13.76	4.88	28.86	88.26	29.29	4.17	34.00	34.48	20.39	5.77	13.27	58.20	9.35	1.03	8.12	8.42	17.48	11.76
<i>Veronica persica</i>	27.86	0.94	13.76	28.29	14.93	71.36	23.23	0.00	25.00	23.65	27.18	0.00	4.74	9.52	27.10	0.00	11.17	0.00	1.94	29.41
<i>Viola arvensis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tab. 2: Počty semenáčků zaznamenané v půdních vzorcích odebraných na podzim po první vegetační sezóně a nevystavených zimním teplotám.

Značení ploch je stejné jako na obr. 1.

Počty semenáčků jsou standardizované na 2 kg hmotnosti zeminy.