

Biologická fakulta Jihočeské univerzity
České Budějovice



**MÁ DRUHOVÁ BOHATOST
STABILIZUJÍCÍ VLIV NA ROSTLINNÉ
SPOLEČENSTVO?**

Magisterská práce

Lenka Zemková

školitel: Prof. Jan Lepš

České Budějovice 2006

Master Thesis

Zemková L., Má druhová bohatost stabilizující vliv na rostlinné společenstvo? [Does species diversity have any stabilizing effect on plant community? Mgr. Thesis, in Czech] – 43 p.+6p., Faculty of Biological Sciences, University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

Annotation:

The effect of plant species and functional diversity on stability of artificially created grassland communities was studied. The resistance of communities differing in their levels of biodiversity to drought was investigated in field and pot experiments. In the pot experiment, the regeneration after resumption of watering was also studied. In field experiment, the effect of species richness and the effect of functional group richness on the resistance against weed invasion were also tested.

Tato práce byla financována ze zdrojů projektu 5, rámcového programu Evropské unie TLinks (EVK2-CT2001-0123).

Prohlašuji, že jsem uvedenou práci vypracovala samostatně, pouze s použitím uvedené literatury.

V Českých Budějovicích dne 20. 4. 2006


.....

Lenka Zemková

Obsah

1. Úvod	1
2. Cíle práce	4
3. Metodika	5
3.1. Terénní pokus	5
3.1.1. Popis lokality	5
3.1.2. Uspořádání pokusu	5
3.1.3. Statistické vyhodnocení	8
3.2. Květináčový pokus	10
3.2.1. Podmínky růstu	10
3.2.2. Uspořádání pokusu	10
3.2.3. Statistické vyhodnocení	12
4. Výsledky	13
4.1. Terénní pokus	13
4.2. Květináčový pokus	23
5. Diskuse	31
6. Závěr	37
Literatura	39

Úvod

Velmi diskutovanou problematikou současnosti je role diverzity a otázka ztráty druhů, změny klimatu a obavy z globálního oteplování (např. Vitousek 1994, McCarthy 2001). Ubývání rostlinných i ostatních druhů je přirozeným procesem, stejně tak, jako jejich vznik. Tento proces však negativně a stále intenzivněji ovlivňuje lidská činnost a vymírání druhů se urychluje (Vitousek *et al.* 1997). Rostliny jsou velmi cenným zdrojem, neboť plní mnohé důležité funkce. Jsou významnými producenty kyslíku, tvoří základ potravní pyramidy coby primární producenti, jsou významným krajinným prvkem. Plní také estetickou funkci. Mnohé druhy jsou faktickým či potenciálním zdrojem léčivých i jinak využitelných látek. I druh zdánlivě bezvýznamný (např. málo početný, druh s relativně malou biomasou, atd.) může být druhem klíčovým pro fungování společenstva a jeho zánik může vést až k zániku celého společenstva. K ochraně diverzity by nás v neposlední řadě měly vést také etické důvody. Proto je třeba plně porozumět procesům v ekosystémech a optimálně nastavit management ochrany přírodního prostředí.

Ochranářským snahám by velmi prospělo, pokud by se podařilo prokázat, že diverzita společenstva má také funkční důsledky. Zájem je věnován vlivu diverzity (druhovému i funkčnímu) na fungování rostlinného společenstva (Walker 1992, Lawton, 1994, Tilman *et al.* 1994, Johnson *et al.* 1996, Bengtsson 1998, a další) a vlivu diverzity na stabilitu společenstva (Loreau 1996, Hooper & Vitousek 1997, Ives *et al.* 2000, aj.). Některé experimentální práce naznačují pozitivní vztah mezi druhovou bohatostí a produktivitou (Naeem *et al.* 1996; Loreau 1998a, 2000; Hector 1999; Waide *et al.* 1999). Jiné práce tyto výsledky diskutují (Grime 1997, Tilman 1997a, Loreau 1998b). Mnohdy dochází k vyloučení nejméně produktivních druhů a jejich ztráta pak nemá na celkovou produktivitu významný vliv (Lepš 2004a). Jiný efekt druhové bohatosti na luční společenstvo uvádí např. Tilman (1997a), kde popisuje rostoucí rezistenci vůči invazi s rostoucím počtem druhů ve společenstvu. Lanta & Lepš (2006) předkládají rostoucí produktivitu s rostoucím počtem funkčních skupin ve společenstvu.

Fungování rostlinného společenstva je velmi složité. Přes působení mnohých negativních interakcí na mezidruhovém i vnitrodruhovém úrovní se setkáváme s koexistencí velkého množství druhů. Otázkou samotné existence druhové bohatosti se zabývají např. Eriksson (1993) nebo Palmer (1994). Druhovou bohatost omezují tři základní faktory –

podmínky prostředí, kompetitivní vyloučení a omezení vyplývající ze *species pool** (Lepš 2004a). Přesto se např. v lučném společenstvu může vyskytovat i 60 rostlinných druhů na 1m² a na o něco větší ploše dokonce více než 100 druhů (Lepš 1999). Jednou z nejvýraznějších interakcí je kompetice o zdroje (viz. Connell 1983, Tilman 1987). Podle studie Kokkoris *et al.* (2002) však kompetice nemusí být nutně v opozitu k diverzitě a i velký počet druhů může koexistovat za současné silné kompetice. Další významnou negativní interakcí je alelopatie. Callaway (1995) však ve své práci uvádí několik případů, kdy alelopatie může být kompenzována facilitací. Facilitace, spolu se *sampling* efektem a *complementarity* efektem, se zdají být efekty klíčovými pro vysvětlení vlivu diverzity na stabilitu a fungování společenstva. Facilitace je efekt diverzity, kdy určité druhy pomáhají, či dovolují jiným druhům růst tím, že modifikují prostředí způsobem pro tyto koexistující druhy výhodným (Vandermeer 1989). Příkladem mohou být některé pouštní dvouděložné rostliny zmírňující vliv sucha a teplotní stres sousedním rostlinám, či druhy fixující dusík jako např. vikvovité. Vysvětlení *sampling* efektu, označovaného také jako *chance effect* spočívá v tom, že větší počet druhů zvětšuje pravděpodobnost přítomnosti druhu, který přirozeně vytváří velkou biomasu, nebo druhu, který bude v nepříznivých podmínkách schopný tyto nové podmínky tolerovat a produkovat biomasu (Lepš *et al.* 2001). Dalším efektem je tzv. *complementarity effect* (viz také *niche complementary*). Jeho odlišení od *sampling* efektu není vždy zcela jednoznačné (Loreau 1998b). *Complementary* efekt vyplývá z rozdělení niky a mezidruhových odlišností ve využívání zdrojů. V případě působení tohoto efektu jsou druhově bohaté směsi ve využívání zdrojů daleko účinnější (Tilman 1997b, Loreau 1998a, Fridley 2001, Van Peer *et al.* 2004). Rostoucí *complementarity* efekt s počtem funkčních skupin ve společenstvu uvádí Lanta & Lepš (2006). V některých pracích bývá v souvislosti s vlivem druhové bohatosti na stabilitu společenstva zmiňován ještě tzv. *portfolio effect* a tzv. *insurance hypothesis*. Rozdíl mezi *portfolio* a *insurance* efekty je velmi mlhavý, a spíše se zdá, že různí autoři použili různé termíny pro velmi podobné mechanismy. *Portfolio effect*, pojem odvozený z ekonomiky se projevuje zejména při změně podmínek ve fluktuujícím prostředí. Jeden druh zareaguje na vzniklé nepříznivé podmínky omezením růstu či snížením své biomasy, zatímco druhý začne na jeho úkor profitovat, aniž by tak byla výrazně ovlivněna celková biomasa, která zůstává stabilní (Tilman 1999). Tento druh přitom nemusí být sám o sobě nijak silný, díky ztrátě kompetitora a nově uvolněnému prostoru však může dostat příležitost projevit se. V měnícím se prostředí může mít druhová

* Jelikož pro řadu termínů neexistuje ustálená česká terminologie, užívám v některých případech anglických termínů (psáno kurzívou), abych se vyhnula výrazům typu "pojišťovací efekt"

bohatost také význam určité „pojistky“. Podle *insurance* hypotézy jistí stoupající druhová bohatost ekosystém před poklesem, či ztrátou jeho funkcí v měnícím se prostředí (Yachi & Loreau 1999).

Výše zmíněné jevy související s diverzitou ovlivňují stabilitu společenstva v měnícím se prostředí. Jedním z důležitých parametrů prostředí je teplota a vodní režim a jejich působení v čase. Vliv diverzity na fungování v podmínkách zvýšených teplot a sucha řeší např. Nijs *et al.* (1996), White *et al.* (2000), van Peer *et al.* (2004). Některé studie popisují větší stabilitu druhově bohatších společenstev na změny prostředí (Tilman 1996) a to i v odpovědi na sucho (Tilman & Downing 1994). V mé práci se soustředím na vliv diverzity na luční společenstvo vystavené stresovému působení sucha. Magisterská práce navazuje na práci bakalářskou a je jejím pokračováním. Studie proběhla ve dvou liniích a to v terénním a květináčovém pokuse. Terénní pokus byl založen a stále probíhá v lokalitě poblíž Benešova (okres Pelhřimov). Druhý pokus proběhl v jednoduchém růstovém zařízení s regulovanou teplotou a délkou osvitů. V obou případech sleduji vliv druhové i funkční diverzity, kdy druhová diverzita je v práci prezentována počtem druhů a funkční diverzita počtem funkčních skupin ve společenstvu. Sledována je produktivita společenstva v podobě nadzemní biomasy rostlin. Mimo produktivitu byla v terénním pokuse ještě studována rezistence společenstva vůči tlaku plevelných druhů a v květináčovém pokuse schopnost resilience společenstva po odeznění působení sucha.

2. Cíle práce

– v obou pokusech, terénním i květináčovém, jsem si kladla následující otázky:

- 1) Má druhová bohatost společenstva vliv na produkci biomasy?
- 2) Má funkční diverzita společenstva vliv na produkci biomasy?
- 3) Liší se testovaná společenstva při stresové zátěži nedostatkem vody svou produkcí v závislosti na svém druhovém bohatství?
- 4) Liší se testovaná společenstva při stresové zátěži nedostatkem vody svou produkcí v závislosti na jejich funkční diverzitě?

– v terénním pokusu jsem se navíc zajímala, zda

- 5) je rozdíl mezi společenstvy v míře odolnosti vůči tlaku plevelů

– v květináčovém pokusu jsem navíc sledovala, zda

- 6) se liší schopnost resilience studovaných společenstev

3. Metodika

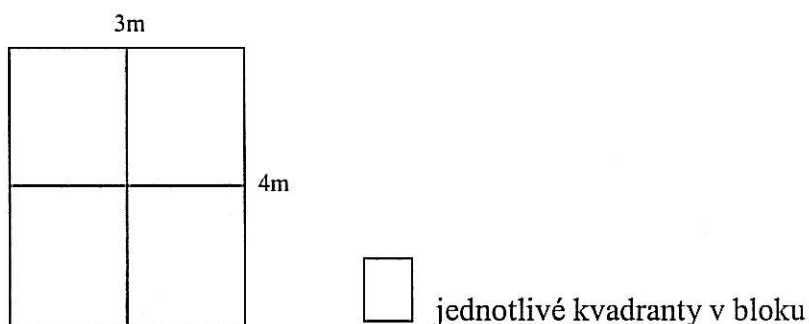
3.1. Terénní pokus

3.1.1. Popis lokality

Pokusná plocha se nachází v okrese Pelhřimov, na lokalitě asi 0,75 km jihozápadně od obce Benešov. GPS lokalizace: 49°19'51.16"N, 15°0'12.73". Tato lokalita leží v dosti otevřené krajině, velmi nepatrně se svažuje k jihu. Svými charakteristikami je zařaditelná do mezofytika. Nachází se v nadmořské výšce 659 m.n.m., s průměrnou roční teplotou 6,7 °C a ročním úhrnem srážek 759 mm. Pokus byl založen na opuštěném poli. Pole je ze tří stran obklopeno loukou, z jedné strany se pak nachází jiné pole, odděleno úzkým travinným pásem. Pole je zarůstáno plevelnými druhy a to např.: *Capsella bursa-pastoris**, *Cerastium sp.*, *Cirsium arvense*, *Chenopodium album*, *Matricaria chamomilla*, *Poa sp.*, *Polygonum aviculare*, *Sonchus arvensis*, *Taraxacum officinale*, *Trifolium repens*, *Tripleurospermum inodorum*, *Veronica sp.*, *Silene vulgaris*, *Viola tricolor* aj., ale zejména dominantním *Agropyron repens*.

3.1.2. Uspořádání pokusu

Pokus byl založen v roce 2002 na opuštěném poli. To bylo před vytyčením bloků zoráno a povláčeno bránami. Následně byla plocha dopleta ručním plením. Pokus je uspořádán systémem úplných znáhodněných bloků, celkem 24 bloků. Každý blok o rozměru 3 x 4 m sestává ze čtyř velikostně rovnocenných částí o rozměrech 1,5 x 2m (dále označovány jako „kvadranty“). Do těchto kvadrantů byly sety směsi o různém počtu druhů. Znázornění bloku viz Obr. 1.



Obr. 1: Půdorys bloku

* Nomenklatura podle Kubáta *et al.* 2002

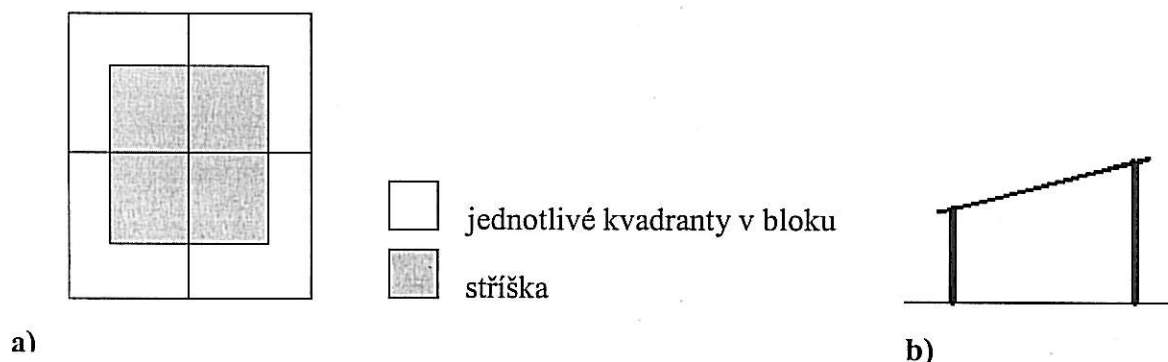
Do pokusu bylo vybráno celkem 12 druhů rostlin lučního společenstva ze tří funkčních skupin. Těmito skupinami jsou trávy, rostliny fixující dusík a růžicovité hemikryptofyty nefixující dusík. Z každé této skupiny byly vybrány 4 druhy. Přehled funkčních skupin a druhů viz Tab. 1. Následně byly sestaveny kombinace o různých počtech druhů, které představují různé hladiny druhové bohatosti. Těmito hladinami jsou 1 druh (v dalším textu „monokultura“), 3, 6 a 12 druhů. Třídruhové kombinace byly tvořeny buď z druhů jedné, nebo tří funkčních skupin, šestidruhové z druhů dvou nebo tří funkčních skupin. Nebyly použity všechny možné kombinace. Přehled použitých kombinací viz Příloha. Každá vybraná kombinace byla vyseta na jednom kvadrantu a to tak, že v bloku byla vždy náhodně umístěna jedna monokultura, jedna směs tří druhů, jedna směs šesti druhů a jedna dvanáctidruhová směs. Každá z monokultur měla v pokuse dvě opakování.

Druh	Zkratka	Terénní pokus	Květináčový pokus
trávy			
<i>Alopecurus pratensis</i>	<i>AlopPrat</i>	+	
<i>Festuca rubra</i>	<i>FestRub</i>	+	+
<i>Holcus lanatus</i>	<i>HolLan</i>	+	+
<i>Trisetum flavescens</i>	<i>TrisFlav</i>	+	
rostliny fixující dusík			
<i>Anthyllis vulneraria</i>	<i>AnthVul</i>	+	+
<i>Lathyrus pratensis</i>	<i>LathPrat</i>	+	
<i>Lotus corniculatus</i>	<i>LotCorn</i>	+	+
<i>Trifolium pratense</i>	<i>TrifPrat</i>	+	
růžicovité hemikryptofyty nefixující dusík			
<i>Hypochaeris radicata</i>	<i>HypRad</i>	+	+
<i>Leontodon autumnalis</i>	<i>LeonAut</i>	+	
<i>Lychnis flos-cuculi</i>	<i>LychFlos</i>	+	
<i>Plantago lanceolata</i>	<i>PlanLan</i>		+
<i>Plantago media</i>	<i>PlanMed</i>	+	

Tab. 1: Přehled stanovených funkčních skupin a použitých druhů, + značí použití druhu v daném pokuse.

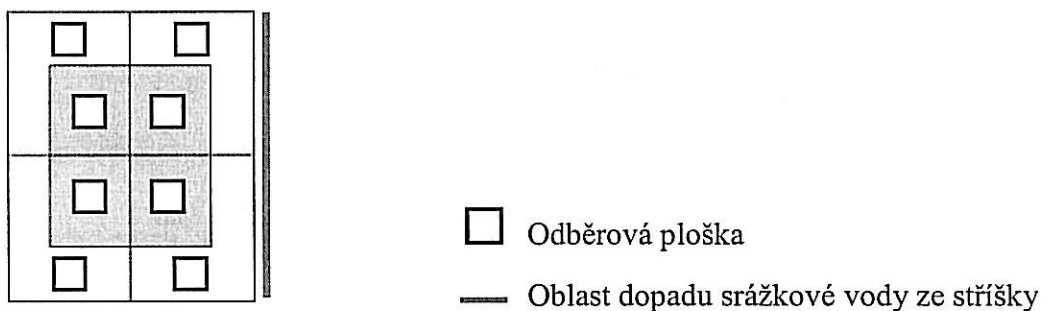
Bloky byly osety na přelomu listopadu a prosince 2002, aby měla semena možnost projít přirozenou dormancí. Semena rostlin byla seta v hustotě přibližně 2250 semen na 1m^2 . Semena k setí jsem vážila a to tak, že od daného druhu jsem napočítala 100 semen a zvažila. Vážení jsem zopakovala celkem třikrát a hodnoty zprůměrovala – to jsem provedla pro každý druh. Na základě toho jsem pak spočetla váhu semen potřebnou k osetí každého kvadrantu.

Na jaře (14. 5. 2003) byla uvnitř každého bloku do středu umístěna polyetylenová stříška o rozměru $1,5 \times 2\text{ m}$, sloužící k zamezení dopadu srážek (viz Obr. 2). V průběhu pokusu byla namátkově prováděna vizuální kontrola rozdílů vlhkosti pod stříškou a mimo stříšku. Dále bylo provedeno gravimetrické měření půdní vlhkosti, které ukázalo vysoce průkazný rozdíl vlhkosti půdy pod stříškou a mimo stříšku. Stříšky byly vždy v září odstraněny a v březnu příštího roku obnoveny. Sklon stříšek má shodnou orientaci. Artefaktem terénního uspořádání je vliv extrémních hodnot srážek. Při velmi nízkých srážkách je rozdíl pod a mimo stříšku přirozeně malý, při velmi vysokých srážkách dochází k významnému průsaku pod stříškou.



Obr. 2: a) umístění stříšky nad blokem, b) profil stříšky

Vývoj společenstev je sledován od roku 2003 pomocí odběrů biomasy. Ty proběhly v červenci 2003 a následující dva roky vždy v červenu a září (viz Tab. 2). Odběr biomasy byl proveden v každém kvadrantu z plošky $30 \times 30\text{ cm}$, vždy pod stříškou a mimo stříšku, s ohledem na případný *edge effect*. Náhled umístění plošek v bloku viz Obr. 3. Z oblasti dopadu vody odváděné ze stříšky nebyla biomasa odebírána. Vždy po odběrech biomasy byly celé plochy pokoseny. Jednotlivé vzorky byly rozebrány do druhů. Biomasu jsem sušila 24h při 105°C a zvažila.



Obr. 3: Umístění odběrových plošek v bloku

3.1.3. Statistické vyhodnocení

Data o složení rostlinných společenstev, jejich biomase a reakci na experimentální zásah jsem zpracovala pomocí statistického programu STATISTICA ver. 7 (StatSoft, 2005). Pro vyhodnocení vztahu mezi získanými daty a vysvětlujícími proměnnými jsem použila ANOVu, model pro opakovaná pozorování (*repeated measurements*), ve kterém byly srovnány reakce vytvořených společenstev na zátěžové působení nedostatku vláhy a schopnost těchto společenství vypořádat se s přítomností plevelů. Při vyhodnocování pracuji s hodnotami suché biomasy z plochy 900 cm², tyto hodnoty jsou upraveny logaritmickou transformací dat $\log(x+1)$. Pro zjednodušení popisu y-souřadnice píšu v grafech terénního pokusu jen logaritmus, ale jedná se o transformovaná data výše uvedeným způsobem.

V práci sleduji produktivitu konstruovaných společenstev v podobě nadzemní biomasy rostlin. Rozdíl v relativním zastoupení setých druhů v kontrolních a suchem ovlivněných společenstev (tj. pod stříškou a mimo stříšku) charakterizují pomocí *chord distance* setých druhů – Eukleidovskou distancí po standardizaci na jednotku vektoru (Lepš & Šmilauer 2003). Při hodnocení *chord distance* neuvažuji monokultury, neboť se u nich z definice nemůže měnit poměrové zastoupení druhů. Dalším z hodnocených parametrů je absolutní diference, počítaná jako rozdíl mezi sumární biomasou setých druhů pod stříškou a sumární biomasou setých druhů mimo stříšku. Z důvodu rozdílů mezi hodnotami biomasy by bylo vhodné použít i relativní diferenci, její použití však naráží na problém přítomnosti nulových hodnot setých druhů v některých čtvcích. Toto se v současnosti řeší a s použitím relativní diference do budoucna počítám. Obdobná situace platí pro diferenci logaritmů hodnot biomasy.

V testech zohledňuji jak druhovou bohatost, tak funkční diverzitu. Druhovou bohatostí mám v práci na mysli počet setých druhů (v terénním pokuse celkem 4 hladiny o různých počtech druhů, viz Příloha), funkční diverzitou míním počet vymezených funkčních skupin setých druhů ve společenstvu (viz Tab.1). Kromě tohoto vymezení existují i jiné způsoby, jak vyjádřit funkční diverzitu, výše jmenovaný je však jeden z nejčastěji používaných (Botta-Dukát 2005). Za kategorizaci tedy považuji buď hlavní skupiny lišící se počtem setých druhů (1, 3, 6 a 12 druhů) a nebo skupiny lišící se počtem funkčních skupin do nichž přítomné seté druhy přísluší. Jako vysvětlující proměnnou jsem v testech použila druhovou bohatost a funkční diverzitu odděleně, neboť tyto proměnné jsou korelovány. Za *repeated measurement* („within subject“) faktory jsem považovala polohu pod/mimo stříšku a odběr. Polohu pod/mimo stříšku považuji za faktor sucho/voda, který pak používám zejména v grafech. Jako další faktor jsem užila čas (celkem pět odběrů). Jednotlivé odběry jsou v grafech značeny zkratkami viz Tab. 2. Počet druhů je ve všech analýzách použit jako kategoriální proměnná. Pro znázornění tendencí jsem použila tzv. *interaction plots* zahrnující 95% konfidenční intervaly. Pro názornost uvádím *interaction plots* představující jak efekt počtu setých druhů/funkčních skupin setých druhů, tak efekt sucha při různých počtech setých druhů/funkčních skupin, přestože oba v podstatě vyjadřují totéž. Důvodem je přehlednější náhled na vliv výše uvedených faktorů, v prvním *interaction plots* je zřetelnější efekt počtu druhů, v druhém pak efekt sucha. Pokud v *interaction plots* spojuji pozorování různé druhové bohatosti se stejnou hladinou druhého faktoru, neznázorňuji tím interpolaci, ale usnadňuji tím vizualizaci interakce – pokud jsou jevy aditivní (tj. není žádná interakce), potom jsou spojující čáry rovnoběžné. Ze stejného důvodu spojuji jednotlivé odběry, přestože zcela nezachycují kontinuální vývoj.

Odběr biomasy	Datum	Zkratka použitá v grafu
1	15. 7. 2003	c03
2	21. 6. 2004	c04
3	11. 9. 2004	z04
4	18. 6. 2005	c05
5	10. 9. 2005	z05

Tab. 2: Přehled odběrů biomasy v terénním pokusu

3.2. Květináčový pokus

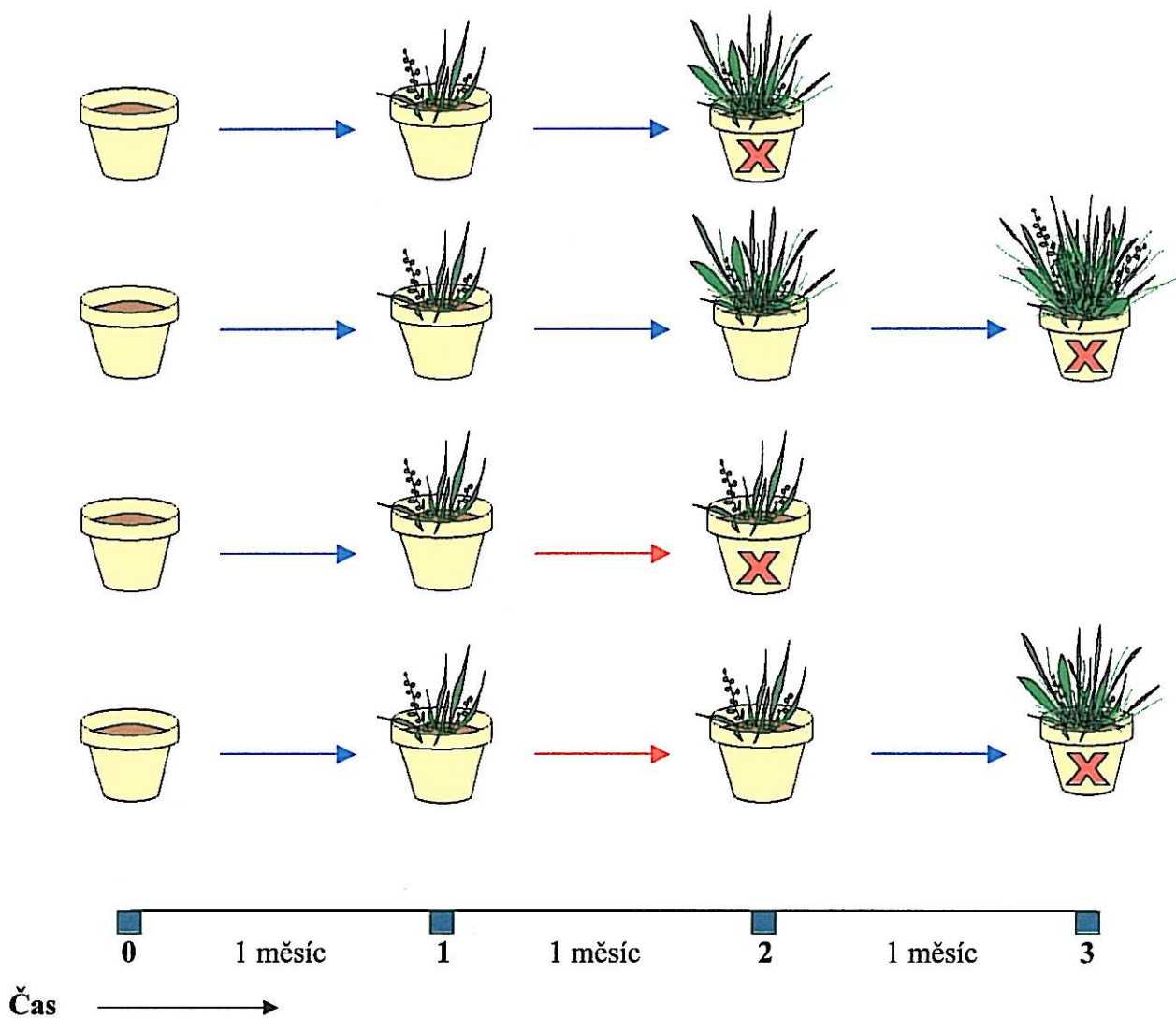
3.2.1. Podmínky růstu

Pokus proběhl v prostředí jednoduchého růstového zařízení s řízenými podmínkami prostředí, tedy teplotou a dobou osvitů. Teplota byla udržována na 23°C, pravidelný světelný režim (1x za den po dobu 12 hodin) byl pro rostliny zajišťován prostřednictvím speciálních zářivek (OSRAM POWERSTAR HQI-TS 150W/NDL).

3.2.2. Uspořádání pokusu

Do pokusu bylo vybráno 6 druhů rostlin lučního společenstva ze tří funkčních skupin (viz Tab. 1). Tyto funkční skupiny jsou shodné se skupinami stanovenými v terénním pokusu. Narozdíl od terénního pokusu však byly užity tři hladiny druhové bohatosti a to 1, 2 a 6 druhů. Byly vytvořeny monokultury od každého druhu, všechny možné kombinace směsí dvou druhů z jedné funkční skupiny a směsí dvou druhů ze dvou funkčních skupin a dále směsi všech šesti druhů. Monokultury měly 3 opakování (= 3 sady o čtyřech květináčích, prostorově na sobě nezávislých; vždy dva květináče spárované – jeden květináč s přerušenu zálivkou a jeden kontrolní), směsi dvou druhů z jedné funkční skupiny 4 opakování a směsi dvou druhů ze dvou různých funkčních skupin 2 opakování, směs šesti druhů 12 opakování. Celkem 264 květináčů.

Květináče (horní rozměr 10x10cm, dolní rozměr 8x8cm, hloubka 8,5cm) byly osety v září 2005. Hustota osevu byla 60 semen na květináč. Po zasetí byly rostliny ponechány přirozenému vývoji po dobu jednoho měsíce. Zálivka probíhala 2x týdně. Poté jsem u poloviny květináčů zálivku přerušila. Druhou polovinu květináčů jsem zalévala i nadále 2x týdně. Toto období trvalo jeden měsíc. Nato jsem odebrala vzorky v podobě nadzemní biomasy rostlin (v rozsahu celého květináče) z poloviny zalévaných a poloviny nezalévaných květináčů. U zbylých nezalévaných květináčů jsem obnovila zálivku, u zalévaných květináčů zálivka pokračovala. Po měsíci, který byl určen na obnovu rostlin vystavených suchu, byla odebrána nadzemní biomasa ze všech zbylých květináčů. V průběhu pokusu bylo prostorové rozmístění květináčů pětkrát změněno za účelem minimalizace případných rozdílů podmínek prostředí. Schéma průběhu pokusu viz Obr. 4.



Obr. 4: Schéma znázorňuje sadu květináčů. 0 – zasetí semen, 1 – zahájení pokusu, 2 – 1. odběr biomasy, 3 – 2. odběr biomasy. Modrá šipka – probíhající zálivka, červená šipka – přerušená zálivka. X – odběr biomasy.

3.2.3. Statistické vyhodnocení

Data o složení rostlinných společenstev, jejich biomase a reakci na experimentální zásah byla zpracována pomocí statistického programu STATISTICA 7 (StatSoft., 2005). Pro vyhodnocení vztahu mezi získanými daty a vysvětlujícími proměnnými jsem použila ANOVu, model pro opakovaná pozorování (*repeated measurements*), ve kterém byly srovnány reakce různě druhově bohatých skupin na zátěžové působení nedostatku vláhy. Při vyhodnocování pracuji s hodnotami suché biomasy z plochy 900 cm², tyto hodnoty jsou zlogaritmovány dekadickým logaritmem. Transformaci $\log(x+1)$ nepoužívám. Pro znázornění tendencí jsem použila *interaction plots*, zobrazující 95% konfidenční intervaly. V testech zohledňuji jak druhovou bohatost, tak funkční diverzitu. Druhovou bohatostí mám v práci na mysli počet setých druhů (v květináčovém pokuse celkem 3 hladiny o různých počtech druhů, viz Příloha), funkční diverzitou míním počet vymezených funkčních skupin setých druhů ve společenstvu (viz Tab.1). Počet druhů je ve všech analýzách použit jako kategoriální proměnná. Přerušeni/nepřerušeni závlivky považuji za faktor sucho/voda, který pak používám zejména v grafech. Jako další faktor jsem užila čas (celkem dva odběry). V práci sleduji produktivitu konstruovaných společenstev v podobě nadzemní biomasy rostlin. Rozdíl v relativním zastoupení setých druhů v kontrolních a suchem ovlivněných společenstev (v květináčích s přerušenu závlivkou) charakterizují pomocí *chord distance* setých druhů (viz 3.1.3. Statistické hodnocení – terénní pokus). Dalším z hodnocených parametrů je absolutní diference, počítaná jako rozdíl mezi sumární biomasou setých druhů z květináčů s přerušenu a nepřerušenu závlivkou. Za míru citlivosti směsi vůči suchu je možné považovat diferenci logaritmů zalévaných a nezalévaných květináčů stejného druhového složení. Diference logaritmů odpovídá relativní změně produktivity. V případě, kdy bylo více květináčů téhož druhového složení více než jeden v zásahu, provedla jsem spárování náhodně. Samostatný test – porovnání logaritmovaných hodnot biomasy květináčů s přerušenu/nepřerušenu závlivkou – jsem věnovala i dvoudruhovým směsím. Ty se liší hladinou funkční diverzity a mě zajímalo, zda má na celkovou biomasu v květináči vliv, zda oba druhy pocházejí ze stejné či dvou různých funkčních skupin.

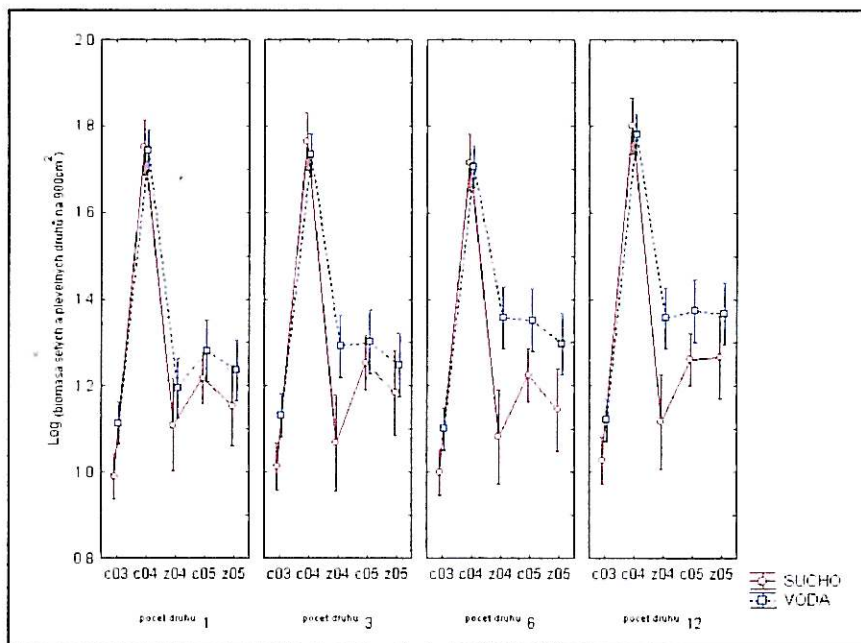
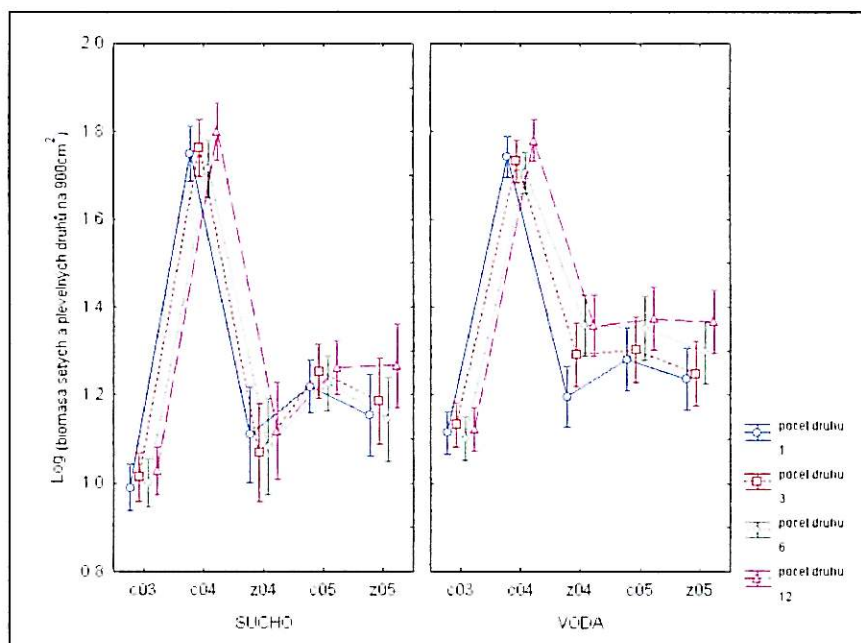
4. Výsledky

4.1. Terénní pokus

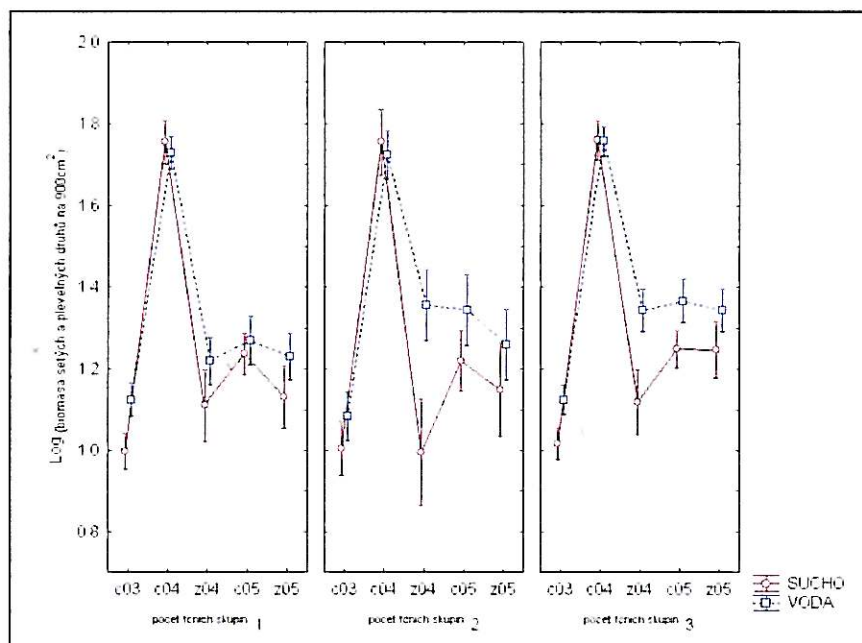
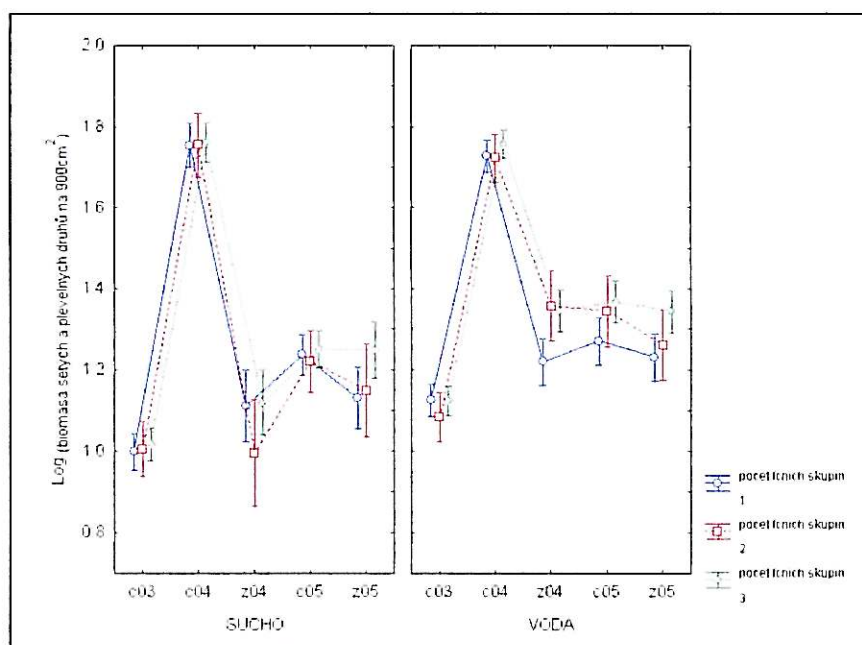
V terénním pokusu obsahují rostlinná společenstva mimo seté druhy také druhy, které v průběhu pokusu do bloků invadovaly, a nebo druhy, které tam byly přítomny již v době založení, ať už v podobě semen či vegetativních orgánů. V práci jsem se zajímala jak o seté druhy i o druhy plevelné. Při testech srovnávajících sumu biomas setých a plevelných druhů z odběrových plošek pod stříškou a mimo ně se průkazně projevila ($p < 0,01$) účinnost stříšek (Obr. 5, 6). Průkazný byl vliv stříšek i v testech srovnávajících suchou biomasu setých druhů pod/mimo stříšku (Obr. 7, 8). Bez průkazného vlivu jsou stříšky při srovnání biomas plevelných druhů, viz obrázky 9 a 10.

Vysoké hodnoty biomas z červnového odběru v roce 2004 (viz Obr. 5 a 6) jsou zřejmě způsobeny vyššími hodnotami srážek na začátku tohoto roku oproti poměrně suchému roku 2003. Zřetelná byla odpověď především u plevelných druhů (Obr. 9, 10), zatímco u setých druhů není tak výrazná (Obr. 7, 8). Na srážky bohatý červenec 2005 neměl na biomasu plevelných druhů (odběr září téhož roku) patrný vliv. Přehled měsíčních úhrnů srážek v letech 2003 – 2005 znázorňuje Obr. 26.

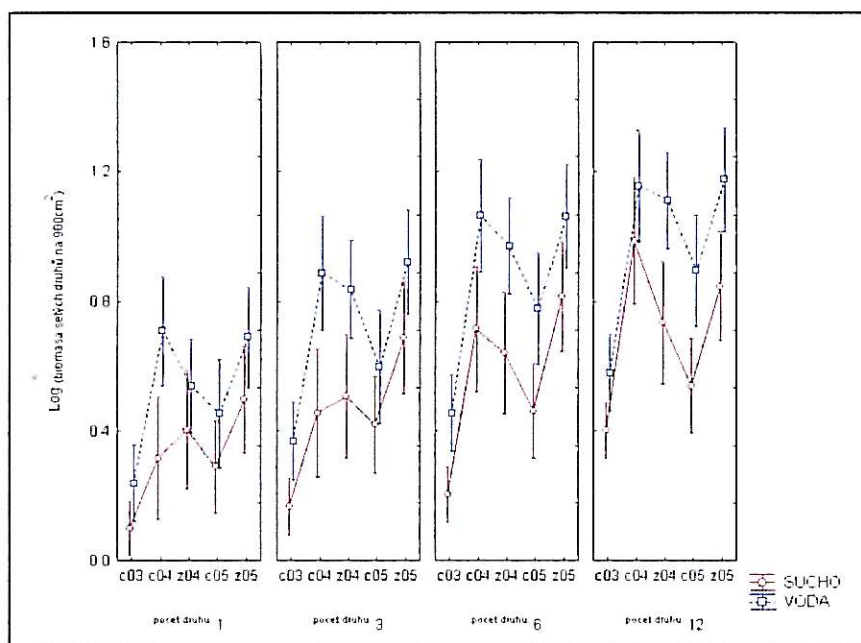
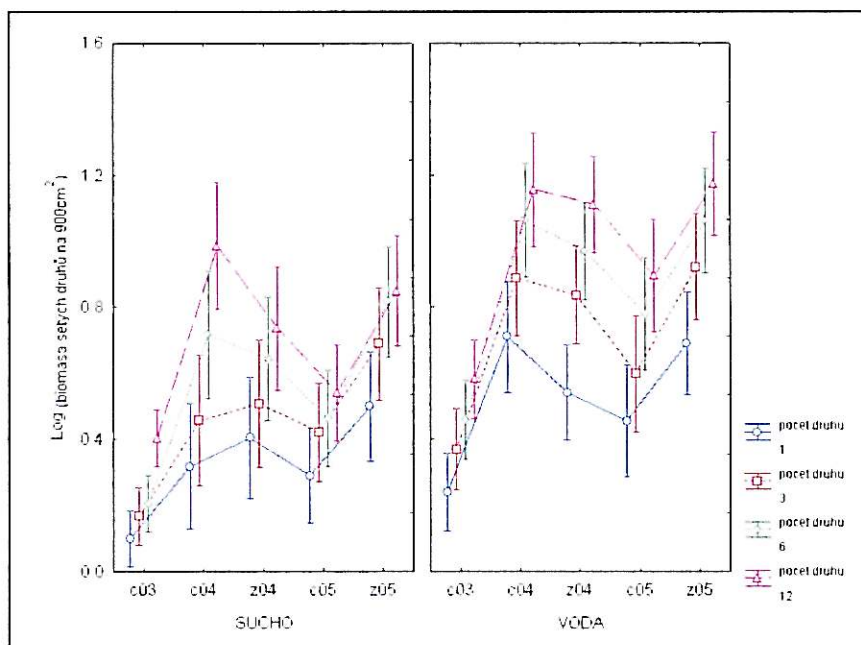
Obr. 7 a 8 ukazují srovnání biomas setých druhů pod a mimo stříšku. Kromě vlivu sucha se signifikantně ($p < 0,01$) prokázal vliv druhové bohatosti i počtu funkčních skupin na hmotnost suché biomas setých druhů. Nezávisle na lokalizaci pod/mimo stříšku, byla obecně biomasa u monokultur nejmenší, dále vzrůstala a největších hodnot dosahovaly biomasu u 12-ti druhových směsí. Ty byly v porovnání s biomasou monokultur podstatně větší (Obr. 7). Tato tendence platí i pro hladiny funkční diverzity z odběrových plošek mimo stříšku. Pod stříškou platí pouze, že největší hodnota biomas je vždy u odběrů ze společenstva obsahující druhy ze tří funkčních skupin (Obr. 8). Interakci sucha a druhové bohatosti, ani interakci sucha a počtu funkčních skupin se však nepodařilo prokázat. Průkazná není ani interakce sucha, počet druhů/funkčních skupin a čas.



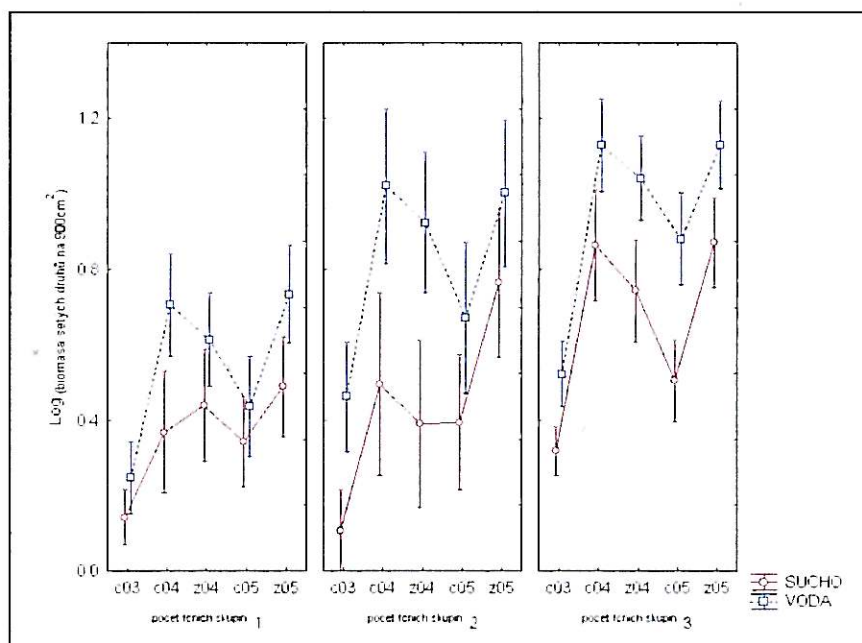
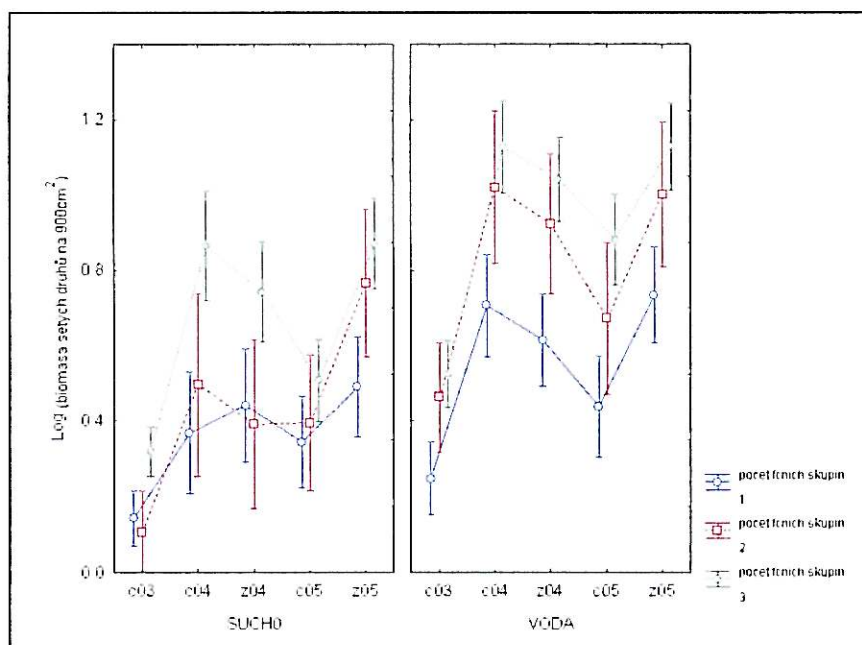
Obr. 5: Porovnání celkové biomasy (tj. sumy biomasy plevelných a setých druhů) v závislosti na počtu setých druhů ve společenstvu, pod stříškou (SUCHO) a mimo stříšku (přítomnost srážek – VODA). Počet druhů: $F(3,92) = 3,28$; $p = 0,0243$; Sucho: $F(1,92) = 62,63$; $p = 0,0001$; Interakce(sucho*počet druhů): $F(3,92) = 1,115$; $p = 0,3472$; Čas: $F(4,368) = 455,03$; $p = 0,0001$; Interakce (počet druhů*čas): $F(12,368) = 0,9519$; $p = 0,531$; Interakce(sucho*čas): $F(4,368) = 11,372$; $p = 0,0001$; Interakce(sucho*počet druhů*čas): $F(12,368) = 0,8$; $p = 0,6462$



Obr. 6: Porovnání celkové biomasy (tj. sumy biomasy plevelných a setých druhů) v závislosti na počtu funkčních skupin setých druhů ve společenstvu, pod stříškou (SUCHO) a mimo stříšku (přítomnost srážek – VODA). Funkční skupiny: $F(2,93) = 4,87$; $p = 0,0097$; Sucho: $F(1,93) = 58,04$; $p = 0,0001$; Interakce(sucho*počet funkčních skupin): $F(2,93) = 1,8268$; $p = 0,1667$; Čas: $F(4,372) = 385,85$; $p = 0,0001$; Interakce(čas*počet funkčních skupin): $F(8,372) = 1,3779$; $p = 0,2046$; Interakce(sucho*čas): $F(4,372) = 12,716$; $p = 0,0001$; Interakce(sucho*čas*počet funkčních skupin): $F(8,372) = 1,74$; $p = 0,0871$



Obr. 7: Porovnání biomasy setých druhů v závislosti na počtu setých druhů ve společenstvu, pod stříškou (SUCHO) a mimo stříšku (přítomnost srážek – VODA). Počet druhů: $F(3,92) = 19,065$; $p = 0,0001$; Sucho: $F(1,92) = 93,856$; $p = 0,0001$; Interakce(sucho*počet druhů): $F(3,92) = 0,5793$; $p = 0,6301$; Čas: $F(4,368) = 59,8$; $p = 0,0001$; Interakce(počet druhů*čas): $F(12,368) = 0,8467$; $p = 0,6021$; Interakce(sucho*čas): $F(4,368) = 1,5481$; $p = 0,1877$; Interakce(sucho*počet druhů*čas): $F(12,368) = 1,0736$; $p = 0,3812$

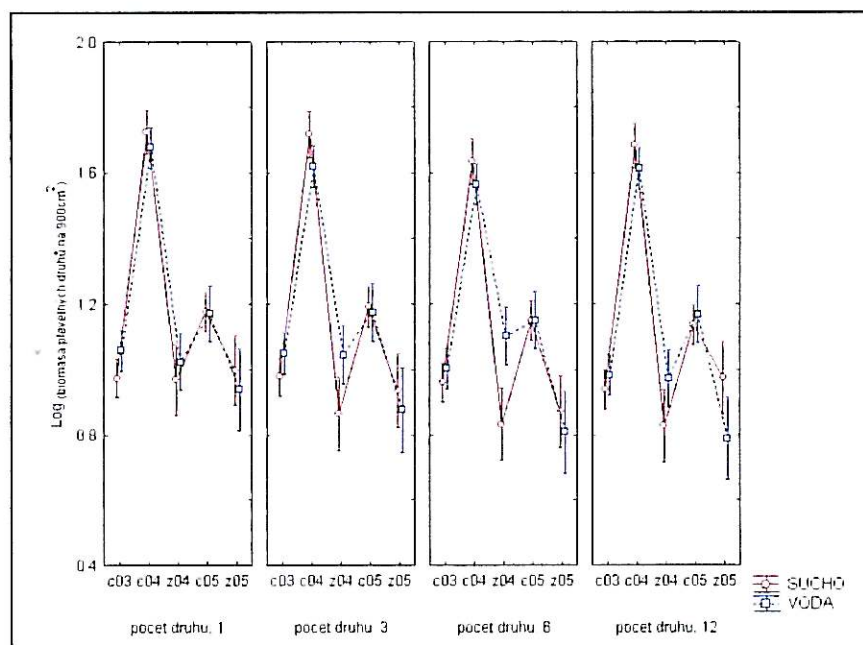
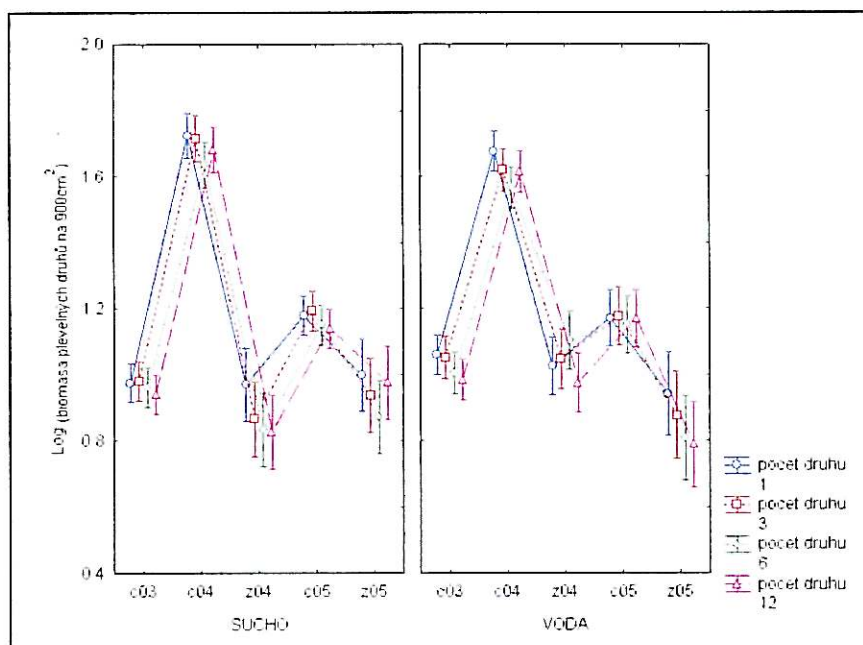


Obr. 8: Porovnání biomasy setých druhů v závislosti na počtu funkčních skupin setých druhů ve společenstvu, pod stříškou (SUCHO) a mimo stříšku (přítomnost srážek – VODA). Funkční skupiny: $F(2,93) = 29,658$; $p = 0,0001$; Sucho: $F(1,93) = 95,983$; $p = 0,0001$; Interakce(sucho*počet funkčních skupin): $F(2,93) = 3,2368$; $p = 0,438$; Čas: $F(4,372) = 50,188$; $p = 0,0001$; Interakce(počet funkčních skupin*čas): $F(8,372) = 1,2931$; $p = 0,2455$; Interakce(sucho*čas): $F(4,372) = 2,0201$; $p = 0,091$; Interakce(sucho*počet funkčních skupin*čas): $F(8,372) = 1,7069$; $p = 0,0952$

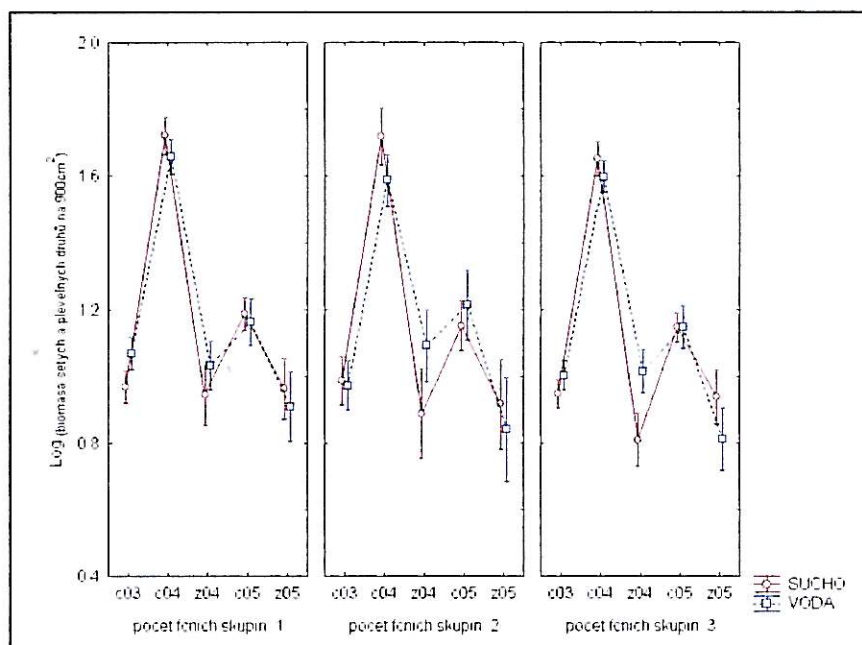
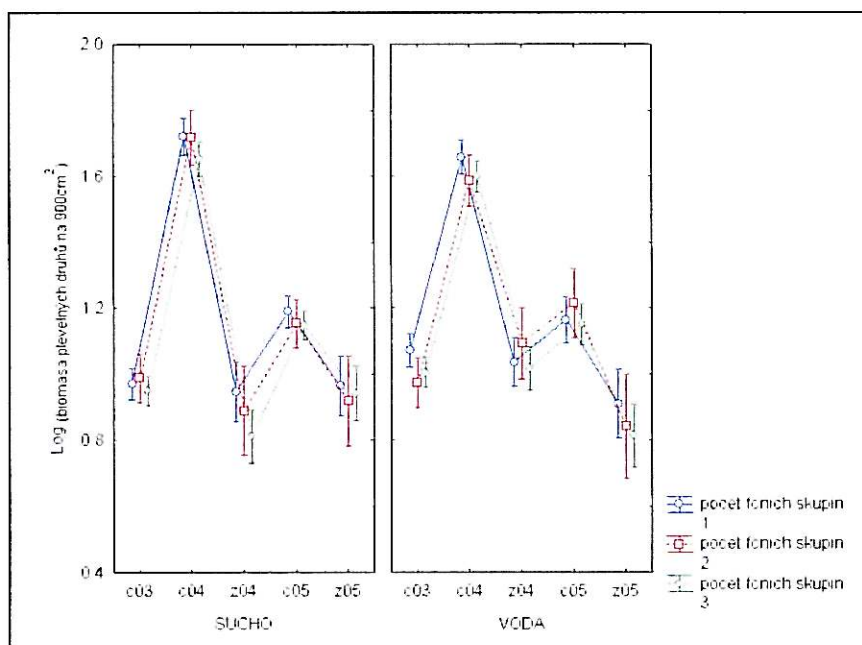
Obr. 9 a 10 znázorňují srovnání biomasy plevelných druhů pod a mimo stříšku. Počet setých druhů, ani počet funkčních skupin setých druhů nemělo na suchou biomasu plevelných druhů průkazný vliv. Interakce sucha a druhové bohatosti i interakce sucha a počtu funkčních skupin je neprůkazná. Průkazná není ani interakce sucho, počet druhů/funkčních skupin a čas.

Závislost absolutní diference biomasy setých druhů na počtu druhů ani na počtu funkčních skupin se nepodařilo prokázat. Vliv počtu funkčních skupin se nepodařilo prokázat jen těsně. Situaci zachycují obrázky 11 a 12.

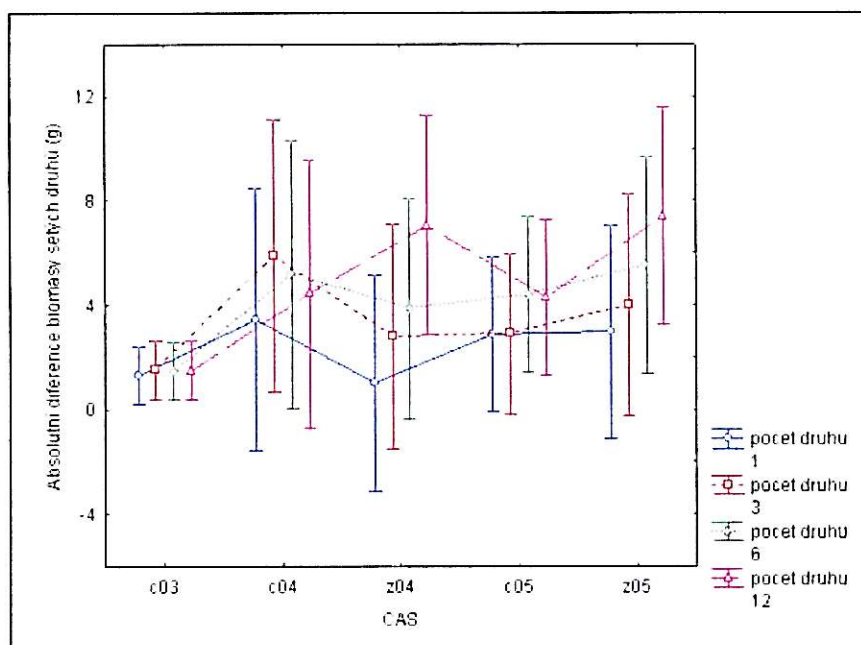
Analýza rozdílu druhového složení společenstev pod stříškou a mimo stříšku charakterizovaná pomocí *chord distance* ukazuje vysoce průkazný vliv počtu druhů ($p \ll 0,01$), vliv funkčních skupin je průkazný také ($p < 0,05$). Jejich interakce s časem je však v obou případech neprůkazná. Míra změny proporcí ve složení společenstva stoupá s počtem setých druhů (Obr. 13). Tato tendence není u funkčních skupin tak výrazná (Obr.14).



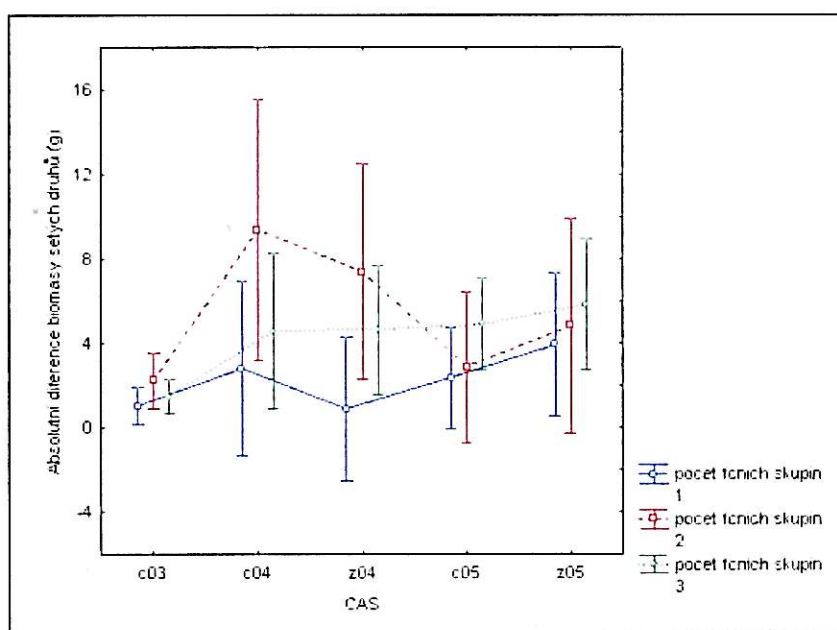
Obr. 9: Porovnání biomasy plevelných druhů v závislosti na počtu setých druhů ve společenstvu, pod stříškou (SUCHO) a mimo stříšku (přítomnost srážek – VODA). Počet druhů: $F(3,92) = 2,2507$; $p = 0,0877$; Sucho: $F(1,92) = 0,8995$; $p = 0,3454$; Interakce(sucho*počet druhů): $F(3,92) = 0,4684$; $p = 0,7051$; Čas: $F(4,368) = 383,45$; $p = 0,0001$; Interakce(počet druhů*čas): $F(12,368) = 0,6563$; $p = 0,7930$; Interakce(sucho*čas): $F(4,368) = 16,265$; $p = 0,0001$; Interakce(sucho*počet druhů*čas): $F(12,368) = 1,0999$; $p = 0,3588$



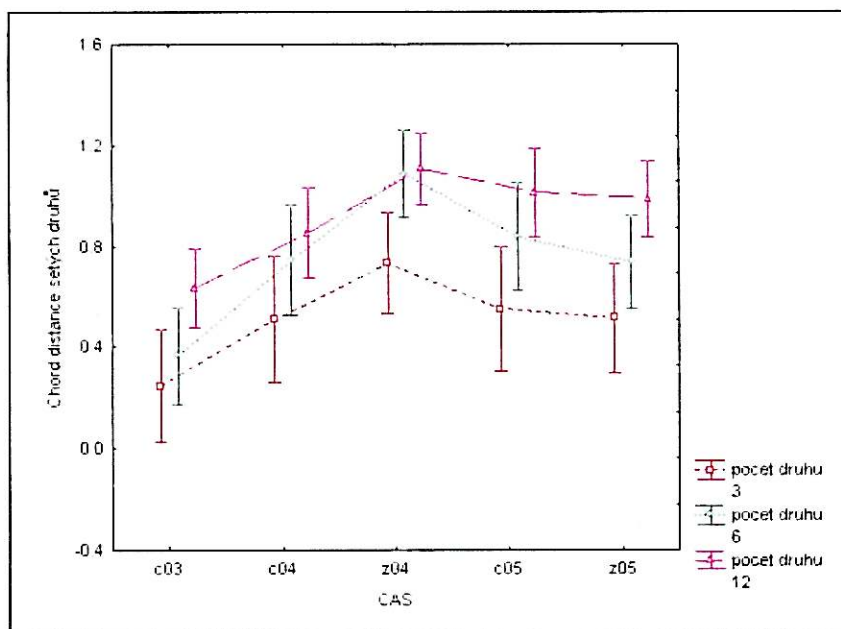
Obr. 10: Porovnání biomasy plevelných druhů v závislosti na počtu funkčních skupin setých druhů ve společenstvu, pod stříškou (SUCHO) a mimo stříšku (přítomnost srážek – VODA). Funkční skupiny: $F(2,93) = 2,8689$; $p = 0,0618$; Sucho: $F(1,93) = 0,6262$; $p = 0,4308$; Interakce(sucho*počet funkčních skupin): $F(2,93) = 0,337$; $p = 0,9660$; Čas: $F(4,372) = 317,69$; $p = 0,0001$; Interakce(počet funkčních skupin*čas): $F(8,372) = 0,3708$; $p = 0,9357$; Interakce(sucho*čas): $F(4,372) = 13,856$; $p = 0,0001$; Interakce(sucho*počet funkčních skupin*čas): $F(8,372) = 1,439$; $p = 0,1786$



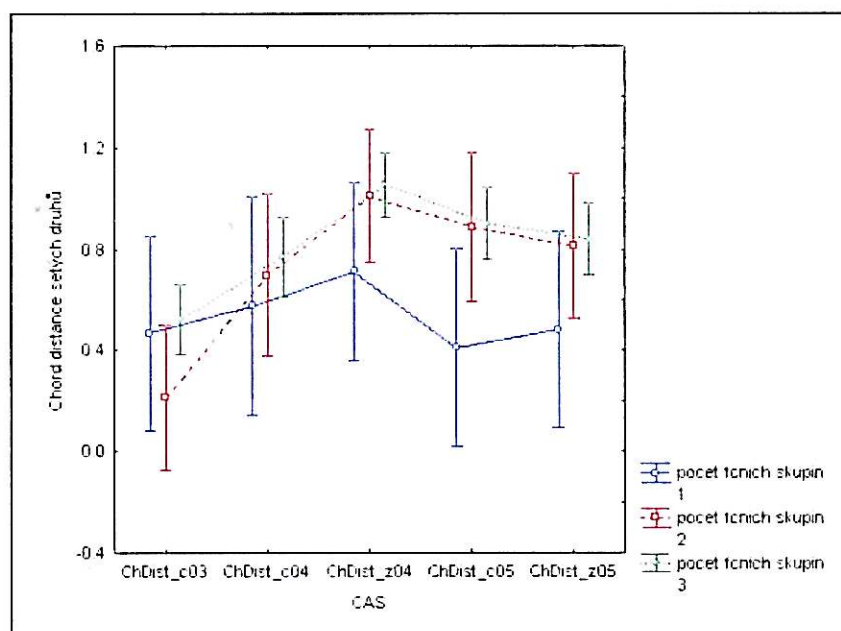
Obr. 11: Absolutní diference biomasy setých druhů v závislosti na počtu setých druhů ve společenstvu, pod stříškou (SUCHO) a mimo stříšku (přítomnost srážek – VODA). Počet druhů: $F(3,92) = 1,1773$; $p = 0,3228$; Čas: $F(4,368) = 2,4333$; $p = 0,0471$; Interakce (počet druhů*čas): $F(12,368) = 0,4567$; $p = 0,9386$



Obr. 12: Absolutní diference biomasy setých druhů v závislosti na počtu funkčních skupin setých druhů ve společenstvu, pod stříškou (SUCHO) a mimo stříšku (přítomnost srážek – VODA). Funkční skupiny: $F(2,93) = 2,8084$; $p = 0,0654$; Čas: $F(4,372) = 2,5189$; $p = 0,041$; Interakce(počet funkčních skupin*čas): $F(8,372) = 0,92$; $p = 0,4998$



Obr. 13: Chord distance setých druhů v závislosti na počtu setých druhů ve společenstvu, pod stříškou (SUCHO) a mimo stříšku (přítomnost srážek – VODA). Počet druhů: $F(3,56) = 46,404$; $p = 0,0001$; Čas: $F(4,224) = 8,5149$; $p = 0,0001$; Interakce(počet druhů*čas): $F(12,224) = 0,8705$; $p = 0,5778$



Obr. 14: Chord distance setých druhů v závislosti na počtu funkčních skupin ve společenstvu, pod stříškou (SUCHO) a mimo stříšku (přítomnost srážek – VODA). Funkční skupiny: $F(2,49) = 3,3291$; $p = 0,0441$; Čas: $F(4,196) = 5,8469$; $p = 0,0002$; Interakce(počet funkčních skupin*čas): $F(8,196) = 0,8326$; $p = 0,5749$

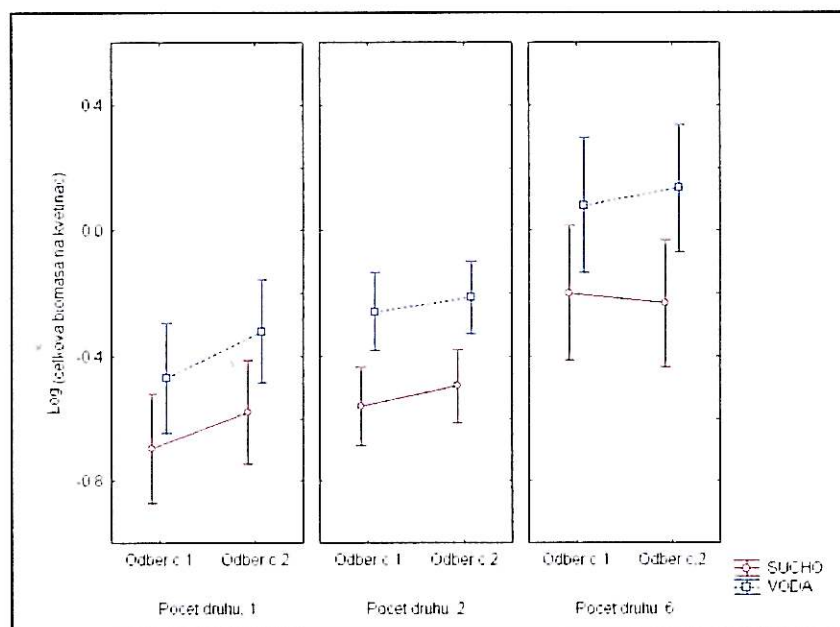
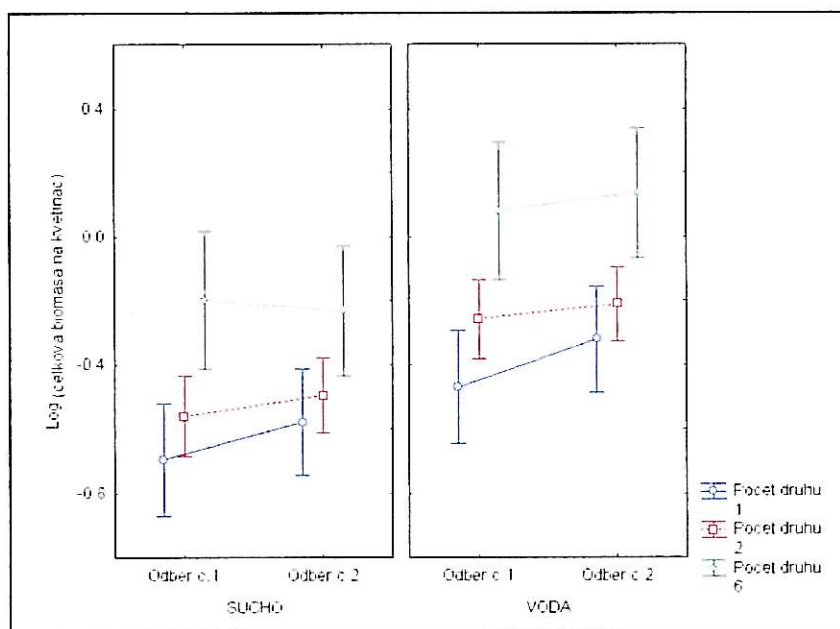
4.2. Květináčový pokus

Přerušení záливky vedlo k průkaznému snížení biomasy ($p < 0,01$, Obr. 15, 16) oproti kontrolním květináčům s nepřerušenu zálvkou. Vliv počtu druhů i funkčních skupin v seté směsi je průkazný ve srovnání logaritmovaných hodnot suchých biomas ($p < 0,01$). Z Obr. 15 je patrný růst biomasy s počtem druhů, který se projevil i v terénním pokusu. Šestidruhové směsi dosahovaly oproti monokulturám a dvoudruhovým směsím výrazně větších hodnot. Obdobná je situace u počtu funkčních skupin. Biomasa setých druhů roste s počtem funkčních skupin (Obr. 16). Tato situace platí u zalévaných květináčů i květináčů s přerušenu zálvkou. Interakci počtu druhů/funkčních skupin a času se nepodařilo prokázat. Z Obr. 15 je patrná špatná vyrovnávací schopnost šestidruhových směsí s přerušenu zálvkou a malé přírůstky biomasy u monokultur a dvoudruhových směsí ve srovnání s květináči bez přerušenu zálvky. Obrázek 16 zachycuje podobnou situaci u testovaného vlivu počtu funkčních skupin.

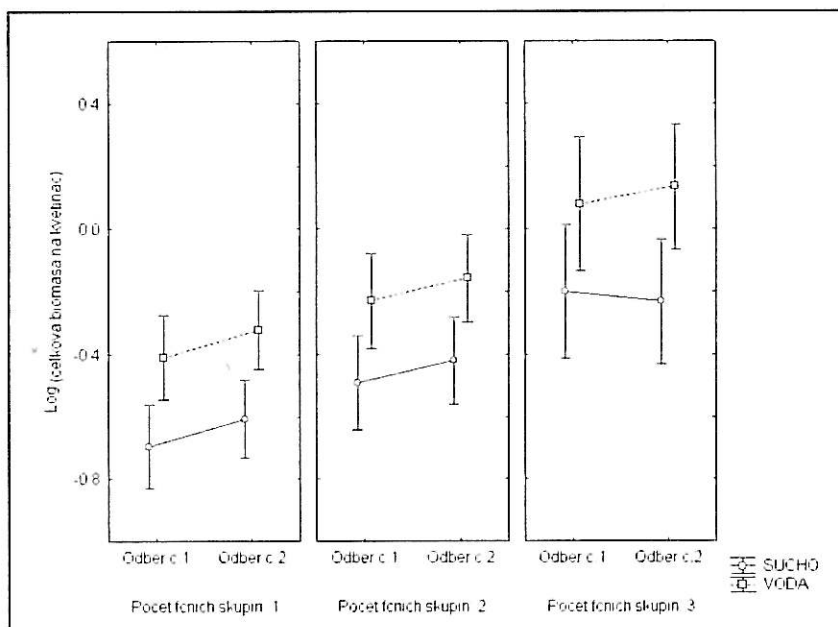
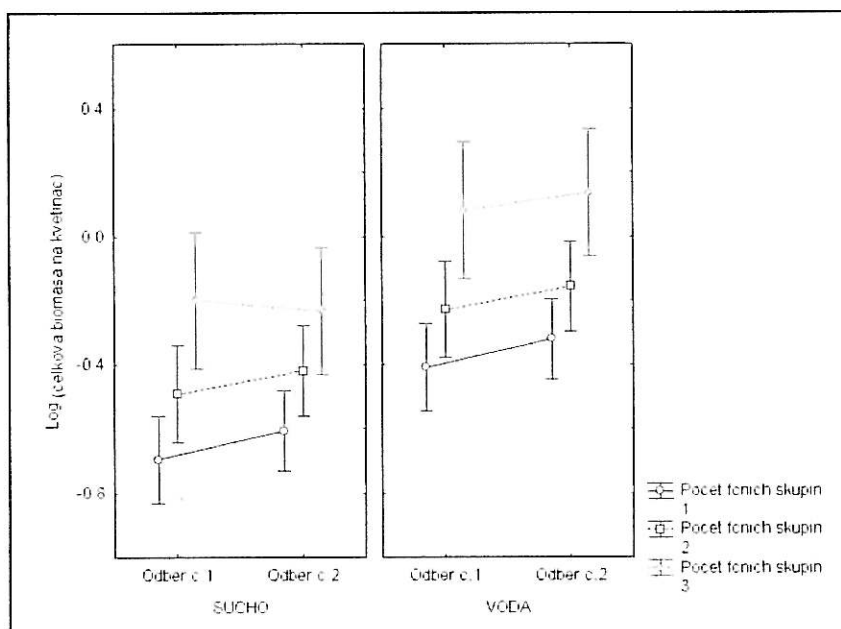
Při testování difference biomas zalévaných a nezalévaných květináčů je statisticky významný vliv ($p < 0,01$) počtu druhů/funkčních skupin, jejich interakce s časem je však neprůkazná (Obr. 17, 18). Testování difference logaritmů biomas průkazné výsledky také nepřineslo (Obr. 19, 20). Průkazná není ani interakce počtu druhů/funkčních skupin a času v testované absolutní diferenci (Obr. 21 a 22). V případě absolutní difference je průkazný vliv počtu druhů ($p < 0,05$), vliv počtu funkčních skupin průkazný není.

Rozdíl v relativním zastoupení setých druhů v květináčích s přerušenu a nepřerušenu zálvkou - *chord distance* - nevykazuje v odpovědi na počet setých druhů ani počet funkčních skupin průkaznou závislost (Obr. 23, 24). Její změna v čase je také neprůkazná.

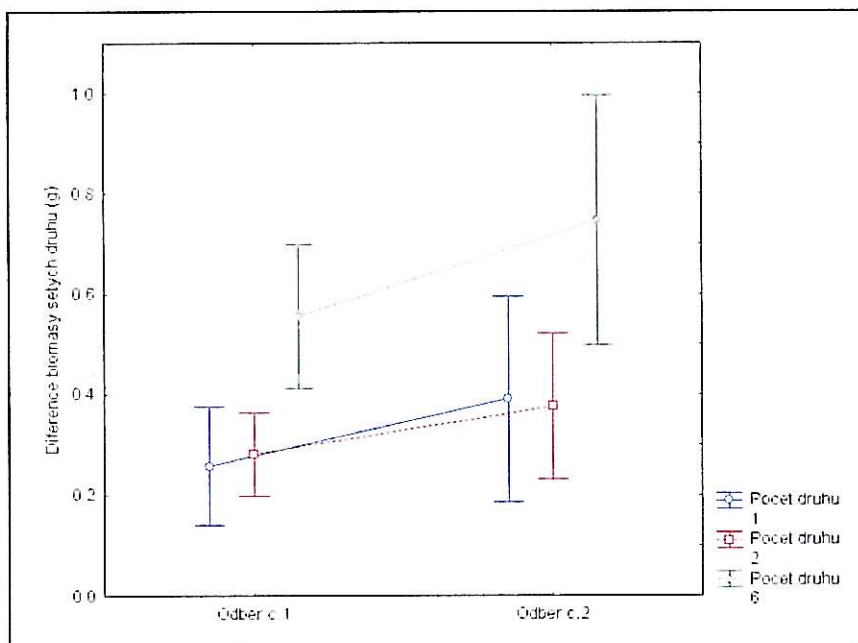
Při srovnání dvoudruhových směsí se nepodařilo prokázat vliv funkčních jen velmi těsně. Rozdíl logaritmovaných hodnot biomas druhů ze dvou skupin funkční skupiny v květináčích s přerušenu a nepřerušenu zálvkou je menší, než u biomas druhů pocházejících z jedné funkční skupiny (Obr. 25). Logaritmovaná hodnota biomasy druhů z jedné funkční skupiny v zalévaných květináčích je dokonce v druhém odběru o něco menší, což může být ale způsobeno náhodným spárováním květináčů.



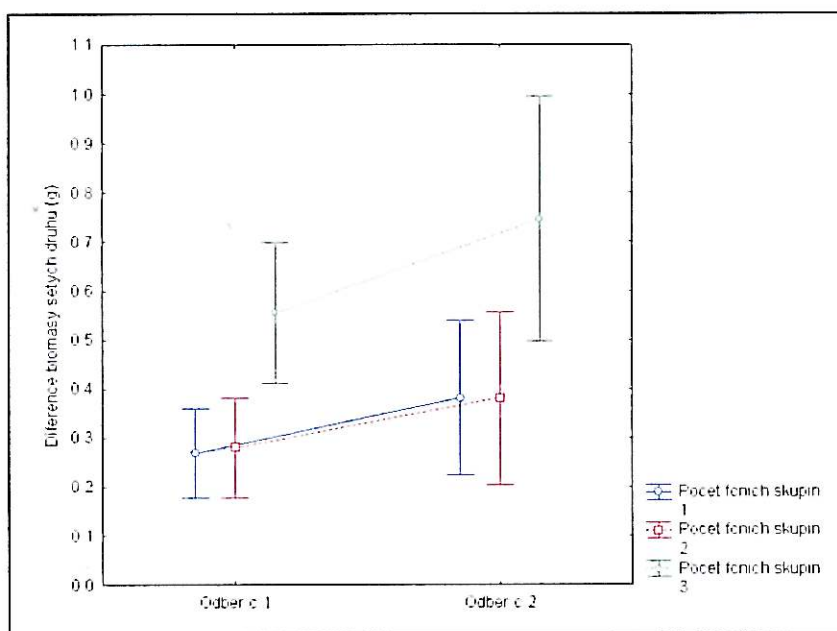
Obr. 15: Porovnání Log (biomasa na květináč) v závislosti na počtu druhů v květináčích s přerušenou (viz SUCHO) a nepřerušenou (viz VODA) záhlvkou. Počet druhů: $F(2,126) = 13,249$; $p = 0,0001$; Sucho: $F(1,126) = 18,457$; $p = 0,0001$; Interakce(sucho*počet druhů): $F(2,126) = 0,1142$; $p = 0,8922$; Čas: $F(1,126) = 8,4994$; $p = 0,0042$; Interakce(počet druhů*čas): $F(2,126) = 2,1419$; $p = 0,1217$; Interakce(sucho*čas): $F(1,126) = 0,58$; $p = 0,4477$; Interakce(sucho*počet druhů*čas): $F(2,126) = 0,4753$; $p = 0,6228$



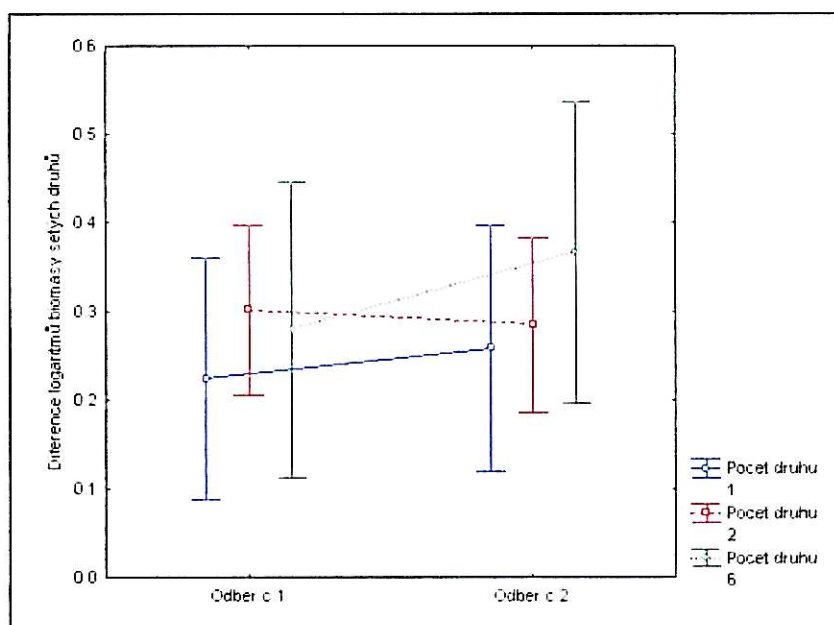
Obr. 16: Porovnání Log (biomasa na květináč) v závislosti na počtu funkčních skupin v květináčích s přerušenu (viz SUCHO) a nepřerušenu (viz VODA) zálivkou. Počet funkčních skupin: $F(2,126) = 15,628$; $p = 0,0001$; Sucho: $F(1,126) = 20,72$; $p = 0,0001$; Interakce(sucho*počet druhů): $F(2,126) = 0,0619$; $p = 0,94$; Čas: $F(1,126) = 6,5171$; $p = 0,0119$; Interakce(počet funkčních skupin*čas): $F(2,126) = 0,9328$; $p = 0,3962$; Interakce(sucho*čas): $F(1,126) = 0,4299$; $p = 0,5182$; Interakce(sucho*počet funkčních skupin*čas): $F(2,126) = 0,3283$; $p = 0,7208$



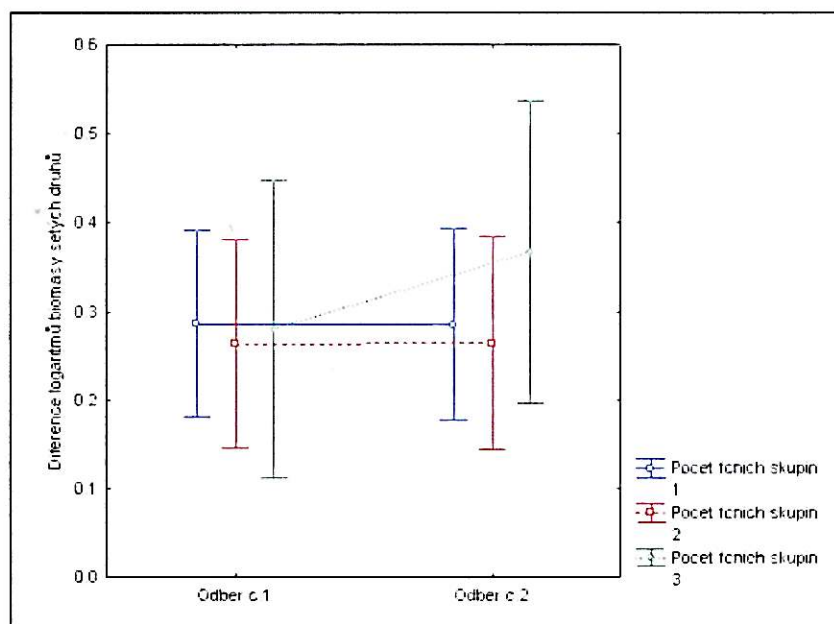
Obr. 17: Diference biomasy na květináč v závislosti na počtu druhů v květináčích s přerušenu (viz SUCHO) a nepřerušenu (viz VODA) zálivkou. Počet druhů: $F(2,63) = 5,6972$; $p = 0,0053$; Čas: $F(1,63) = 7,6657$; $p = 0,0074$; Interakce(počet druhů*čas): $F(2,63) = 0,3118$; $p = 0,7333$



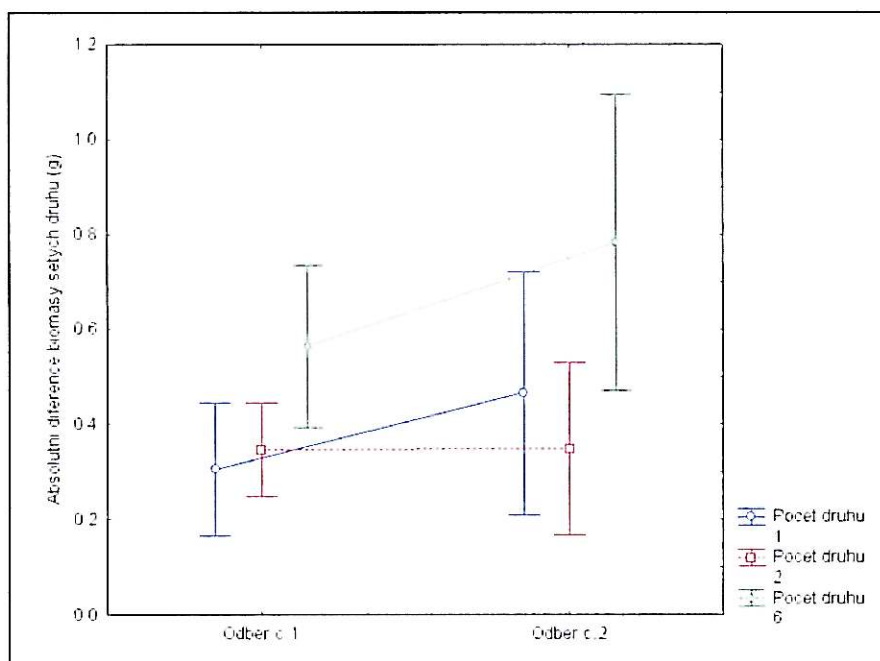
Obr. 18: Diference biomasy na květináč v závislosti na počtu funkčních skupin v květináčích s přerušenu (viz SUCHO) a nepřerušenu (viz VODA) zálivkou. Počet funkčních skupin: $F(2,63) = 5,6986$; $p = 0,0053$; Čas: $F(1,63) = 7,5157$; $p = 0,008$; Interakce(počet funkčních skupin*čas): $F(2,63) = 0,2537$; $p = 0,7768$



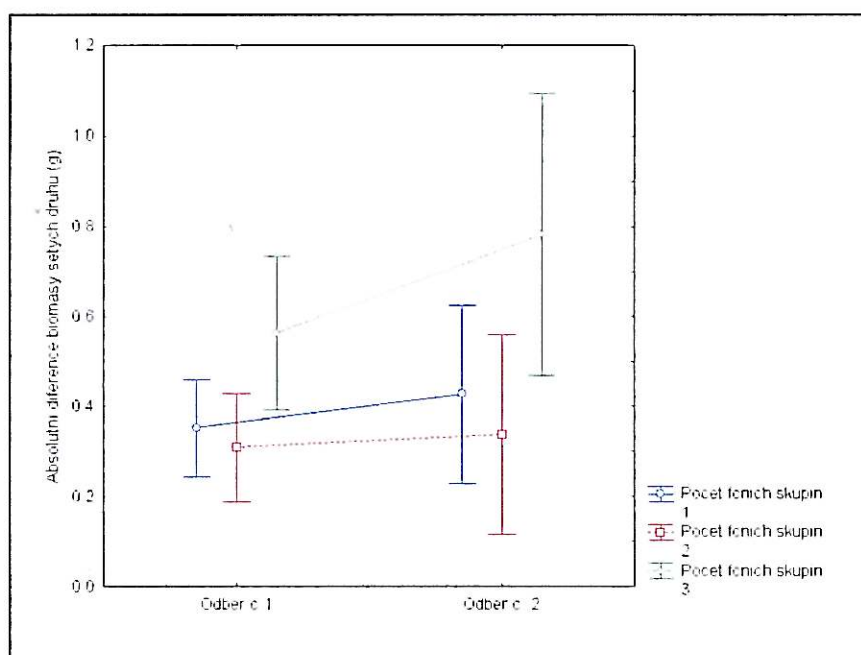
Obr. 19: Diference logaritmu biomasy na květináč v závislosti na počtu druhů v květináčích s přerušenou (viz SUCHO) a nepřerušenou (viz VODA) zálivkou. Počet druhů: $F(2,63) = 0,4382$; $p = 0,6472$; Čas: $F(1,63) = 0,6994$; $p = 0,4061$; Interakce(počet druhů*čas): $F(2,63) = 0,573$; $p = 0,3668$



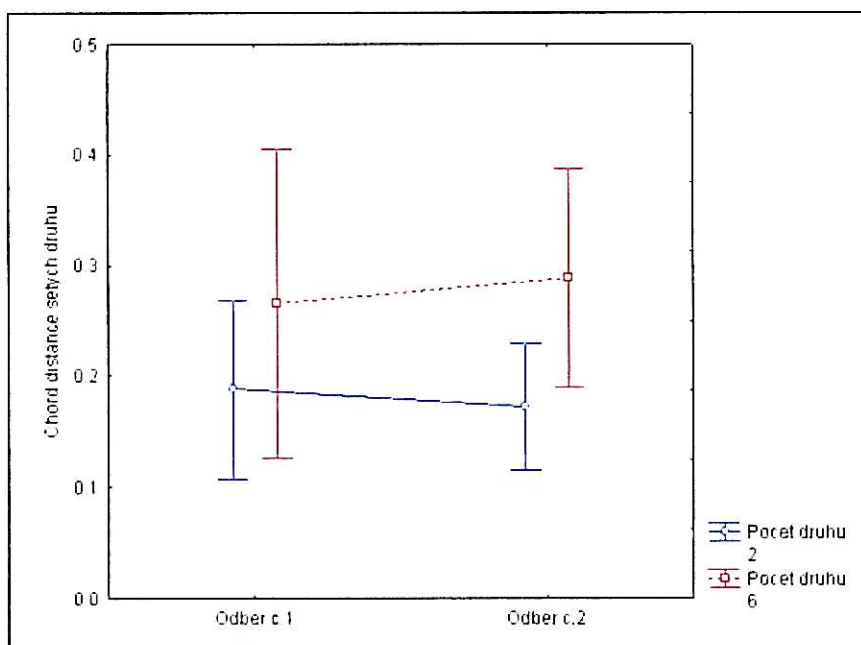
Obr. 20: Diference logaritmu biomasy na květináč v závislosti na počtu funkčních skupin v květináčích s přerušenou (viz SUCHO) a nepřerušenou (viz VODA) zálivkou. Počet funkčních skupin: $F(2,63) = 0,2289$; $p = 0,796$; Čas: $F(1,63) = 0,5141$; $p = 0,476$; Interakce(počet funkčních skupin*čas): $F(2,63) = 0,402$; $p = 0,6707$



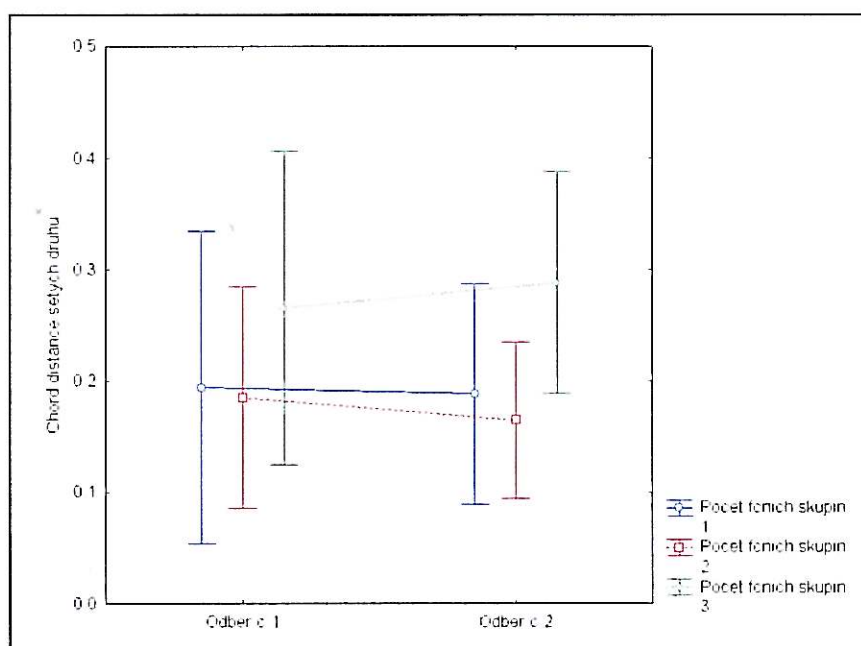
Obr. 21: Absolutní diference biomasy na květináč v závislosti na počtu druhů v květináčích s přerušenou (viz SUCHO) a nepřerušenou (viz VODA) zálivkou. Počet druhů: $F(2,63) = 4,0085$; $p = 0,023$; Čas: $F(1,63) = 3,1532$; $p = 0,0606$; Interakce(počet druhů*čas): $F(2,63) = 1,0283$; $p = 0,3635$



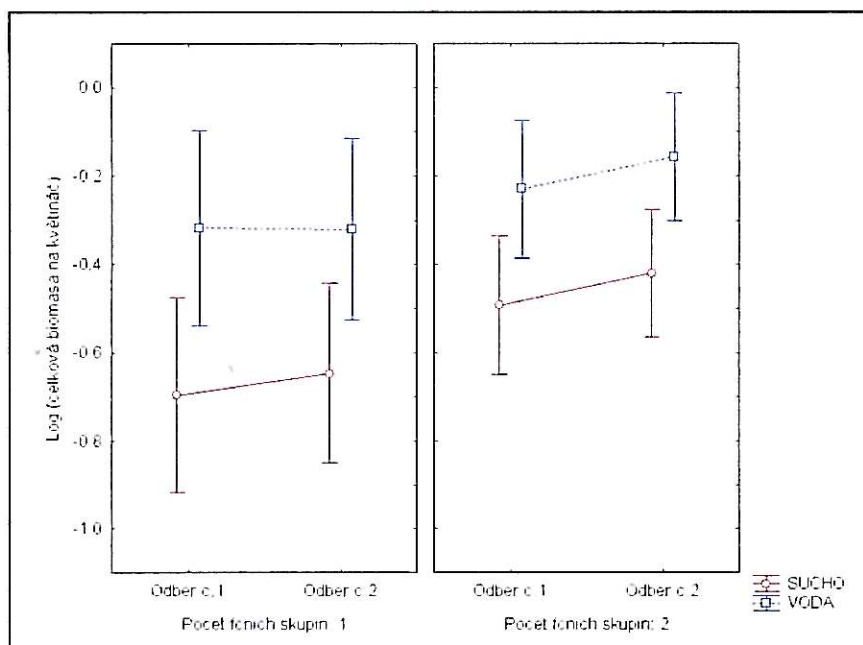
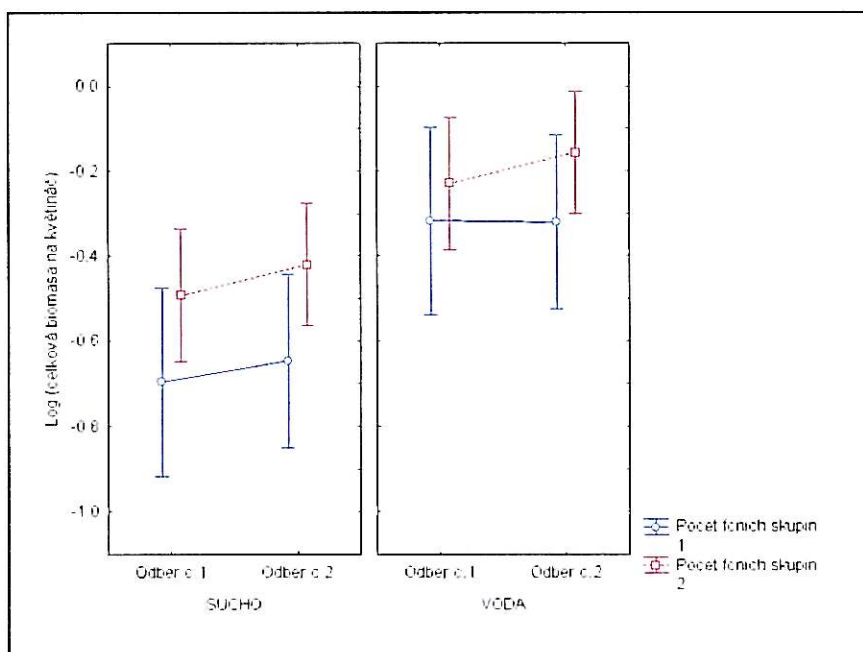
Obr. 22: Absolutní diference biomasy na květináč v závislosti na počtu funkčních skupin v květináčích s přerušenou (viz SUCHO) a nepřerušenou (viz VODA) zálivkou. Počet funkčních skupin: $F(2,63) = 4,1978$; $p = 0,0914$; Čas: $F(1,63) = 2,3483$; $p = 0,1304$; Interakce(počet funkčních skupin*čas): $F(2,63) = 0,5288$; $p = 0,5919$



Obr. 23: Chord distance setých druhů v závislosti na počtu druhů v květináčích s přerušenou (viz SUCHO) a nepřerušenou (viz VODA) záhlvkou. Počet druhů: $F(1,46) = 3,1606$; $p = 0,0821$; Čas: $F(1,46) = 0,0073$; $p = 0,9322$; Interakce(počet druhů*čas): $F(1,46) = 0,2016$; $p = 0,6555$



Obr. 24: Chord distance setých druhů v závislosti na počtu funkčních skupin v květináčích s přerušenou (viz SUCHO) a nepřerušenou (viz VODA) záhlvkou. Počet funkčních skupin: $F(2,45) = 1,5891$; $p = 0,2153$; Čas: $F(1,45) = 0,0008$; $p = 0,9783$; Interakce (počet funkčních skupin*čas): $F(2,45) = 0,112$; $p = 0,8943$



Obr. 25: Porovnání Log (biomasa na květináč) dvoudruhových směsí v závislosti na počtu funkčních skupin v květináčích s přerušovou (viz SUCHO) a nepřerušovou (viz VODA) záhlvkou. Počet funkčních skupin: $F(1,68) = 3,8002$; $p = 0,0554$; Sucho: $F(1,68) = 12,394$; $p = 0,0008$; Interakce(sucho*počet druhů): $F(1,68) = 0,1908$; $p = 0,6637$; Čas: $F(1,68) = 2,5607$; $p = 0,1142$; Interakce(počet funkčních skupin*čas): $F(1,68) = 0,657$; $p = 0,4204$; Interakce(sucho*čas): $F(1, 68) = 0,1908$; $p = 0,6637$; Interakce(sucho*počet funkčních skupin*čas): $F(1,68) = 0,2021$; $p = 0,6545$

5. Diskuse

Otázka souvislosti stability, diverzity (ať už druhové či funkční) a produktivity zřejmě nemá a nemůže mít jednoznačnou odpověď. Yachi & Loreau (1999) soudí, že ztráta druhové bohatosti může mít za následek poškození funkcí ekosystému. Na druhou stranu je v nestabilním ekosystému větší pravděpodobnost ztráty druhů. Agrotechnicky pěstovaná monokulturní společenstva jsou často vysoce produktivní, nedá se ale říct, že by byla také vysoce stabilní – jsou málo konkurenceschopná vůči tlaku plevelů, parazitů i nemocí, často jsou citlivější na vnější vlivy a fluktuace prostředí. Situace u přirozených, vícedruhových společenstev může být ale odlišná. Má tedy diverzita stabilizující vliv? Co je vlastně stabilita a co diverzita?

Stabilitu můžeme vidět z několika hlavních úhlů. Obecně je stabilita populací či společenstev větší, pokud je menší pravděpodobnost extinkce (tento aspekt stability je někdy nazýván perzistence). Často je také stabilita měřena jako míra variability vlastností populace (např. totální biomasa) v čase (Doak *et al.* 1998). Tomuto aspektu se někdy říká konstance. Jiná definice vychází ze schopnosti odolávat tlaku vnějšího prostředí. Stabilnější je ta populace nebo společenstvo, které je odolnější vůči invazi či vychýlení z ekvilibria (rezistence) a nebo je schopná se rychleji do rovnovážného stavu po vychýlení vrátit – resilience (McCann 2000). Definicí diverzity je velmi mnoho a záleží na tom, co konkrétně sledujeme při jejím vymezení. Já jsem se ve své práci soustředila na druhovou bohatost charakterizovanou počtem druhů a na funkční diverzitu charakterizovanou počtem funkčních skupin (viz Metodika, část 3.1.3.). Stanovení těchto funkčních skupin bylo provedeno na základě snahy určitým způsobem homogenizovat výběr a zajistit tak funkční vyváženost směsí. Jsem si vědomá toho, že definice funkčních skupin je do značné míry subjektivní – trávy jsou ale relativně přirozenou funkční skupinou, o užití fixátorů dusíku jako funkční skupiny lze polemizovat. Většina obdobných studií ale fixátory dusíku za samostatnou funkční skupinu považuje (Tilman 1997a; Hector *et al.* 1999; Lepš *et al.* 2001). Skupina různicových hemikryptofytů byla do experimentu zařazena především z důvodu podobnosti růstové formy. Do skupiny hemikryptofytů nebyl zařazen žádný druh, který fixuje dusík, čímž byl vyloučen překryv se skupinou specializovaných fixátorů.

Vliv druhové a funkční bohatosti společenstva na produkci biomasy

Výsledky mnohých studií popisují stoupající hodnoty nadzemní biomasy rostlin se stoupající diverzitou druhovou či funkční (Naeem *et al.* 1996; Tilman 1996; Tilman *et al.* 1997b; Loreau 1998a, 2000; Hector *et al.* 1999; Waide *et al.* 1999, Wardle *et al.* 2000, Pfisterer & Schmid 2002). Těmto závěrům odpovídají i výsledky z mé práce. Jelikož se však v této práci soustřeďuji na stabilitu, nezabývám se již detailněji příčinami tohoto vztahu. V terénním experimentu se vysoce průkazně projevil vliv počtu setých druhů i počtu funkčních skupin setých druhů na sumu biomas setých a plevelných druhů. Vliv počtu druhů i počtu funkčních skupin ve společenstvu byl stejně průkazný i na sumu setých druhů. Obdobná je situace také v květináčovém pokusu. Vliv počtu druhů i funkčních skupin v seté směsi v provedeném srovnání logaritmovaných hodnot suchých biomas byl průkazný a růst hodnot biomasy byl patrný s počtem druhů i funkčních skupin.

Projev stresové zátěže nedostatkem vody na produkci společenstev v závislosti na jejich druhovém a funkčním bohatství

Vyhodnocení terénního pokusu nepřineslo průkazný projev interakce druhové či funkční diverzity a sucha. Přesto vyplynula zřejmá tendence poklesu biomasy s ubývajícím počtem druhů nejen mimo stříšku, ale i pod stříškou, tedy ve společenstvu vystavenému stresu suchem. To je v protikladu se závěry práce Pfisterer & Schmid (2002), z jejichž práce vyplývá, že druhově chudší společenstva mohou být vůči stresovým faktorům odolnější. Zároveň ale diskutují, zda je produktivita dobrým ukazatelem stability, konkrétně odolnosti vůči suchu. K závěru, že druhově bohatší společenstva jsou odolnější dospěli např. Tilman & Downing (1994), nebo Tilman (1996). Autoři se domnívají, že jejich výsledky jsou důkazem negativního dopadu ztráty druhů na rezistenci společenstva vůči suchu. V práci Van Peer *et al.* (2004) zabývající se druhovou bohatostí a citlivostí k extrémním teplotám a suchu je popisována větší produkce u druhově bohatších společenstev a to v důsledku silného působení pozitivního *complementarity* efektu, který převažuje relativně slabý negativní *selection* efekt. Zároveň ale popisují, že po zavedení stresového faktoru sucha došlo k zvýšené spotřebě vody stoupající s druhovou bohatostí. Vylučují ale přítomnost vodou „plýtvajícího“ druhu/druhů. Přes zvýšenou spotřebu vody přežívali druhy ve více diverzitních

společenstvech méně, což postihovalo všechny druhy jako takové. V mé práci jsem nic takového nepozorovala.

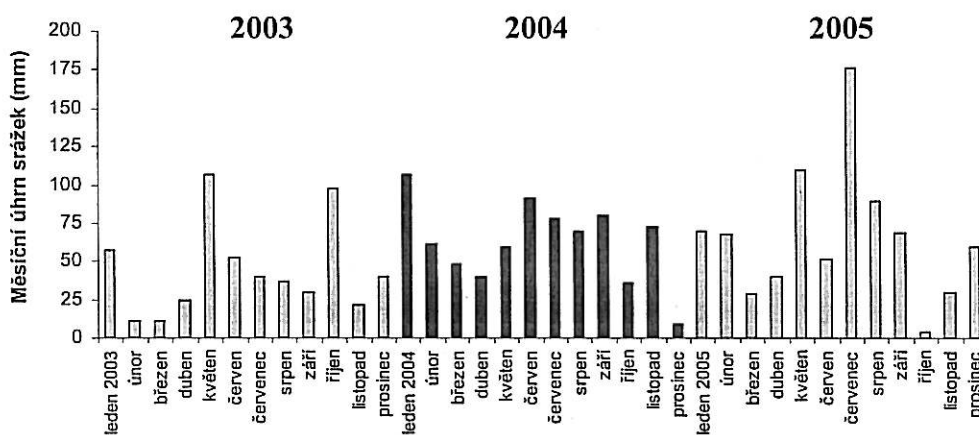
V práci byla testována absolutní diference biomasy setých druhů. Její závislost na počtu druhů ani na počtu funkčních skupin nebyla průkazná v terénním pokusu, v květináčovém pokusu byl průkazný vliv počtu druhů. Absolutní diference nemá zřejmě dobrou vypovídající hodnotu o stabilitě společenstva. Nerozlišuje totiž rozdíly mezi hodnotami např. 10 a 20 a dále 70 a 80 a považuje je za rovnocenné. Mnohem lepší by bylo použití relativní diference či diference logaritmu. V terénním pokusu v tom ale zatím brání problém s přítomností nulových hodnot. Tyto potíže se v současné době řeší (Lepš, in prep.), podobnou vypovídací schopnost mají ale interakce se zásahem po logaritmické transformaci dat. Zde jsem problémy řešila obvyklým způsobem, tj. použitím transformace $\log(x+1)$, i když i tento přístup může mít své problémy při nízkých hodnotách biomasy (Lepš, in prep.). Testování diference biomasy v květináčovém pokusu přineslo statisticky významný vliv počtu druhů/funkčních skupin, jejich interakce se suchem, i interakce vyššího řádu se suchem a časem je však neprůkazná. Naproti tomu srovnání diference logaritmu biomasy žádný průkazný výsledek nepřineslo. Při testování diference biomasy se projevilo, že společenstvo s větším množstvím biomasy může také více ztratit, což se týká zejména šestidruhových směsí. Pokud by se málo produkční společenstvo změnilo o stejné množství biomasy, musela by se celková hodnota biomasy dostat pod nulovou hodnotu (což je samozřejmě vyloučené).

Analýza chord distance v terénním pokusu průkazně ukázala, že změny v druhovém složení vlivem sucha jsou tím větší, čím je větší druhová bohatost, podobný trend byl zaznamenán i u funkčních skupin, kde byl ale méně výrazný. To je zřejmě způsobeno tím, že ani šestidruhové, ani dvanáctidruhové směsi nemají původ pouze v jedné funkční skupině. Proto jsou do této kategorie zařazeny z logiky věci pouze třídruhové směsi. A právě ty se zejména v posledních třech odběrech výrazně liší svou nižší hodnotou oproti společenstvům pocházejícím ze dvou a tří funkčních skupin. Podobná situace je také v květináčovém pokusu. Ačkoliv analýza nepřinesla průkaznou závislost na počtu druhů/funkčních skupin, rostoucí tendence je patrná a to obdobně jako v terénním pokusu zejména v nejvyšší hladině druhové bohatosti. Interakce *chord distance* s časem však ani v terénním, ani květináčovém pokusu není.

Vliv druhové a funkční bohatosti společenstva na míru odolnosti vůči tlaku plevele

Vliv počtu druhů na potlačení plevelu se v terénním pokusu nepodařilo prokázat. Již v bakalářské práci (Dulínková 2004) jsem se domnívala, že pokud zde byl nějaký vztah mezi druhovou diverzitou a schopností odolávat invazi druhů, byl zřejmě relativně volný a rozsah pokusu jej nedovolil prokázat. Tato situace přetrvala i po celkové analýze vývoje společenstev během tří po sobě jdoucích let, při relativně rozsáhlém pokusu (24 opakování každé hladiny druhové bohatosti), a tomu odpovídající síle testu. Vztah mezi druhovou, ale zejména funkční diverzitou se však nepodařilo prokázat jen těsně a trend snižující se biomasy plevelných druhů s rostoucím počtem setých druhů či funkčních skupin těchto druhů je patrný. Tyto výsledky odpovídají i studii Pfisterer *et al.* (2004), v níž byla druhově chudší společenstva k invazi druhů náchylnější. Na druhou stranu, jejich studie ukázala zvýšený úbytek druhů v důsledku invaze druhů především v druhově bohatších společenstvech. Zvýšenou rezistenci k invazi u druhově bohatších společenstev popisují Chapin *et al.* (1997) a Tilman (1999). Autoři vysvětlují situaci tím, že více diverzitivní společenstva mají díky *complementarity* efektu schopnost lépe využívat zdrojů. Z tohoto důvodu má pak invadující druh menší úspěšnost uchycení v těchto diverzitivních společenstvech, či menší možnost, že přinese do ekosystému novou vlastnost či funkci.

Při srovnání biomasy plevelu pod stříškou a mimo stříšku (terénní pokus) se narozdíl od setých druhů neprojevil žádný zřetelný vliv sucha. Tento fakt by se dal vysvětlit rozdílným charakterem těchto dvou skupin rostlin. Zatímco seté druhy byly vybírány mezi mezofytními lučními druhy, plevelné druhy jsou vesměs spíše terofyty a často druhy odolnější k nedostatku vody. V odběrech z června 2004 a září 2005, kterým předcházely vyšší srážky (viz Obr. 26), dosahují dokonce plevelné druhy o něco větší biomasy pod stříškou. Tam došlo vlivem působení sucha k oslabení setých druhů a stresový faktor převládl nad kompeticí. A naopak mimo stříšku, se v době, kdy byla na srážky bohatší období pro seté druhy příznivější, zřejmě více projevila kompetice a méně konkurenceschopné plevelné druhy mohly být tedy více potlačeny. Situace může mít souvislost i s momentálním stádiem invaze plevelných druhů vždy v době odběru, která je jistě v čase proměnlivá.



Obr. 26: Přehled měsíčních úhrnů srážek v obci Benešov (okr. Pelhřimov) v letech 2003 – 2005

Vliv druhové a funkční bohatosti společenstva na schopnost resilience

Testovanou závislost schopnosti resilience na druhové/funkční diverzitě po přerušení zálivky v květináčovém pokusu se nepodařilo prokázat, opět přes relativně velký rozsah pokusu (264 květináčů). Za povšimnutí stojí fakt, že špatná vyrovnávací schopnost s přerušenu zálivkou je patrná právě u šestidruhových směsí. Jejich biomasa byla v kontrolních spárovaných květináčích dokonce o něco málo menší na konci období po obnovení zálivky, zatímco monokultury a dvoudruhové směsí zaznamenaly alespoň malé přírůstky biomasy. Samostatné srovnání dvoudruhových směsí nepřineslo průkazný vliv funkčních skupin ani jejich interakci s časem, ale je zajímavé, že rostliny ve směsích druhů pocházejících ze dvou funkčních skupin dosahovaly vyšších logaritmovaných hodnot biomasy v květináčích s přerušenu i nepřerušenu zálivkou a zároveň byl rozdíl jejich biomasy z květináčů s přerušenu a nepřerušenu zálivkou menší, než u druhů z jedné funkční skupiny.

Podle některých autorů (např. Lepš *et al.* 1982) závisí stabilita spíše na typu druhů přítomných ve společenstvu, než na jejich počtu. Tomu by odpovídala i situace plevelných druhů v pokusu, kterou jsem již v tomto textu zmínila. Jestliže byly některé z těchto

plevelných druhů lépe schopné vyrovnat se s nedostatkem vody díky svému charakteru, stříška jim vlastně pomohla, neboť oslabila kompetici setých druhů. Tato skutečnost potom převážila roli simulované druhové/funkční diverzity setých druhů. V případech větší stability druhově bohatších společenstev je zřejmá souvislost s *insurance* efektem, který popisují již v úvodu. Větší stabilita tak může v některých případech být vlastně následkem větší pravděpodobnosti přítomnosti druhu, kterému stresová situace nevádí a dál tvoří biomasu, či jinak pomáhá zajišťovat funkce společenstva (Naeem & Li 1997).

Ačkoliv výsledky mnohých prací vykazují pozitivní vztah mezi druhovou či funkční diverzitou a tvořenou biomasou (Naeem *et al.* 1996; Tilman 1996; Tilman *et al.* 1997; Loreau 1998a, 2000; Hector 1999; Waide *et al.* 1999; Wardle *et al.* 2000; Pfisterer & Schmid 2002; *atd.*) a některé práce dokonce prezentují větší odolnost vůči fluktuaci prostředí, disturbancím, invazi druhů *apod.* (např. Tilman & Downing 1994, Tilman 1997a; Chapin *et al.* 1997; Pfisterer *et al.* 2004; Lanta & Lepš 2006), osobně se domnívám, že výsledky mnohem více záleží na uspořádání a rozsahu pokusu. Rozhodujícím faktorem můžou být u terénních pokusů také bezprostřední podmínky prostředí, či rozsah časové škály v níž pokus probíhá. Mnozí autoři také pracují s uměle tvořenými společenstvy (stejně tak jako já v této práci) a může tak a často dochází k setkání druhů, které se buď v přirozených podmínkách obvykle nevyskytují, nebo je nepřirozené jejich poměrové zastoupení. V pokusech vyživajících přirozeného prostředí je zase obtížné (a někdy už z principu nemožné) od sebe rozeznat jednotlivé vazby mezi jedinci a specifikovat jejich vliv na množství tvořené biomasy, fungování a stabilitu společenstva.

Jedním z efektů majících vliv na hodnocení diverzity je tzv. *averaging effect*. Pokud mají všechny druhy ve společenstvu odlišné odpovědi na změny prostředí v čase, pak se po zprůměrování jejich odpovědí jeví jako mnohem stabilnější ekosystém, zahrnující více druhů (Doak *et al.* 1998). Tento efekt je způsoben statistickým efektem sumarizace náhodných proměnných. Dalším efektem je tzv. *negative covariance effect*. Pokud jeden druh prospívá více, zatímco druhý neprospívá, potom v případě, že je více druhů ve společenstvu, jejich celková variance bude nižší, než ve společenstvu druhově chudším. Tato nižší variance indikuje vyšší stabilitu (Tilman *et al.* 1998). Problémem mnohých prací je podle mne také sledování interakcí pouze na jedné trofické úrovni. Do budoucna je současná analýza více trofických úrovní směrem, kterým je třeba se ubírat pro komplexní pochopení dějů v ekosystémech. Na více trofických úrovních se ve své práci zaměřuje např. McCann (2000), Duffy (2002), Worm & Duffy (2003).

6. Závěr

- 1) V terénním pokusu se podařilo prokázat ($p < 0,01$) pozitivní vliv druhové bohatosti na průměrnou (logaritmovanou a transformovanou) primární nadzemní biomasu rostlinného lučního společenstva. Obdobně v květináčovém pokusu je vliv počtu druhů i funkčních skupin v seté směsi průkazný ve srovnání logaritmovaných hodnot suchých biomas ($p < 0,01$). Analýza ukázala růst biomasy s počtem setých druhů ve společenstvu a to nezávisle na lokalizaci pod/mimo stříšku v terénním pokusu a také v květináčovém pokusu v květináčích s přerušenu/nepřerušenu zálivkou. Testování difference biomas v květináčovém pokusu přineslo statisticky významný vliv počtu druhů.
- 2) Vliv počtu funkčních skupin ve společenstvu na průměrnou primární nadzemní biomasu setých druhů v terénním pokusu byl průkazný ($p < 0,01$), s rostoucí hladinou funkční diverzity rostly také hodnoty biomas pod stříškou i mimo ni. Testování difference biomas v květináčovém pokusu přineslo statisticky významný vliv počtu funkčních skupin.
- 3) Vyhodnocení terénního pokusu nepřineslo průkazný projev interakce druhové bohatosti a sucha ani interakci druhové bohatosti, sucha a času. Stejně neprůkazná byla analýza v květináčovém pokusu Interakce difference biomas se suchem, i interakce vyššího řádu se suchem a časem je v květináčovém pokusu neprůkazná. Srovnání difference logaritmů biomas v květináčovém pokusu žádný průkazný výsledek nepřineslo. Analýza *chord distance* v terénním pokusu průkazně ukázala, že změny v druhovém složení vlivem sucha jsou tím větší, čím je větší druhová bohatost ($p < < 0,01$), podobný trend byl zaznamenán i u funkčních skupin ($p < 0,05$). Analýza *chord distance* v květináčovém pokusu nepřinesla průkaznou závislost na počtu druhů ani funkčních skupin. Interakce *chord distance* s časem však ani v terénním, ani v květináčovém pokusu není.
- 4) Interakce funkční diverzity a sucha nebyla v terénním ani květináčovém pokusu prokázána. V obou pokusech není průkazná ani interakce funkční diverzity sucha a času.

- 5) Při srovnání biomasy plevelných druhů pod a mimo stříšku se vliv počtu setých druhů, ani počet funkčních skupin setých druhů na suchou biomasu plevelných druhů v terénním pokusu průkazně neprojevil. Interakce sucha a druhové bohatosti i interakce sucha a počtu funkčních skupin je také neprůkazná. Průkazná není ani interakce sucha, počet druhů/funkčních skupin a čas.
- 6) Testovanou závislost schopnosti resilience na druhové/funkční diverzitě po přerušení závlivky v květináčovém pokusu se nepodařilo prokázat.

Poděkování

Na tomto místě moc děkuji Šuspovi za výborné odborné vedení, překlad statistiky do „lidštiny“ a přes velké vytížení také neuvěřitelnou ochotu a pohodu při práci. Děkuji také všem, kteří mi poskytli neocenitelnou pomoc při odběrech i rozebírání biomasy, ať už přiloženou rukou k dílu, či humornými poznámkami. Děkuji za výbornou atmosféru v pracovně 105 na Botanické vile i za rady poskytované vždy s ochotou a úsměvem. Děkuji všem „hlídacím tetám“ za pomoc s mou dcerkou Markétkou. Děkuji všem svým blízkým za podporu.

Literatura

- Bengtsson, J.** (1998): Which species? What kind of diversity? Which ecosystem function? Some problems in studies of relations between biodiversity and ecosystem function. *Applied Soil Ecology*, 10: 191-199.
- Bota-Dukát, Z.** (2005): Rao's quadratic entropy as a measure of functional diversity based on multiple traits. *Journal of Vegetation Science*, 16: 533-540.
- Callaway, H.M.** (1995): Positive interactions among plants. *Botanical Review*, 61: 306-349.
- Chapin, F.S., III., Walker, B.H., Hobbs, R.J., Hooper, D.U., Lawton, J.H., Sala, O.E. & Tilman D.** (1997): Biotic control over the functioning of ecosystems. *Science*, 277: 500-504.
- Connell, J.H.** (1983): On the prevalence and relative importance of interspecific competition: evidence from field experiments. *American Naturalist*, 122: 661-696.
- Doak, D.F., Bigger, D., Harding, E.K., Marvier M.A., O'Malley, R.E. & Thomson, D.** (1998): The statistical inevitability of stability-diversity relationships in community ecology. *American Naturalist*, 151: 264-276.
- Duffy, J.E.** (2002): Biodiversity and ecosystem function: the consumer connection. *Oikos*, 99: 201-219.
- Dulínková, L.** (2004): Druhová bohatost a citlivost lučního společenstva k vlhkostním výkyvům prostředí. Bakalářská práce JU České Budějovice [Deponováno v knihovně AVČR a BF JU, Č. Budějovice].
- Eriksson, O.** (1993): The species-pool hypothesis and plant community diversity. *Oikos*, 68: 371-374.
- Grime, J. P.** (1997): Biodiversity and ecosystem function: the debate deepens. *Science*, 277: 1260-1261.
- Fridley, J.D.** (2001): The influence of species diversity on ecosystem productivity: how, where, why? *Oikos*, 93: 514-526.
- Hector, A., Schmid, B., Beierkuhnlein, C., Caldeira, M. C., Diemer, M., Dimitrakopoulos, P.G., Finn, J.A., Freitas, H., Giller, P.S., Good, R., Harris, J., Högberg, P., Huss-Danell, K., Joshi, J., Jumpponen, A., Körner, C., Leadley, W., Loreau, M., Minns, A., Mulder, C.P.H., O'Donovan, G., Otway, S.J., Pereira, J.S., Prinz, A., Read, D.J., Sherer-Lorenzen, M., Schulze, E.-D., Siamantziouras, A.-S. D., Spehn, E. M., Terry A.C., Troubis, A.Y., Woodward, A.I., Yachi, S. & Lawton, J.H.** (1999): Plant diversity and productivity experiments in European grasslands. *Science*, 286: 1123-1127.

- Hooper, D.U. & Vitousek, P.M.** (1997): The effects of plant composition and diversity on ecosystem processes. *Science*, 277: 1302-1304.
- Hooper, D.U., Chapin III, F.S., Ewel, J.J., Hector, A., Inchausti, P., Lavorel, S., Lawton, J.H., Lodge, D.M., Loreau, M., Naeem, S., Schmid, B., Setälä, H., Symstad, A.J., Vandermeer, J.H. & Wardle, D.A.** (2005): Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledges. *Ecological Monographs*, 75: 3-35.
- Ives A.R., Klug J.L. & Gross K.** (2000): Stability and species richness in complex communities. *Ecology Letters*, 3: 399-411.
- Johnson, K.H., Vogt, K.A., Clark, H.J., Schmitz, O.J. & Vogt, D.J.** (1996): Biodiversity and the productivity and stability of ecosystems. *Trends in Ecology and Evolution*, 11: 372-377.
- Kubát, K., Hrouda, L., Chrtek, J. jun., Kaplan, Z., Kirchner, J. & Štěpánek, J.** [eds.] (2002): Klíč ke květeně České republiky. *Academia*, Praha.
- Kokkoris, G.D., Jansen, V.A.A., Loreau, M. & Troumbis, A.Y.** (2002): Variability in interaction strength and implications for biodiversity. *Journal of Animal Ecology*, 71: 362-371.
- Lanta, V. & Lepš, J.** (2006): Effect of functional group richness and species richness in manipulated productivity-diversity studies: a glasshouse pot experiment. *Acta Oecologica*, 29: 85-96.
- Lawton, J.H.** (1994): What do species do in ecosystems? *Oikos*, 71: 367-374.
- Lepš, J., Osboňová-Kosinová, J. & Rejmánek M.** (1982). Community stability, complexity and species life history strategies. *Vegetatio*, 50: 53-63.
- Lepš, J.** (1999): Nutrient status, disturbance and competition: an experimental test of relationships in a wet meadow copy. *Journal of Vegetation Science*, 10: 219-230.
- Lepš, J., Brown V.K., Diaz Len, T.A., Gormsen, D., Hedlund, K., Kailová, J., Korthals, G.W., Mortimer, S.R., Rodrigues-Barrueco, C., Roy, J., Santa Regina, I., van Dijk, C. & van der Putten, W. H.** (2001). Separating the chance effect from other diversity effects in the functioning of plant communities. *Oikos*, 92: 123-134.
- Lepš, J. & Šmilauer, P.** (2003): Multivariate analysis of ecological data using CANOCO. *Cambridge University Press*, Cambridge.
- Lepš, J.** (2004a): What do the biodiversity experiments tell us about consequences of plant species loss in the real world? *Basic and Applied Ecology*, 5: 529-534.
- Lepš, J.** (2004b): Variability in population and community biomass in grassland community affected by environmental productivity and diversity. *Oikos*, 107: 64-71.

- Loreau, M.** (1996): Coexistence of multiple food chains in a heterogeneous environment: interactions among community structures, ecosystem functioning, and nutrient dynamics. *Mathematical Biosciences*, 134: 153-188.
- Loreau, M.** (1998a): Biodiversity and ecosystem functioning: a mechanistic model. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 95: 5632-5636.
- Loreau, M.** (1998b): Separating sampling and other effects in biodiversity experiments. *Oikos*, 82: 600-602.
- Loreau, M.** (2000): Biodiversity and ecosystem functioning: recent theoretical advances. *Oikos*, 91: 3-17.
- McCann, K.S.** (2000): The diversity-stability debate. *Nature*, 405: 228-233.
- McCarthy, J.J., Canziani O.F., Leary, N.A., Dokken, D.J. & White K.S.** (2001): Climate Change 2001: Impacts, Adaptations and Vulnerability. *Cambridge University Press*, Cambridge, UK.
- Naeem, S., Håkansson, K., Lawton, J.H., Crawley, M.J. & Thompson, L.J.** (1996): Biodiversity and plant productivity in a model assemblage of plant species. *Oikos*, 76: 259-264.
- Naeem, S. & Li, S.** (1997): Biodiversity enhances ecosystem reliability. *Nature*, 390: 507-509.
- Nijs, I., Teughels, H., Blum, H., Hendrey, G. & Impens, I.** (1996): Simulation of climate change with infrared heaters reduces the productivity of *Lolium perenne* in summer. *Environmental and Experimental Botany*, 36: 271-280.
- Palmer M.W.** (1994): Variation in species richness: towards a unification of hypotheses. *Folia Geobotanica et Phytotaxonomica*, 29: 511-530.
- Pfisterer, A. B. & Schmid, B.** (2002): Diversity-dependent production can decrease the stability of ecosystem functioning. *Nature*, 416: 84-86.
- Pfisterer, A. B., Joshi, J., Schmid, B. & Fischer, M.** (2004): Rapid decay of diversity-productivity relationships after invasion of experimental plant communities. *Basic and Applied Ecology*, 5: 5-14.
- StatSoft, Inc.** (2005). STATISTICA (data analysis software system), version 7.1., www.statsoft.com.
- Tilman, D.** (1987): On the meaning of competition and the mechanism of competitive superiority. *Functional Ecology*, 1: 304-315.
- Tilman, D. & Downing, J.A.** (1994): Biodiversity and stability in grasslands. *Nature*, 367: 363-365.

- Tilman, D.** (1996): Biodiversity: Population versus ecosystem stability. *Ecology*, 77: 350-363.
- Tilman, D.** (1997a): Community invasibility, recruitment limitation, and grassland biodiversity. *Ecology*, 78: 81-92.
- Tilman, D., Knops, J., Wedin, D., Reich, P., Ritchie, M. & Siemann, E.** (1997b): The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes. *Science*, 277: 1300-1302.
- Tilman, D., Lehman, C.L. & Bristow, C.E.** (1998): Diversity-stability relationships: statistical inevitability or ecological consequence. *American Naturalist*, 151: 264-276.
- Tilman, D.** (1999): The ecological consequences of changes in biodiversity: a search for general principles. *Ecology*, 80: 1455-1474.
- Vandermeer, J.H.** (1989): The ecology of intercropping. *Cambridge University Press*, Cambridge.
- Van Peer, L., Nijs, I., Reheul, D. & De Cauwer, B.** (2004): Species richness and susceptibility to heat and drought extremes in synthesized grassland ecosystems: compositional vs. physiological effects. *Functional Ecology*, 18: 769-778.
- Vitousek P.M.** 1994: Beyond global warming: Ecology and global change. *Ecology*, 75: 1861-1876.
- Vitousek P.M., Mooney, H.A., Lubchenco, J. & Melillo, J.M.** (1997): Human domination of Earth's ecosystems. *Science*, 277: 494-499.
- Waide, R.B., Willig, M.R. Steiner, C.F., Mittelbach, G., Gough, L., Dodson, S.I., Juday G.P. & Parmenter. R.** (1999): The relationship between productivity and species richness. *Annual Reviews of Ecology and Systematics*, 30: 257-301.
- Walker B.H.** (1992): Biodiversity and ecological redundancy. *Conservation Biology*, 6: 18-23.
- Wardle, D. A., Bonner, K.I. & Barker, G. M.** (2000): Stability of ecosystem properties in response to above-ground functional group richness and composition. *Oikos*, 89: 11-23.
- White, T.A., Campbell, B.D., Kemp, P.D. & Hunt, C.L.** (2000): Sensitivity of three grassland communities to simulated extreme temperature and rainfall events. *Global Change Biology*, 6: 671-684.
- Worm, B. & Duffy, J.E.** (2003): Biodiversity, productivity and stability in real food webs. *Trends in Ecology and Evolution*, 18: 628-632.

Yachi, S. & Loreau, M. (1999): Biodiversity and ecosystem productivity in a fluctuating environment: the insurance hypothesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 96: 1463-1468.

Příloha

1. Terénní pokus

Složení vysévaných směsí:

a) Monokultury

Holcus lanatus

Trisetum flavescens

Festuca rubra

Alopecurus pratensis

Lotus corniculatus

Anthyllis vulneraria

Trifolium pratense

Lathyrus pratensis

Plantago media

Lychnis flos-cuculi

Hypochaeris radicata

Leontodon autumnalis

b) 3-druhové směsi

– druhy z jedné funkční skupiny

HolLan, TrisFlav, FestRub

TrisFlav, FestRub, AlopPrat

FestRub, AlopPrat, HolLan

AlopPrat, HolLan, TrisFlav

LotCorn, AnthVul, TrifPrat

AnthVul, TrifPrat, LathPrat

TrifPrat, LathPrat, LotCorn

LathPrat, LotCorn, AnthVul

PlanMed, LychFlos, HypRad

LychFlos, HypRad, LeonAut

HypRad, LeonAut, PlanMed

LeonAut, PlanMed, LychFlos

– druhy ze dvou funkčních skupin

HolLan, TrisFlav, LotCorn
FestRub, AlopPrat, AnthVul
PlanMed, LychFlos, TrifPrat
HypRad, LeonAut, LathPrat

– druhy ze tří funkčních skupin

HolLan, LotCorn, PlanMed
TrisFlav, AnthVul, LychFlos
FestRub, TrifPrat, HypRad
AlopPrat, LathPrat, LeonAut
HolLan, AnthVul, HypRad
TrisFlav, TrifPrat, LeonAut
FestRub, LathPrat, PlanMed
AlopPrat, LotCorn, LychFlos

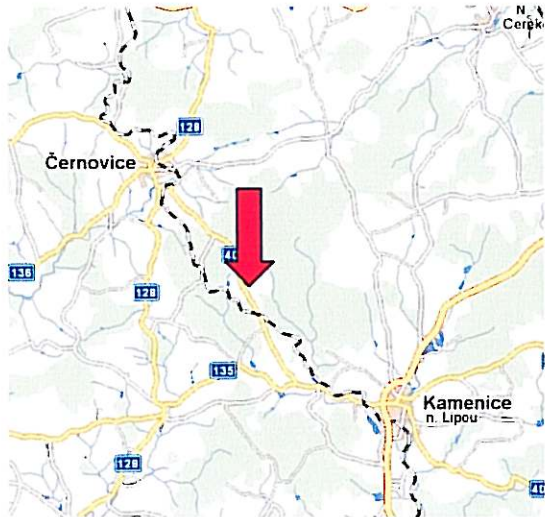
c) 6-druhové směsi

– druhy ze dvou funkčních skupin

HolLan, TrisFlav, FestRub, AnthVul, TrifPrat, LathPrat
HolLan, TrisFlav, AlopPrat, AnthVul, TrifPrat, LathPrat
HolLan, FestRub, AlopPrat, LotCorn, TrifPrat, LathPrat
TrisFlav, FestRub, AlopPrat, LotCorn, AnthVul, LathPrat
HolLan, TrisFlav, FestRub, PlanMed, LychFlos, LeonAut
HolLan, TrisFlav, AlopPrat, PlanMed, HypRad, LeonAut
HolLan, FestRub, AlopPrat, LychFlos, HypRad, LeonAut
TrisFlav, FestRub, AlopPrat, PlanMed, HypRad, LeonAut
LotCorn, AnthVul, LathPrat, PlanMed, LychFlos, HypRad
LotCorn, AnthVul, TrifPrat, LychFlos, HypRad, LeonAut
LotCorn, AnthVul, TrifPrat, PlanMed, LychFlos, LeonAut
LotCorn, TrifPrat, LathPrat, PlanMed, LychFlos, HypRad

– druhy ze tří funkčních skupin

HolLan, TrisFlav, TrifPrat, LathPrat, PlanMed, LeonAut
HolLan, FestRub, AnthVul, LathPrat, HypRad, LeonAut
HolLan, AlopPrat, LotCorn, TrifPrat, PlanMed, LychFlos
TrisFlav, FestRub, AnthVul, TrifPrat, PlanMed, HypRad
TrisFlav, AlopPrat, LotCorn, AnthVul, LychFlos, HypRad
FestRub, AlopPrat, LotCorn, LathPrat, LychFlos, LeonAut
HolLan, TrisFlav, AnthVul, TrifPrat, LychFlos, LeonAut
HolLan, FestRub, LotCorn, AnthVul, PlanMed, LychFlos
HolLan, AlopPrat, LotCorn, LathPrat, PlanMed, HypRad
TrisFlav, FestRub, LotCorn, TrifPrat, PlanMed, LeonAut
TrisFlav, AlopPrat, TrifPrat, LathPrat, HypRad, LeonAut
FestRub, AlopPrat, AnthVul, LathPrat, LychFlos, HypRad



A - Lokalizace obce Benešov



B – Letecký pohled na extravilán obce Benešov, šipka ukazuje umístění pokusné plochy terénního pokusu



C – Letecký pohled na pokusnou plochu, šipka ukazuje umístění pokusné plochy terénního pokusu



D – Vytyčení bloků při zakládání pokusu v roce 2002



E – Pohled na stříšky umístěné ve středech bloků



F – Detailní pohled na biomasu pod stříškou