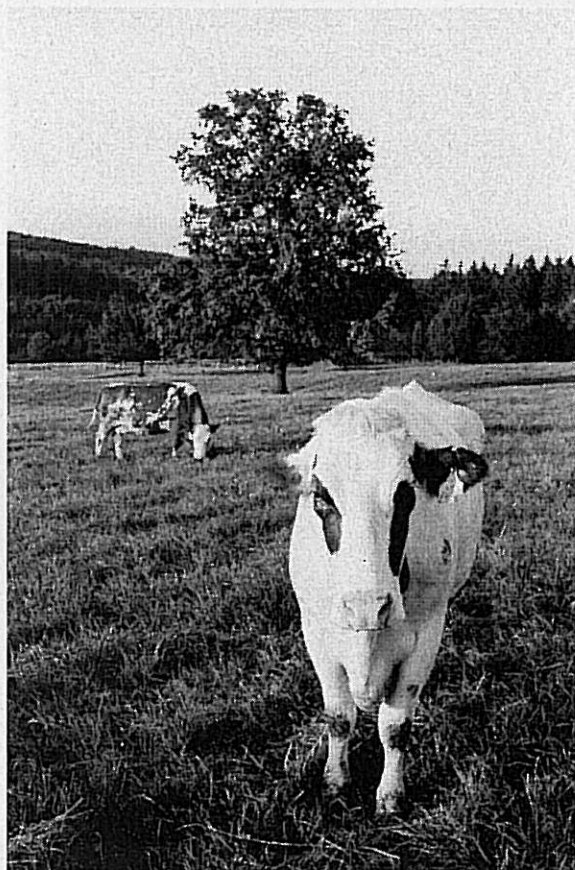


Biologická fakulta Jihočeské univerzity
České Budějovice



**Vliv pastvy, kosení
a přihnojování
na druhovou bohatost
a rozmanitost ekologických
funkčních skupin rostlin**

Bakalářská práce

Jindřich Kelíšek

Školitel: Mgr. Vojtěch Lanta

České Budějovice 2005

Bakalářská diplomová práce

Kelíšek, J. (2005). Vliv pastvy, kosení a přihnojování na druhovou bohatost a rozmanitost ekologických funkčních skupin rostlin [The effect of grazing, mowing and additional fertilization on species plant diversity and diversity of ecological functional groups] – 31 p., Faculty of Biological Science, University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

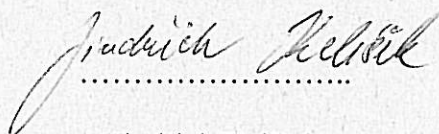
Anotace:

The effects of different management regimes were studied in vegetation of grassland communities. The responses to defoliation were investigated in field and pot experiments. In the pot experiment, the regeneration of selected species after defoliation treatment was studied. In the field experiment, changes of species frequency and proportions of ecological functional groups were tested.

Tato práce byla financována ze zdrojů projektu VaV620/11/03 „Pastva jako prostředek údržby trvalých travních porostů v CHKO“.

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

V Českých Budějovicích dne 12.5.2005



Jindřich Kelíšek

OBSAH

1. ÚVOD.....	1
2. CÍLE PRÁCE	3
2.1. Terénní experiment	3
2.2. Klimaboxový experiment.....	3
3. METODIKA	4
3.1. Terénní experiment	4
3.1.1. Popis lokality.....	4
3.1.2. Uspořádání pokusu	4
3.1.3. Statistické vyhodnocení.....	6
3.2. Klimaboxový experiment.....	7
3.2.1. Podmínky v klimaboxu	7
3.2.2. Uspořádání pokusu	7
3.2.3. Statistické vyhodnocení.....	8
4. VÝSLEDKY.....	9
4.1. Terénní experiment	9
4.2. Klimaboxový experiment.....	17
5. DISKUSE	23
5.1. Druhové složení vegetace.....	23
5.2. Počet druhů.....	24
5.3. Struktura lučního porostu	24
5.4. Podzemní biomasa.....	25
5.5. Klimaboxový experiment.....	25
6. ZÁVĚR.....	27
6.1. Terénní experiment	27
6.2. Klimaboxový experiment.....	27
7. LITERATURA	28

1. Úvod

Ekosystémy jsou strukturovány jako hierarchicky uspořádané, vzájemně se ovlivňujících úrovně. Luční obhospodařované systémy nejsou výjimkou. Fyzikální zdroje prostředí formují základnu, na které tyto produkční systémy závisí. Produkční využití pastvin však nelze oddělit od stavu lučních společenstev a následně pasoucích se zvířat. Druhá pestrost lučního společenstva a stav zvířat by měly být vedle zdůrazňované produktivity další důležitá měřítka v hodnocení pastviny. Na pastviny lze pohlížet také v širším kontextu krajiny a času. Do 19. století byl dobytek v našich zemích od jara do zimy odchováván právě pastevně, což byl jeden z hlavních činitelů, který má na svědomí dnešní podobu tzv. kulturní krajiny. Vztah mezi naznačenými úrovněmi systému je velmi silně ovlivňován způsobem managementu (Sheath et al. 1996).



není relevantní

Klasické způsoby obhospodařování luk, pastva a kosením, mají jeden společný rys - defoliaci. Defoliace je obvykle definována třemi parametry: intenzita, frekvence a časové rozvržení související s vývojem lučního porostu během roku. Tyto aspekty spoluurčují jak zemědělský výnos tak i rostlinné složení společenstva (Briske et al. 1996). Jsou zde však velké rozdíly mezi pastvou a kosením (Moog et al. 2002, Jantunen 2003). Na pastvě se projevuje výrazný efekt návratu živin na pasenou louku v podobě zvířecích exkrementů, dále efekty sešlapávání zvířaty s přidruženou tvorbou gapů a selektivní defoliace. Díky těmto efektům, které způsobují větší prostorovou heterogenitu, se na pasených loukách, oproti koseným, výrazněji projevuje druhová diverzita, na druhou stranu jen málo rostlinných druhů vyžaduje striktně jen jeden druh managementu (Schläpfer et al. 1998). Avšak jiní autoři (Hansson et al. 2000) doporučují spíše kosení pro zachování druhové rozmanitosti.

Rostlinné druhy se liší svou odpovědí na defoliaci, ale odpověď závisí také na přírodních podmínkách (klimatických a půdních) a na kompetici mezi druhy. Plazivé rostliny, rostliny s oddenky, rostliny tvořící listové růžice jsou obvykle více rezistentní na častou a intenzivní defoliaci. Rozdíly mezi těmito typy jsou založeny na různých odpovědích na odstranění fotosyntetické plochy a apikálních meristémů, na schopnosti regenerace, na množství semenné produkce, na semenné půdní bance a dalších faktorech (Briske et al. 1996).

Vedle intenzity pastvy (zatížení dobyt看em na jednotku plochy) ovlivňuje strukturu a složení lučního porostu také pastevní systém. Vyskytují se dva základní pastevní systémy, kontinuální pastva a rotační pastva. Kontinuální pastva představuje nepřetržité

pasení dobytka během pastevní sezóny, na rozdíl od rotační, kdy je paseno na dvou nebo více pastvách, kde se střídá doba pasení a obrůstání (Pavlů et al. 2003)

Na místě je otázka, jaký je vztah mezi zemědělskou produktivitou, se kterou nelze od dlouhodobě využívaných pastvin nepočítat, a druhovou rozmanitostí. Zdá se, že tyto zdánlivě proti sobě jdoucí hodnocení jsou pozitivně korelovány (Bullock et al. 2000a, Hector et al. 1999). Díky ekonomickému trendu snižování stavu hospodářských zvířat v České republice a s ním úzce spojená menší potřeba travní hmoty začíná být problematika managementu trvalých travních ploch stále více aktuální, jak z hlediska biodiverzity, tak v neposlední řadě z hlediska krajinného rázu (Pavlů a Hejcman 2003).

Je mnoho možností, jak přistupovat ke zkoumání rostlinných lučních společenstev a jejich ovlivňování managementem. Jedním z nich je přihlídnutí k ekologickým funkčním skupinám ve struktuře lučního porostu (Lavorel et al. 1999, Díaz et al. 1999, Liira a Zobel 2000). Tohoto přístupu jsem využil na dlouhodobě pasené lokalitě Lesná v Bílých Karpatech, kde byly v r. 2003 založeny trvale pokusné plochy, v nichž je kombinován typ obhospodařování (pastva, kosení, necháno ladem) a přihnojování (s přidavkem hnojiva a bez přidavku). Cílem projektu je zjistit, jakým směrem se posune rovnováha v rostlinném lučním společenstvu, doposud vystavenému jen dlouhodobé kontinuální pastvě, po náhlém zavedení odlišného managementu. Trend ve vývoji vegetace je sledován ve třech krocích: (i) je sledován vliv experimentálního zásahu v proporčním rozložení ekologických funkčních skupin; (ii) dále vliv zásahu na produkci podzemní biomasy; a (iii) procentuálním odhadem pokryvnosti přítomných druhů na trvalých plochách je zjišťována fluktuace jednotlivých druhů. Získanými daty bude možno do budoucna lépe objasnit otázku, jaký typ obhospodařování má nejvýznamnější podíl na zachování druhové pestrosti bělokarpatských luk.

2. Cíle práce

Moje práce je rozdělena do dvou experimentů. V Bílých Karpatech na lokalitě Lesná byl před dvěma léty založen rozsáhlejší terénní experiment pro dlouhodobé sledování změn v lučních společenstev v různě obhospodařovaných plochách. Mým cílem je monitorovat první změny, které by mohly být pozorovány již druhým rokem. Svou práci jsem doplnil o jednoduchý klimaboxový experiment, kterým bych chtěl zjistit možný směr realizace složitějších klimaboxových pokusů ohledně simulace pastvy.

2.1. Terénní experiment

- 1) Změní se vegetace na pastvině, na které náhle změníme způsob obhospodařování?
- 2) Bude se lišit struktura lučního porostu (z hlediska ekologických funkčních skupin) na pokusných plochách s různým managementem již druhým rokem?
- 3) Bude se lišit počet druhů lučního společenstva na pokusných plochách s různým managementem již druhým rokem?

2.2. Klimaboxový experiment

- 1) Jaká je odpověď vybraných lučních druhů na zásah (defoliaci) v kontrolních podmínkách?
- 2) Jak se mění odpověď růstových charakteristik na zásah v čase?

3. Metodika

3.1. Terénní experiment

3.1.1. Popis lokality

Pokus byl proveden na lokalitě Lesná. Lokalita se nachází 2 km východně od obce Horní Němčí v centrální části Bílých Karpat. Jedná se o rozsáhlý komplex pastvin s roztroušenými stromy (duby) i souvislejšími porosty keřů na svazích kopce. Lokalita je představována dominantním kopcem v okolní krajině (696 m n. m.). Podklad tvoří zvrásněné svodnické souvrství bělokarpatské jednotky magurského flyše, konkrétně vápnité jílovce, slínovce a vápnité pískovce (Mackovčín et al. 2002). Území (rozloha přibližně 20 ha) bylo v posledních 50 letech intenzivně zemědělsky využíváno jako extenzivní pastvina, případně jako přepásané louky.

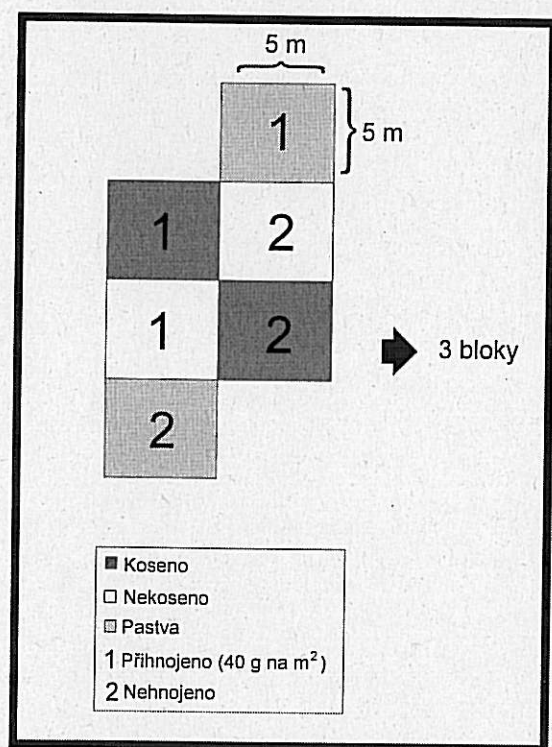
Lokalita je nadále pastevnický využívána. Fytocenologicky patří vegetace převážně do svazu *Bromion* s některými prvky svazu *Arrhenatherion* a *Cynosurion*. Dominantním druhem je *Bromus erectus*, dále je častý výskyt druhů *Achillea millefolium*, *Trifolium pratense*, *Trifolium repens*, *Agrostis tenuis*, *Veronica serpyllifolia* a *Trisetum flavescens*. (nomenklatura: Rothmehler 1976).

3.1.2. Uspořádání pokusu

V červnu 2003 byl založen experiment strukturovaný jako systém úplných tří znáhodněných bloků. (Obr. 1). Byly aplikovány dva zásahy: hnojení o dvou hladinách (hnojeno – dávka 40g na m²/rok, a nehnojeno) a rozdílný způsob managementu (UM „unmanaged meadow“ – bezzásahový, MM „managed meadow“ – kosení, GM „grazed meadow“ – pastva). Všechny zásahy byly provedeny na 5 x 5 m trvalých pokusných plochách. Plochy byly takto ošetřeny vždy koncem června, hnojivo NPK bylo aplikováno v roce 2003 koncem června, v roce 2004 v březnu. Pastva skotu je na lokalitě provozována kontinuálně během celé vegetační sezóny od konce dubna do poloviny října. Na pastvině byl zajištěn chov těchto mastných plemen skotu: červená stračena, holstein, černý abrdeen a limuzín.

V roce 2003 byl pokus založen před aplikací zásahů pro získání „baseline“ data, ve vegetační sezóně 2004 byly monitorovány první změny.

V centru každé 5 x 5 m plochy byl vytýčen menší 1 x 1 m trvalý čtverec. Ten byl rozdělen na devět malých ploch (0,33 x 0,33 m), a v nich byla získávána opakovaně (2003 a 2004) vlastní data o přítomnosti a pokryvnosti druhů vyšších cévnatých rostlin (celkem byla odhadnuta pokryvnost v 324 čtvercích). Dále byla (červen a září 2004) odebírána nadzemní biomasa (10 náhodných odběrů na každé 5 x 5 m ploše) a půdní kóra (červen 2004) do 10 cm hloubky půdního profilu (5 náhodných odběrů na každé ploše). Půdní vzorky a nadzemní biomasa byly odebírány vždy mimo centrální 1 x 1 m čtverec. Nadzemní biomasa byla roztříděna na základě morfologie a ekologických vlastností na funkční skupiny: (i) **trávy**, (ii) **rostliny fixující vzdušný dusík**, (iii) **rostliny tvořící růžice**, (iv) **rostliny s plazivým stonkem**, (v) **ostatní rostliny** (všechny rostliny nezapadající do předchozích kategorií, tzn. převážně rostliny se vzpřímeným olistěným stonkem). Vyhovovala-li některým druhům více než jedna skupina, k zařazení byla použita skupina uvedená v seznamu dříve. Každá půdní kóra byla promývána, byl odstraněn půdní substrát. Zbylá rostlinná podzemní biomasa byla roztříděna na oddenky a kořeny. Roztříděná biomasa byla sušena při 80 °C po 24 hodin a následně zvážena na analytických vahách.



Obr. 1: Uspořádání pokusu na studované lokalitě Lesná.

3.1.3. Statistické vyhodnocení

K hodnocení změn v rostlinných společenstvech byla užita redundanční analýza RDA v CANOCO programu (ter Braak a Šmilauer 2002). RDA je přímá gradientová analýza, která předpokládá lineární odpověď druhu na zásah (Lepš a Šmilauer 2003). Zvolená metoda odraží fakt, že je složení druhů na studované lokalitě relativně homogenní. Metoda umožňuje testovat efekty jednotlivých zásahů. K tomu slouží F statistika založená na permutacích dat (v tomto případě bylo užito 499 permutací). RDA analýza měla split-plot uspořádání (data z devíti 0.33 x 0.33 m plošek v rámci 1 x 1 m čtverce byla opakovaně 2x odečítána v 2003 a 2004). Whole plots byly údaje ze dvou sezón, tedy 18, split-plots byla data z devíti plošek. Data byla permutována v rámci whole i split plots. Pro testování vlivu jednotlivých zásahů byla odstraněna variabilita daná časem (kovariáta). Data mají formu opakovaného měření, tedy interakce mezi časem a zásahy je užita pro detekci dynamiky rostlinných společenstev v plochách rozdílně ošetřených. Výsledky RDA analýz jsou vizualizovány pomocí ordinačních diagramů konstruovaných v programu CanoDraw 4.5. V diagramech jsou znázorněny pouze druhy, které nejlépe fitují ordinační osy, následně jsou diskutovány i nezobrazené druhy.

Data o počtech druhů byla hodnocena užitím metody ANOVA pro opakovaná měření (repeated measurements) ve statistickém programu STATISTICA ver. 5.5 (StatSoft, 1999). Pro vyhodnocení vztahu mezi získanými daty o biomase a vysvětlujícími proměnnými jsem také použil ANOVu pro opakovaná měření, ve které byly srovnávány reakce jednotlivých funkčních skupin na druh managementu a efektu hnojení. Za *repeated measurement* faktor jsem považoval čas (dvě hladiny). Pro vyhodnocení podzemní biomasy byla jsem využil faktoriální ANOVu. Pro znázornění tendencí jsem použil „box and whisker plot“ grafů, zobrazující průměr \pm střední chyba průměru (whiskers). Spojují-li pozorování různých managementů, neznázorňuji tím interpolaci, ale usnadňuji tím vizualizaci.

3.2. Klimaboxový experiment

3.2.1. Podmínky v klimaboxu

Pokus proběhl v prostředí jednoduchého růstového zařízení s řízenými podmínkami prostředí (teplotou a dobou osvitů). Teplota byla po celou dobu pokusu udržována na cca 20°C, světlo bylo zajišťováno pomocí speciálních zářivek na 12 hodin denně.

3.2.2. Uspořádání pokusu

Pro pokus bylo vybráno 5 modelových druhů lučních rostlin vyskytující se ve větším zastoupením i na lokalitě Lesná, tak aby každý druh reprezentoval jednu funkční skupinu:

Trávy - trojštět žlutavý (*Trisetum flavescens*)

Rostliny fixující vzdušný dusík - jetel luční (*Trifolium pratense*)

Rostliny tvořící růžice - jitrocel kopinatý (*Plantago lanceolata*)

Rostliny s poléhavým až plazivým stonkem - rozrazil lékařský (*Veronica officinalis*)

Rostliny ostatní - řebříček obecný (*Achillea millefolium*)

Rostliny byly předpěstovány a dále po jednom jedinci sázeny do kulatých květináčů o horním průměru 9,5 cm a výšce 8 cm naplněných směsí zahradnické zeminy a písku v poměru 2:1. Bylo připraveno 12 květináčů pro zásah (defoliaci), 12 květináčů jako kontrola. Jednotlivé květináče byly náhodně umístěny do podlouhlých plastových misek, ve kterých byla průběžně doplňována voda. 7.1.2005 jsem provedl zásah definovaný u jednotlivých druhů následovně:

Trisetum flavescens - odstraněny všechny listy do výšky 1,5 cm

Trifolium pratense - odstraněny všechny listy

Plantago lanceolata - ponechán jediný vývojově nejmladší list

Veronica officinalis - hlavní stonk odstraněn, ponechány jen dva vstříčné spodní listy

Achillea millefolium - ponechán vývojově nejmladší list

Odnože u každé rostliny byly ponechány neporušené

Po zásahu jsem třikrát během pokusu (17.1., 25.1. a 8.2.) měřil růstové charakteristiky rostlin:

- (i) počet listů u všech druhů
- (ii) počet odnoží - u druhů, které odnožovaly, u *Veronica officinalis* počet větvení
- (iii) délka nejdelšího listu - u *Veronica officinalis* délku celé rostliny i s nejvýše postaveným listem na stonku

3.2.3. Statistické vyhodnocení

Data o změnách růstových charakteristik na experimentální zásah v čase byla zpracována pomocí statistického programu STATISTICA ver. 6.0 (StatSoft, 2001). Pro vyhodnocení vztahu mezi získanými daty a vysvětlující proměnnou jsem použil ANOVu pro opakované měření, pomocí které byly srovnávány reakce jednotlivých druhů rostlin na defoliaci s jejich kontrolou. Za *repeated measurement* faktor jsem považoval čas (čtyři hladiny). Pro znázornění trendů jsem použil „box and whisker plot“ grafů, zobrazující průměr s 95% konfidenčním intervalem (whiskers).

4. Výsledky

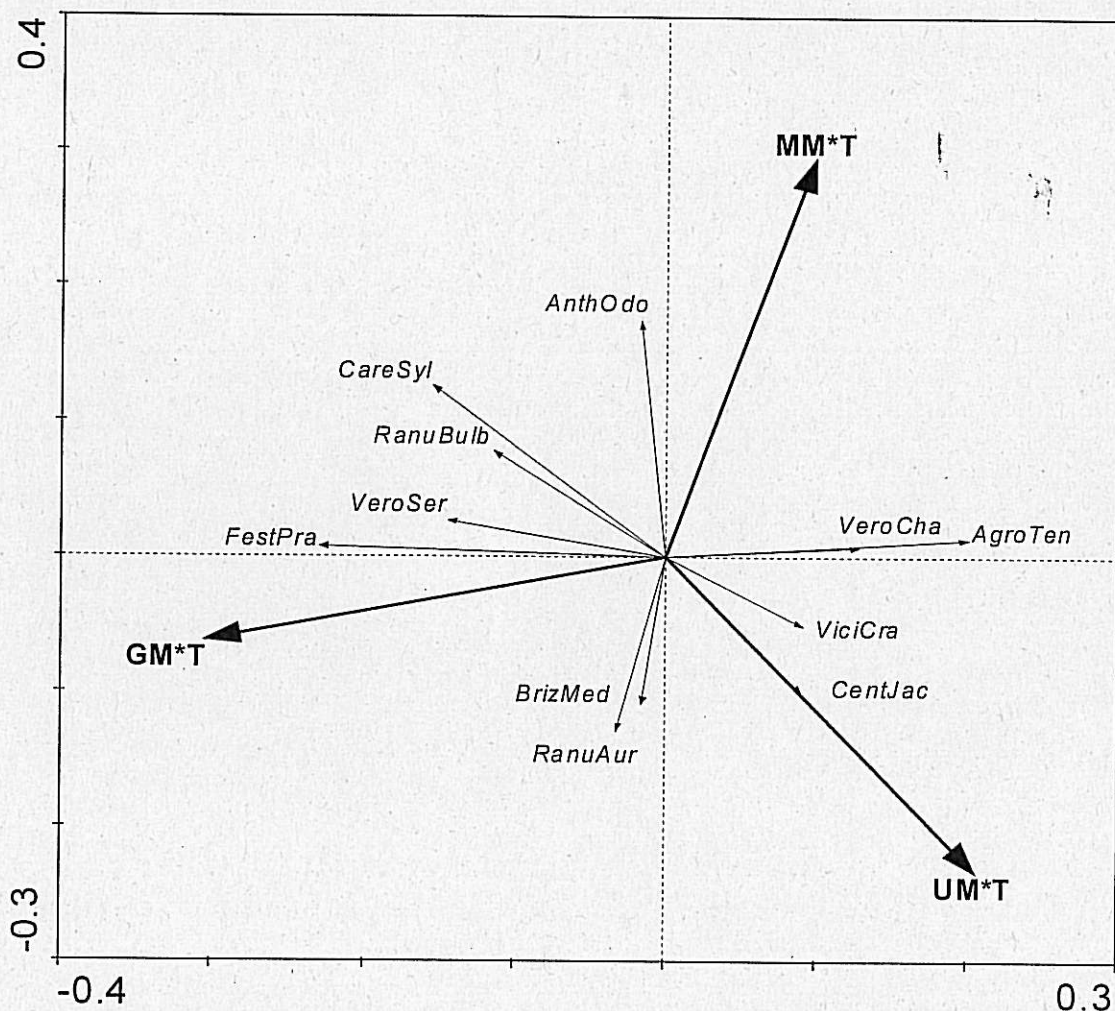
4.1. Terénní experiment

RDA analýza A1 (Tab. 1) ukázala, že oba experimentální zásahy výrazně ovlivnily složení vegetace v trvalých plochách již v druhém roce od založení pokusu. Další analýzy A2 a A3 ukazují signifikantní vliv rozdílného managementu a přihnojení na druhové složení společenstev (Tab. 1).

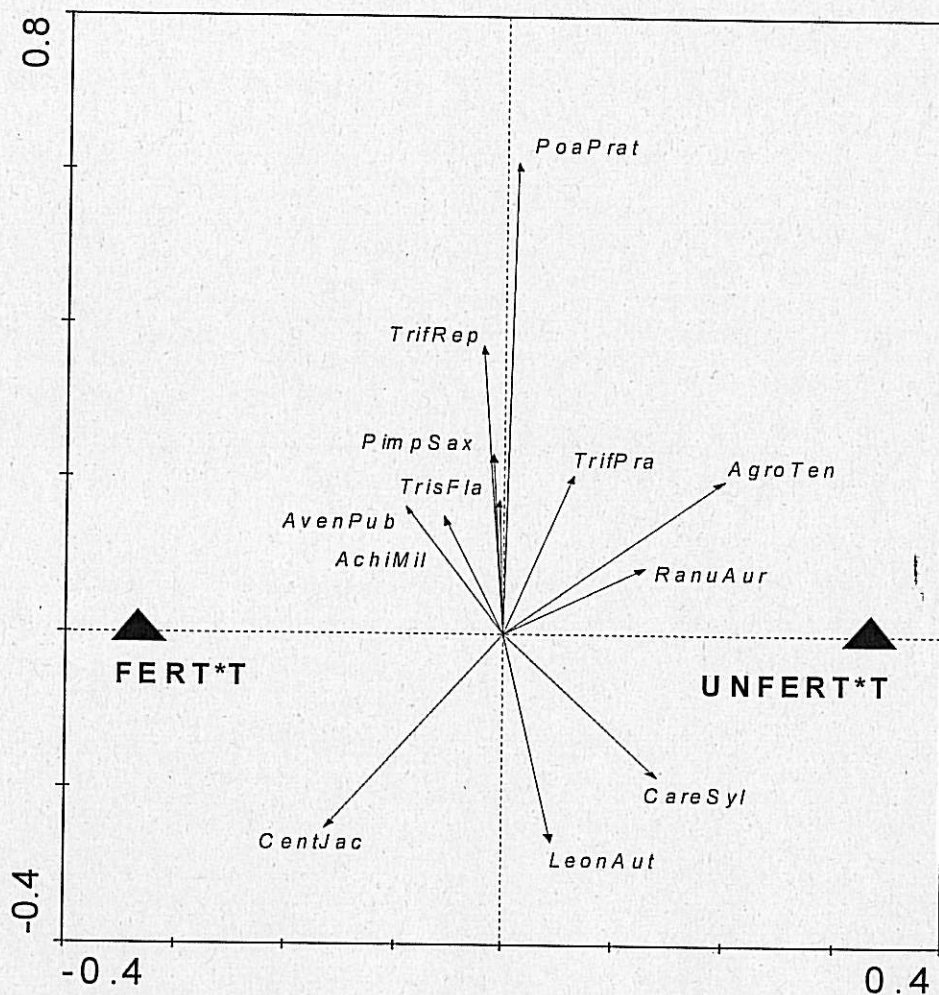
Proměnná	Kovariáta	% ax1 (all)	r ax1	F-value	p
A1: GM*T; UM*T, MM*T, F*T	T, PlotID	2,1 (27,7)	0,62	2,260	0,002
A2: GM*T,UM*T, MM*T	F*T, T, PlotID	2,0 (27,3)	0,62	2,265	0,002
A3: F*T	GM*T, UM*T, MM*T, T, PlotID	1,4 (26,9)	0,56	2,249	0,008

Tab. 1: Výsledky RDA analýz. % ax1 (all) - % druhové variability vysvětlené první osou (všemi osami), r ax1 - korelace mezi druhovým složením a proměnnými prostředí na první ose, F-value - hodnota F-testu, p - hodnota testového kritéria získaná Monte Carlo permutačním testem (499 permutací), T - čas, PlotID - identifikátor každé plochy, * - interakce. Zkratky: UM - un-mowed meadow (ladem ponechaná plocha), MM - mowed meadow (kosená plocha), GM - grazed meadow (přepásaná plocha), F - efekt přihnojování.

Reakce jednotlivých druhů na aplikovaný management a přihnojení jsou prezentovány na Obr. 2 a 3. Obr. 2 ukazuje, že druhy s největší pokrývností v plochách nechaných ladem jsou *Centaurea jacea* a *Vicia cracca*. V plochách dobyt看em spásaných jsou hojné *Festuca pratensis*, *Veronica serpyllifolia* a *Ranunculus bulbosus*. Obr. 3 demonstruje, že na přihnojení nejvíce reagovaly druhy *Achillea millefolium* a *Centaurea jacea*. *Pimpinella saxifraga*, *Trifolium repens* a *Poa pratensis* na přihnojení nereagovaly, zato *Agrostis tenuis* a *Ranunculus auricomus* měly větší pokrývnost v plochách nehnojených.



Obr. 2: Ordinační diagram RDA analýzy A2 (tabulka 1). Ax1 % (all): 2,0 (27,3), F = 2,265, p = 0,002. Druhy: *AnthOdo* – *Anthoxantum odoratum*, *CareSyl* – *Carex sylvatica*, *RanuBulb* – *Ranunculus bulbosus*, *VeroSer* – *Veronica serpyllifolia*, *FestPra* – *Festuca pratensis*, *BrizMed* – *Briza media*, *RanuAur* – *Ranunculus auricomus*, *CentJac* – *Centaurea jacea*, *ViciCra* – *Vicia cracca*, *AgroTen* – *Agrostis tenuis*, *VeroCha* – *Veronica chamaedrys*. Zkratky: UM - un-mowed meadow (ladem ponechaná plocha), MM - mowed meadow (kosená plocha), GM - grazed meadow (přepásaná plocha), T - čas. Zobrazeny jsou pouze druhy, které vysvětlily nejvíce variability v datech.

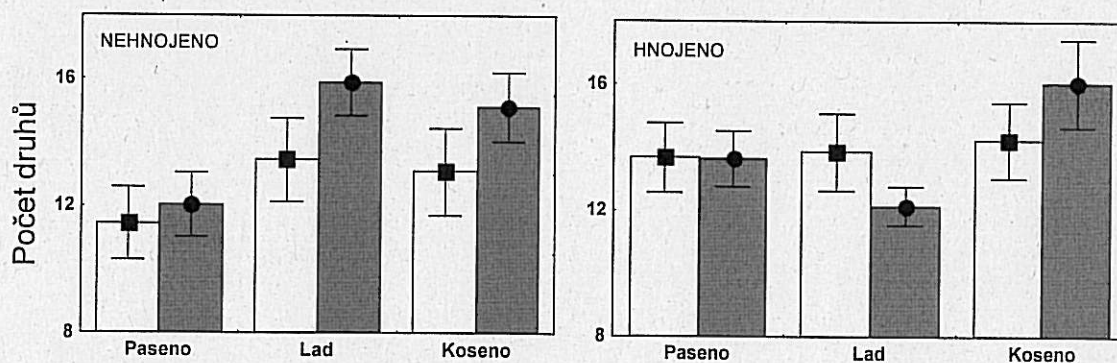


Obr. 3: Ordinační diagram RDA analýzy A3 (Tabulka 1). Druhy: *CareSyl* – *Carex sylvatica*, *PoaPrat* – *Poa pratensis*, *RanuAur* – *Ranunculus auricomus*, *CentJac* – *Centaurea jacea*, *TrifRep* – *Trifolium repens*, *PimpSax* – *Pimpinella saxifraga*, *TrisFla* – *Trisetum flavescens*, *AvenPub* – *Avenula pubescens*, *AchiMil* – *Achilea millefolium*, *LeonAut* – *Leontodon autumnalis*, *AgroTen* – *Agrostis tenuis*, *TrifPra* – *Trifolium pratense*. FERT - hnojeno, UNFERT - nehnojeno, T - čas. Zobrazeny jsou pouze druhy, které vysvětlily nejvíce variability v datech.

ANOVA pro opakované měření (blok – faktor s náhodným efektem) ukázala, že druhová diverzita mezi užitými zásahy nebyla signifikantně ovlivněna (Tab. č. 2). Grafické výstupy analýzy jsou uvedeny na Obr. 4. Zajímavý je výrazný rozdíl v počtu druhů mezi experimentálními bloky. Je to důsledek toho, že blok č. 2 vytýčený na dolním okraji pastviny, měl v průměru vyšší zastoupení druhů než dva zbývající bloky umístěné v horních částech pastviny, kde byl evidentně vyšší defoliační tlak ze strany herbivorů. Obrázek též poukazuje na fakt, že odezva v počtu druhů na pastvině se projevuje až v dlouhodobějším časovém měřítku.

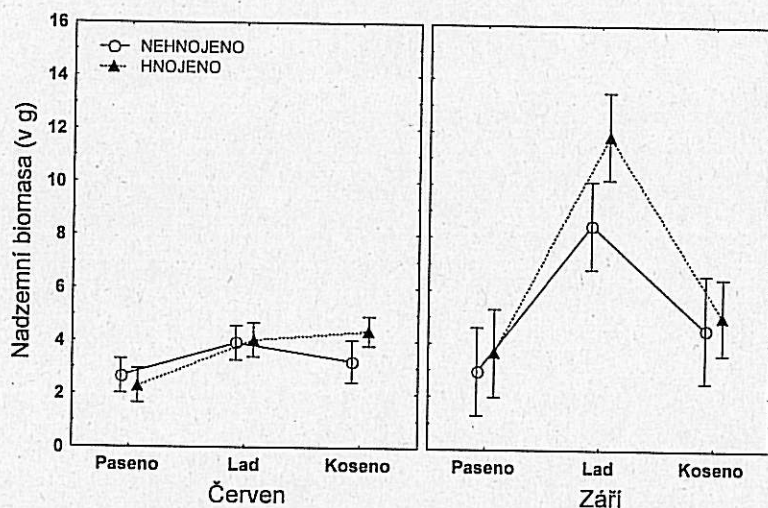
Proměnná	Stupně volnosti	Hodnota - F	Hodnota - p
Blok	2	935,56	< 0,001
Management	2	3,1	n.s.
Hnojení	1	0,62	n.s.
Čas	1	1,35	n.s.
Management*Čas	2	1,25	n.s.
Hnojení*Čas	1	6,02	n.s.

Tab. 2: Výsledky ANOVy pro opakovaná měření pro celkové počty druhů v monitorovaných plochách.



Obr. 4: Průměrný počet druhů vyšších rostlin (sloupce) v plochách různě obhospodařovaných s ohledem na dvě hladiny živin (dva grafy) a odběrovou sezónu. Bílé sloupce odběr 2003, šedé sloupce odběr 2004.

Na obr. 5 jsou znázorněny dva odběry nadzemní biomasy v roce 2004. Je zde dobře patrný efekt defoliace během roku, kdy hmotnost biomasy vegetace během léta nechané ladem na podzim převyší hmotnost biomasy v obhospodařovaných plochách.

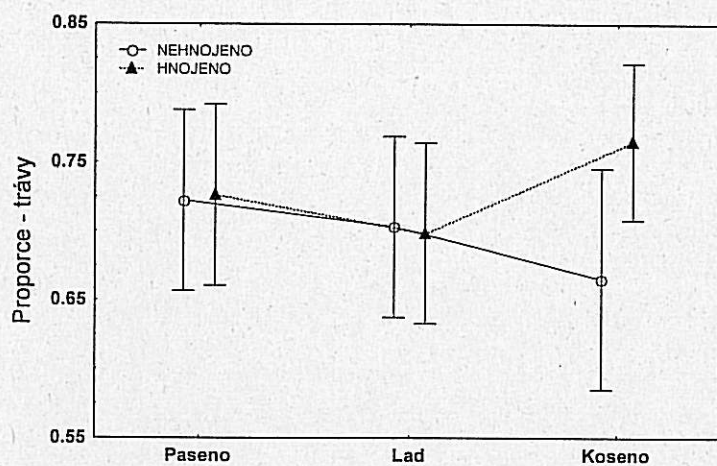


Obr. 5: Porovnání celkové nadzemní biomasy dvou odběrů v jednotlivých managementech, s přidavkem hnojiva a bez přidavku hnojiva. Management: $F(2, 174) = 40,79$; $p < 0,05$; Hnojeno: $F(1, 174) = 5,33$; $p = 0,02$; Interakce čas*management*hnojeno: $F(2, 174) = 2,46$; $p = 0,08$

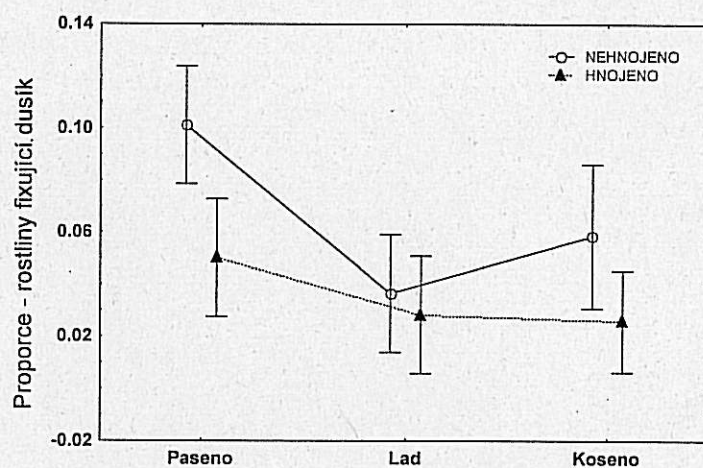
Obrázky 6 až 10 ukazují výsledky ANOVY pro opakované měření proporčních zastoupení jednotlivých funkčních skupin podle druhu experimentálního zásahu. V managementu paseno se stírá efekt hnojení (obr. 6, 8 a 10), kromě rostlin fixujících dusík (obr. 7) a rostliny s plazivým stonkem (obr. 9). Rostliny fixující dusík reagují na zásah hnojeno/nehnojeno citlivěji, bez přidavku hnojiva se jim dařilo lépe. Rostliny s plazivým stonkem pro své malé proporční zastoupení nemají pro toto a další srovnávání moc velkou výpovědní hodnotu. Přesto lze konstatovat, že různý typ managementu ani přihnojení v dvouletém experimentu neměly velký vliv na změnu v proporčním zastoupením této funkční skupiny.

V managementu „necháno ladem“ rostliny fixující dusík (obr. 7) ztrácí své kompetiční výhody a ustupují druhům skupiny „rostliny ostatní“ (obr. 10).

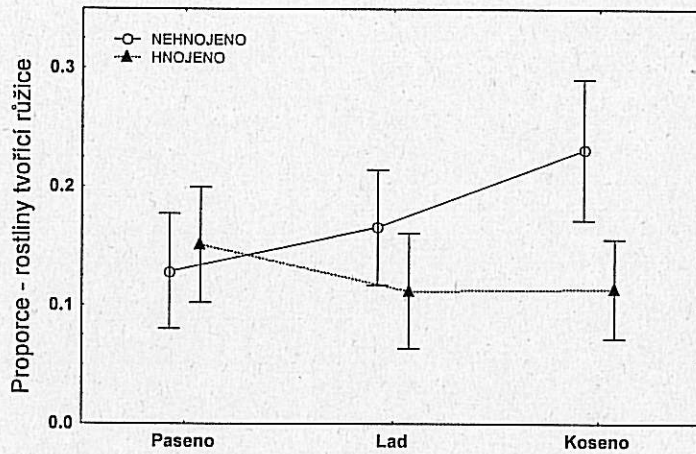
Trávy (obr. 6) reagují kladně na přihnožování v managementu koseno. Zde se jim daří výrazně dobře na rozdíl od rostlin tvořící růžice (obr. 8) a rostlin fixujících dusík (obr. 7), kterým vyhovuje spíše nepřítomnost přidavku hnojiva.



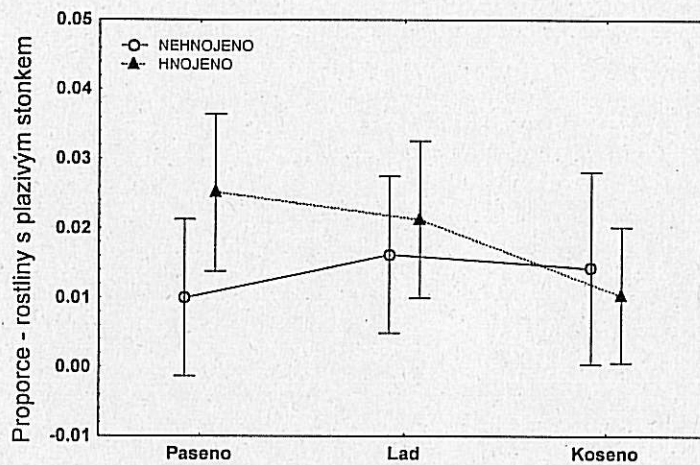
Obr. 6: Porovnání proporcí nadzemní biomasy trav v jednotlivých managementech, s přidavkem hnojiva a bez přidavku hnojiva. Management: $F(2, 174) = 0,25$; $p = 0,77$; Hnojeno: $F(1, 174) = 1,41$; $p = 0,23$; Interakce management* hnojeno: $F(2, 174) = 1,39$; $p = 0,24$



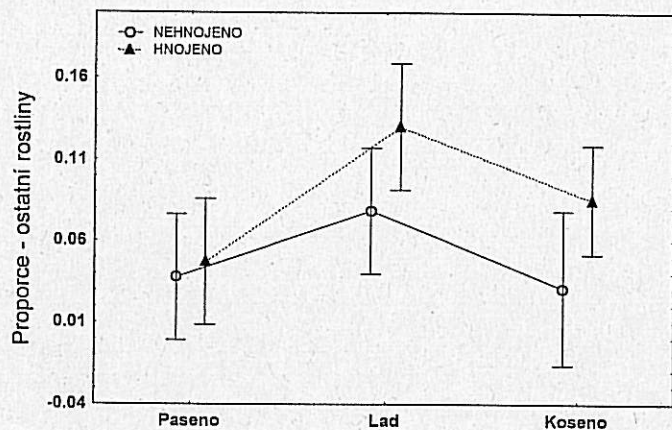
Obr. 7: Porovnání proporcí nadzemní biomasy rostlin fixující dusík v jednotlivých managementech, s přidavkem hnojiva a bez přidavku hnojiva. Management: $F(2, 174) = 7,84$; $p < 0,5$; Hnojeno: $F(1, 174) = 10,32$; $p < 0,5$; Interakce management* hnojeno: $F(2, 174) = 1,76$; $p = 0,17$



Obr. 8: Porovnání proporcí nadzemní biomasy rostlin tvořící růžice v jednotlivých managementech, s přidavkem hnojiva a bez přidavku hnojiva. Management: $F(2, 174) = 1,11$; $p = 0,33$; Hnojeno: $F(1, 174) = 5,84$; $p = 0,01$; Interakce management* hnojeno: $F(2, 174) = 3,81$; $p = 0,02$

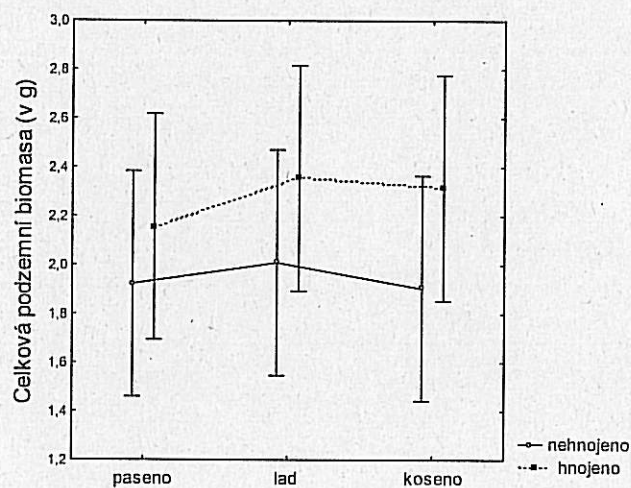


Obr. 9: Porovnání proporcí nadzemní biomasy rostlin s plazivým stonkem v jednotlivých managementech, s přidavkem hnojiva a bez přidavku hnojiva. Management: $F(2, 174) = 0,65$; $p = 0,52$; Hnojeno: $F(1, 174) = 1,31$; $p = 0,25$; Interakce management* hnojeno: $F(2, 174) = 1,30$; $p = 0,27$

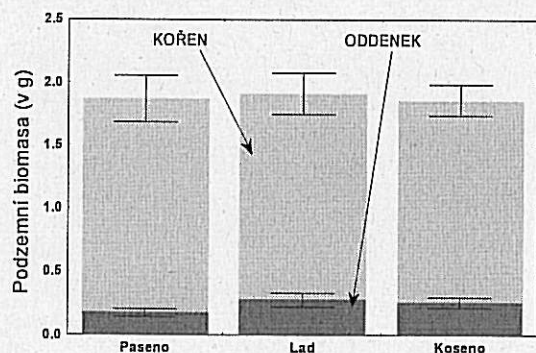


Obr. 10: Porovnání proporcí nadzemní biomasy ostatních rostlin v jednotlivých managementech, s přidavkem hnojiva a bez přidavku hnojiva. Management: $F(2, 174) = 5,34$; $p < 0,05$; Hnojeno: $F(1, 174) = 5,56$; $p = 0,01$; Interakce management* hnojeno: $F(2, 174) = 0,79$; $p = 0,45$

Pomocí faktoriální ANOVy nebyly v produkci podzemní biomasy mezi jednotlivými managementy žádné rozdíly zaznamenány (obr. 11 a 12).



Obr. 11: Porovnání celkové podzemní biomasy v jednotlivých managementech, s přidavkem hnojiva a bez přidavku hnojiva. Management: $F(2, 84) = 0,18$; $p = 0,82$; Hnojeno: $F(1, 84) = 3,03$; $p = 0,08$; Interakce management* hnojeno: $F(2, 84) = 0,73$; $p = 0,92$



Obr. 12: Porovnání podílu biomasy kořenů a oddenků v jednotlivých managementech.

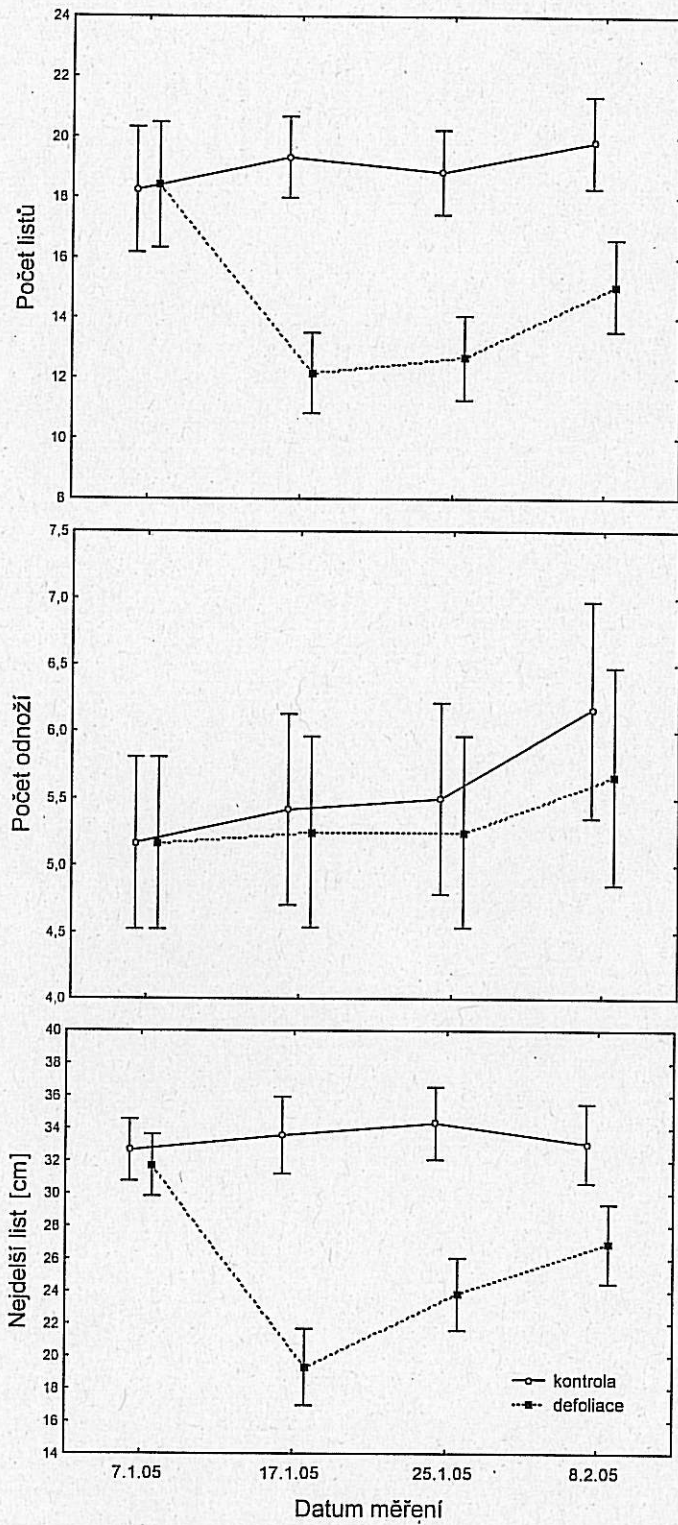
4.2. Klimaboxový experiment

Reakce vybraných druhů *Trisetum flavescens* (obr. 13), *Trifolium repens* (obr. 14), *Plantago lanceolata* (obr. 15), *Veronica officinalis* (obr. 16) a *Achillea millefolium* (obr. 17) na defoliaci v čase byla odlišná. Dne 7. ledna byly rostliny defoliovány a v dalších měření byla pomocí třech různých charakteristik (u druhu *Plantago lanceolata* jsou jen dvě, protože netvořil odnože) pozorována jejich schopnost odolávat disturbanci.

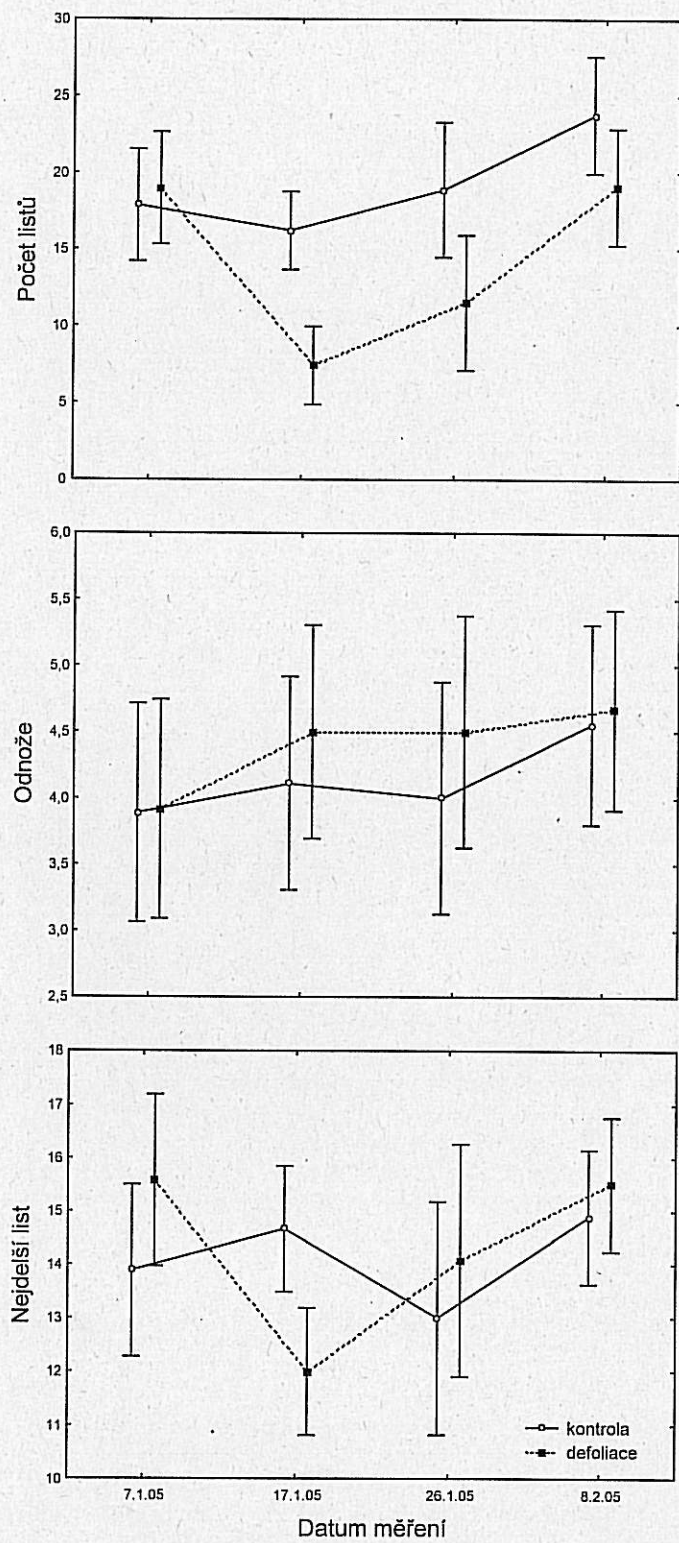
V prvním měření po zásahu začaly druhy odnožovat (resp. větvit se u *Veronica officinalis*) rychleji nebo alespoň ve stejné intenzitě jako kontrolní rostliny. Jediný druh *Trisetum flavescens* se vymyká obecnému trendu, kdy jsem obnovu tvorby odnoží zaznamenal až v posledním třetím měření od provedení zásahu (obr. 13).

Druhy *Trifolium repens*, *Veronica officinalis* a *Achillea millefolium* pružně reagovaly na odstranění listů a ke konci pokusu se počet listů vyrovnal kontrole nebo se jí alespoň blížil. *Plantago lanceolata* a *Trisetum flavescens* reagovaly pomaleji.

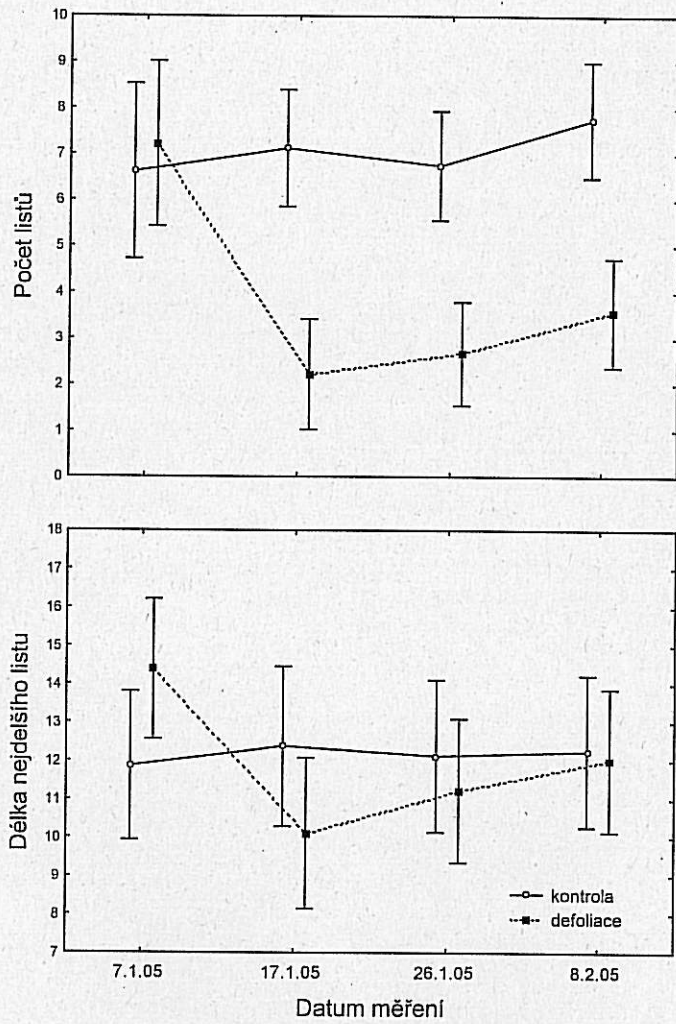
Druh *Achillea millefolium* po zásahu přestal investovat do délky jednotlivých listů, začal tvořit větší počet odnoží a listů na rozdíl od druhu *Plantago lanceolata*, který měl tendenci chovat se opačně.



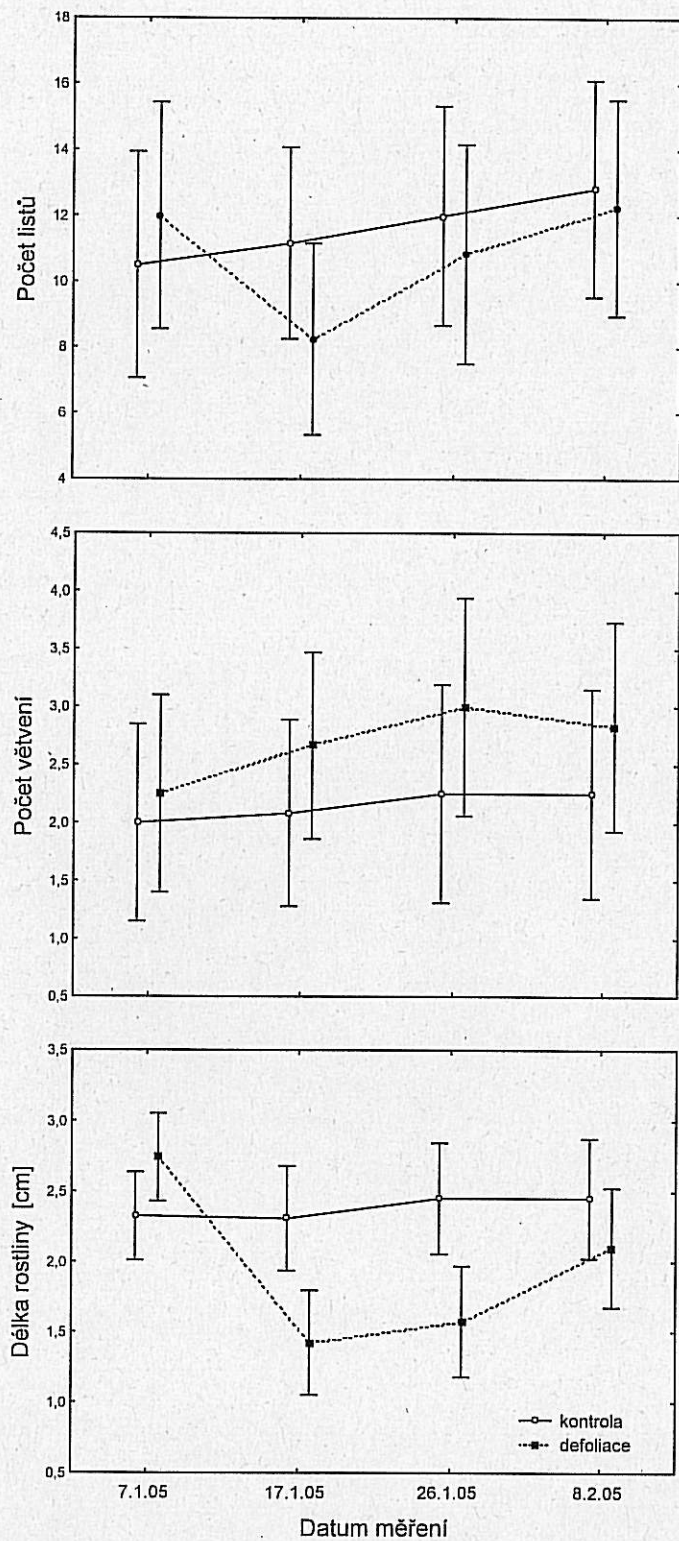
Obr. 13: Růstové charakteristiky druhu *Trisetum flavescens*, interakce čas*defoliace. Počet listů ($F(3,66) = 19,78$; $p < 0,05$); počet odnoží ($F(3,66) = 0,82$; $p = 0,49$); délka nejdelšího listu ($F(3,66) = 33,45$; $p < 0,05$)



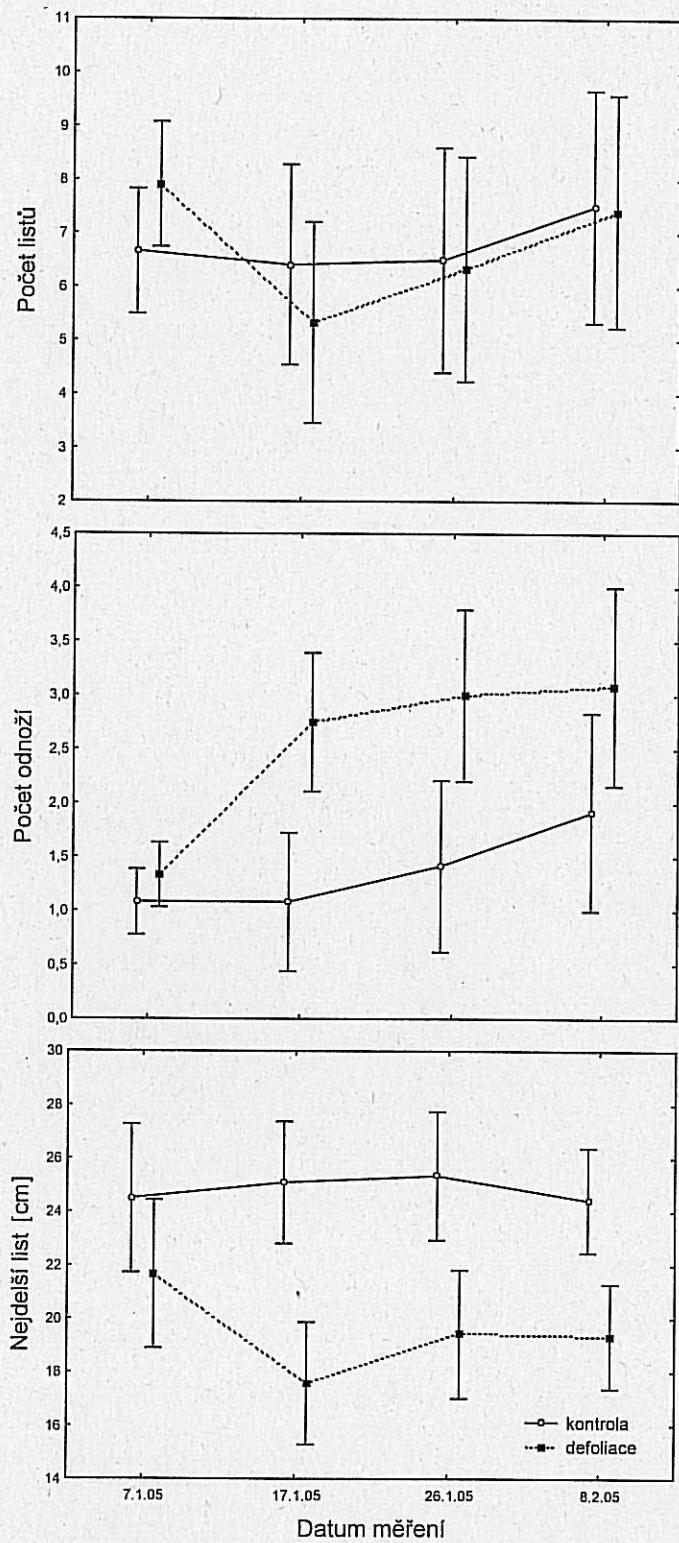
Obr. 14: Růstové charakteristiky druhu *Trifolium pratense*, interakce čas*defoliace. Počet listů ($F(3,66) = 7,83$; $p < 0,05$); počet odnoží ($F(3,66) = 0,87$; $p = 0,46$); délka nejdelšího listu ($F(3,66) = 4,29$; $p = 0,01$)



Obr. 15: Růstové charakteristiky druhu *Plantago lanceolata*, interakce čas*defoliace. Počet listů ($F(3,66) = 17,39$; $p < 0,05$); délka nejdelšího listu ($F(3,66) = 19,50$; $p < 0,05$)



Obr. 16: Růstové charakteristiky druhu *Veronica officinalis*, interakce čas*defoliace. Počet listů ($F(3,66) = 3,20$; $p = 0,03$); počet větvení ($F(3,66) = 1,31$; $p = 0,28$); délka rostliny ($F(3,66) = 21,30$; $p < 0,05$)



Obr. 17: Růstové charakteristiky druhu *Achillea millefolium*, interakce čas*defoliace. Počet listů ($F(3,66) = 2,06$; $p = 0,11$); počet odnoží ($F(3,66) = 4,14$; $p < 0,05$); délka nejdelšího listu ($F(3,66) = 3,89$; $p = 0,01$)

5. Diskuse

5.1. Druhové složení vegetace

Druhové změny ve vegetaci na rozdílné zásahy jsem zkoumal použitím těchto atributů: (i) odečítání pokryvnosti jednotlivých druhů a (ii) zaznamenání prezence (počtu) druhů vyšších rostlin v ploškách. Složení vegetací se velice diferencovala pod jednotlivými aplikovanými zásahy, ale změny v počtech druhů zaznamenány nebyly. Změna ve složení vegetace je pravděpodobně způsobena poměrně vysokou adaptací vegetace temperátních typů vůči disturbanci a tím pádem i rychlejší regenerací – tj. jsou zřejmě schopny vyšší resilience (Lepš et al. 1982), a jednak některé druhy okamžitě byly schopné obnovy po okusu. Týká se to především jednoletek (Grime 2001). V našem případě jde o druh *Veronica arvensis*, který je nadále schopen perzistovat ve spásaném společenstvu, avšak v plochách kosených a ponechaných ladem (navíc přihnojených) rychle ustoupil. Právě tento jednoletý druh společně s *Cerastium holosteoides* bývá hojný na pastvinách podobného typu a jeho prezence se vysvětluje mechanismem rychlé obnovy ze semenné banky (Hejcman 2002). *chybí v cit.*

Na druhé straně je známo, že amplituda odpovědi na jistý disturbanční zásah bývá menší ve společenstvech, kde disturbanční činitel působí po velmi dlouhou dobu (McIntyre et al. 1996, Bakker 1989). Reakce na určitý zásah mohou být ale i okamžité, a to zejména v případě, kdy disturbance může způsobit náhlou změnu v ekosystému (Díaz et al. 1999). To je i zřejmě důvod, proč jsem detekoval změny ve vegetaci již v druhém roce sledování. Fertilizace a opuštění pastvy vedly k rychlé odezvě, protože tyto faktory byly aplikovány v prostředí, které bylo adaptováno po dlouhou dobu „jen“ na defoliaci přítomných druhů. Odpovědi jednotlivých druhů se na užitě aplikované zásahy ovšem logicky liší, kdy se uplatňují ekologické znaky jednotlivých druhů, jinými slovy úlohu hraje „identita“ jednotlivých druhů (Bullock et al. 2001b, Lavorel a Garnier 2002). V následujících řádcích proto budu diskutovat významnější jevy, které jsem zaznamenal během odběru dat.

Je obecně známo, že vyšší stupeň defoliace - pastvy vede ke vzrůstu zastoupení druhů plazivého vzrůstu (např. Bullock et al. 2001b). Ty bývají citlivé na změny v intenzitě pastvy (Pavlu et al. 2003a). Rozdíly v druhovém složení v mém experimentu jsou v souladu s tímto předpokladem, kdy jsem zaznamenal vyšší pokryvnost druhů *Ajuga reptans*, *Veronica serpyllifolia* a *Trifolium repens*, na nadále spásaných plochách. Na spásaných plochách jsou dále upřednostňovány druhy s vyvinutou přizemní růžicí listů (McIntyre et al. 1995), jako jsou druhy rodu *Plantago* a *Hieracium*. Vyšší pokryvnost druhu *Festuca pratensis*

na spásaných plochách si nedovedu vysvětlit, předpokládal jsem spíše, že jeho pokryvnost bude vyšší spíše v plochách kosených. Možným vysvětlením může být preference tohoto druhu na místa koncentrace výkalu. Pokus též částečně ukázal, že velmi citlivým druhem na okus je *Elytrigia repens*, který svoji pokryvnost v nepasených zvyšoval. Jiný světlomilný druh *Taraxacum* sect. *Ruderalia* měl větší pokryvnost v plochách ponechaných ladem, což je vysvětlováno vyšším obsahem dostupných minerálních látek z rozloženého rostlinného materiálu (Gaisler et al. 2004). V tomto prostředí se dále realizovaly druhy, které jsou hojně na okrajích pastviny, které bývají zpravidla citlivé vůči pastvě, kdy perzistují jen ve vegetativním stádiu vývoje. Jedná se o druhy *Centaurea jacea*, *Centaurea phrygia* a *Vicia cracca*.

Přestože efekt hnojení měl vliv na změnu pokryvnosti jednotlivých druhů, žádný výrazný pattern není zřejmý.

5.2. Počet druhů

Nalezl jsem rozdíly v počtech druhů mezi bloky. Je to evidentně důsledek toho, že bloky byly zvoleny v takovém uspořádání, aby co nejlépe postihly variabilitu ve vegetaci na lokalitě. Bloky se částečně lišily intenzitou pastvy. V prostoru druhově bohatšího bloku č. 2 (průměr 25 druhů ve snímku) byl porost extenzivněji spásán, než v okolí ostatních bloků, kde se průměrný počet druhů pohyboval v rozmezí mezi 10 až 15 druhů na plochu 33 x 33 cm. Mezi jednotlivými zásahy jsem nezaznamenal žádný signifikantní rozdíl. Pro pozorování sukcesních trendů a změn počtu druhů je potřebný dlouhodobější odběr dat (Bakker 1989, Dodd et al. 2004).

5.3. Struktura lučního porostu

Výsledky z analýzy produkce ekologických funkčních skupin se pokouším přiblížit k problematice z jiného pohledu. Jistě, samotným sdružením do skupin se mnoho informací ztratí a zkreslí, na druhou stranu nám dovoluují zajímavé zobecňující pojetí (Lavorel et al. 1999).

Rostliny fixující dusík neměly zvláštní postavení nejen v mém pokusu, ale jsou důležité i pro zemědělskou produkci (Spehn et al. 2002). Prokázal jsem, že jejich reakce na přidavek hnojiva je spíše negativní a ustupují. Nejvýraznější rozdíly jsou v pasených plochách. Tento ústup může mít nepřímé vysvětlení v tom, že rostliny fixující dusík ztrácí své kompetiční výhody v konkurenci o světlo, která byla zvýšena přidavkem hnojiva (vyšší obsah živin v půdě umožňuje zvýšení produktivity společenstva a odchází k zastínění nižších sfér

bylinného patra). A proto jsou rostliny fixující dusík přerůstány rostlinami z jiných funkčních skupin, např. trávy v kosených plochách, kterým naopak hnojení vyhovuje. Rostliny se schopností poutat vzdušný dusík umožňují snižovat použití dusíkatých hnojiv na produkčních pastvinách, protože nejsou s dodávaným přídatkem hnojiva pozitivně korelovány (Pavlů et al. 2001).

Podobně jako rostliny fixující dusík reagují na přidavek hnojiva rostliny tvořící růžice, avšak hlavně v plochách nechaných ladem a ještě výrazněji v plochách kosených. Tento trend si vysvětlují opět pozitivní reakcí trav na přihnojování.

Zajímavé by bylo srovnání proporčního zastoupení rostlin s plazivým stonkem. Avšak jejich nízké zastoupení znesnadňuje interpretaci.

Celkovým srovnáním dvou odběrů během vegetační sezóny (červen, září) jsem potvrdil výrazný defoliační efekt na pasených a kosených plochách na lokalitě. Hmotnost nadzemní biomasy v neobhospodařovaných plochách na konci léta několikanásobně převýšila hmotnost biomasy ostatních ploch.

5.4. Podzemní biomasa

Porovnáním podzemní biomasy jsem nezískal žádný signifikantní výsledek, který by naznačoval rozdíly v produkci kořenů a oddenků pod různými managementy. Jsou možné dvě interpretace. První by naznačovala, že celková produkce podzemní biomasy reaguje na zásahy se zpožděním a druhým rokem od založení pokusu není zatím možné zaznamenat rozdíly. Druhá, různý management nemá na celkovou podzemní biomasu vliv. Tento problém může být vyřešen sledováním podzemní biomasy v dalších letech a zvolením jemnějšího třídění kořenů.

5.5. Klimaboxový experiment

Ve standardních podmínkách klimaboxu jsem sledoval schopnost obnovování pletiv vybraných lučních druhů. Rezistence je jeden z nejdůležitějších atributů, který určuje zda můžou druhy přežít pod tlakem pastvy nebo kosení (Briske 1996). U většiny sledovaných druhů jsem tuto schopnost prokázal, zásah jim neškodil, někdy i prospěl. V několika případech jsem však zaznamenal určité odchylky od tohoto trendu. Druhy *Trisetum flavescens* a *Plantago lanceolata* byly v obnovování listů (a odnoží u *Trisetum flavescens*) evidentně pomalejší než ostatní druhy. Možným vysvětlením může být fakt, že rostliny byly umístěny v květináčích po jedné a jejich růst nebyl omezován přítomností jiných rostlin a zvláště u těchto druhů jejich celkový habitus neodpovídal přirozenému stavu. Ten je určován

mimo jiné zapojením rostlin do drnu, který se dlouhodobou intenzivní defoliací na loukách udržuje. Tento nedostatek by mohl být zmírněn použitím druhových směsí pro zjišťování reakcí na defoliaci.

Dále je zajímavé srovnání druhů *Achillea millefolium* a *Plantago lanceolata*, kdy oba tvoří ve vegetativním stadiu růžici. Na rozdíl od druhu *Plantago lanceolata* druh *Achillea millefolium* po zásahu přestal investovat do délky listů a začal tvořit více listů a odnoží, jeho schopnost obnovování dělicích meristémů vzrostla. To je podporováno pozorováním na lokalitě, kde se v kosených plochách (defoliace je zde jednorázová, méně intenzivnější) *Achillea millefolium* vyskytuje ve větší pokryvnosti.

Realizací klimaboxového pokusu jsem se pokusil obhájit potřebu sledování charakteristik rostlin za stálých definovaných podmínek. Toto doplnění terénního pozorování, které je vždy ovlivněno neustále se měnícími přírodními podmínkami, považuji za důležité pro úplnější pochopení problematiky.

6. Závěr

6.1. Terénní experiment

- 1) V terénním experimentu v Bílých Karpatech na lokalitě Lesná byly již druhým rokem od založení zaznamenány významné změny v druhovém složení a struktuře lučního společenstva.
- 2) Struktura lučního porostu (z hlediska ekologických funkčních skupin) významně pomáhala vysvětlit změny na pokusných plochách s různým managementem díky svému obecnějšímu interpretačnímu pojetí.
- 3) Rozdíly v počtech druhů na pokusných plochách s různým managementem se zatím nepodařily na žádné hladině významnosti prokázat.

Průběžné výsledky ukázaly, že bělokarpatská květena reagovala na změny v obhospodařování velmi rychle. Zaznamenal jsem určité náznaky ve směru vývoje vegetace, avšak pro formulace obecných závěrů je třeba dlouhodobější sledování změn na lokalitě. Nadále je třeba provádět alespoň jednou ve vegetační sezóně provádět odběr dat o biomase funkčních typů rostlin a pokryvnosti jednotlivých druhů v trvalých plochách, založených v roce 2003.

6.2. Klimaboxový experiment

- 1) Vybrané luční druhy se v podmínkách klimaboxu svou odpovědí na zásah (defoliaci) lišily. Změnami svých růstových charakteristik po zásahu naznačují své místo v ekosystému lučního společenstva.
- 2) Po zásahu je na růstových charakteristikách patrný obecný trend navrácení do původního stavu (resilience).

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval svému hodnému školiteli Vojtovi Lantovi.

7. Literatura

- Briske, D.D. (1996). Strategie of Plant Survival in Grazed System: A Functional Interpretation. *In: Hodgson, J., Illius, A.W. (eds.) The Ecology and Management of Grazing System.* CAB International, Wallingford, 37-68.
- Bakker, J.P. (1989). Nature managemnt by grazing and cutting. Kluwer, Dordrecht.
- Bakker, J.P., Elzinga, J.A., de Vries, Y. (2002). Effects of long-term cutting in a grassland system: perspectives for restoration of plant communities on nutrient-poor soils. *Appl. Veg. Sci.* 5, 107-120.
- Barradas, M.C.D., Novo, F.G., Collantes, M., Zunzunegui, M. (2001). Vertical structure of wet grasslands under grazed and non-grazed conditions in Tierra del Fuego. *J. Veg. Sci.* 12, 385-390.
- Bullock, J.M., Hill, B.C., Silvertown, J., Sutton, M. (1995). Gap colonization as a source of grassland community change – effects of gap size and grazing on the rate and mode of colonization by defferent species. *Oikos* 72, 273-282.
- Bullock, J.M., Pakeman, R.J. (1997). Grazing of lowland heath in England: Management methods and their effects on heathland vegetation. *Biol. Conserv.* 79, 1-13.
- Bullock, J.M., Pywell, R.F., Burke, M.J.W., Walker, K.J. (2001a): Restoration of biodiversity enhances agriculture production. *Ekol. Lett.* 4, 185-189.
- Bullock, J.M., Franclin, J., Stevenson, M.J., Silvertown, J., Coulson, S.J., Gregory, S.J., Tofts, R. (2001b). A plant trait analysis of responses to grazing in a long-term experiment. *J. Appl. Ecol.* 38, 253-267.
- Díaz, S., Cabido, M., Zak, M., Carretero, E.M., Aranibar, J. (1999). Plant functional traits, ecosystem structure and land-use history along a climatic gradient in central-western Argentina. *J. Veg. Sci.* 10, 651-660.
- Dodd, M.B., Barker, D.J., Wedderburn, M.E. (2004). Plant diversity effects on herbage production and compositional changes in New Zealand hill country pastures. *Grass and Forage Sciences* 59, 29-40.
- Gaisler, J., Hejtman, M. & Pavlů, V. (2004). Effect of different mulching and cutting regimes on the vegetation of upland meadow. *Plant, Soil and Environment* 50, 324-331.

- Grime, J.P. (2001). Plant strategies, vegetation processes and ecosystem properties. John Wiley & Sons, Chichester
- Hansson, M., Fogelfors, H. (2000). Management of a semi-natural grassland; results from a 15-year-old experiment in southern Sweden. *J. Veg. Sci.* 11, 31-38.
- Hector, A., Schmidt, B., Beierkuhnlein, C., Caldeira, M.C., Diemer, M., Dimitrakopoulos, P.G., Finn, J.A., Freitas, H., Miller, P.S., Good, J., Hartus, R., Hogberg, P., Huss-Danell, K., Joshi, J., Jumpponen, A., Korner, C., Leadley, P.W., Loreau, M., Minns, A., Mulder, C.P., O'Donovan, G., Otway, S.J., Pereira, J.S., Prinz, A., Read, D.J., Cherer-Lorenzen, M., Schulze, E. D., Siamantziouras, A. S. D., Spehn, E.M., Terry, A.C., Troumbis, A.Y., Woodward, F.I., Yachi, S., Lawton, J. H. (1999) Plant diversity and productivity experiments in European grasslands. *Science* 286, 1123-1127.
- Hejcman, M. (2005). Grassland management in mountain and upland area of the Czech republic, PhD. Thesis. Czech university of agriculture, Praha
- Jantunen, J. (2003). Vegetation changes in a semi-natural grassland during mowing and grazing periods. *Ann. Bot. Fen.* 40, 255-263.
- Lavorel, S., McIntyre, S. & Grigulis, K. (1999). Plant response to disturbance in a Mediterranean grassland: How many functional groups? *J. Veg. Sci.* 10, 661-672.
- Lavorel, S., Garnier, E. (2002). Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits: revisiting the Holy Grail. *Funct. Ecol.* 16, 545-556
- Lepš, J., Osbornová, J. & Rejmánek, M. (1982). Community stability, complexity and species life-history strategies. *Vegetatio* 50, 53-63.
- Lepš, J., Šmilauer, P. (2003). Multivariate analysis of ecological data using CANOCO. Cambridge Univ. Press.
- Liira, J., Zobel, K. (2000). Vertical structure of a species-rich grassland canopy, treated with additional illumination, fertilization and mowing. *Plant Ecol.* 146, 185-195.
- Mackovčín, P., Jatiová, M. et al. (2002). Zlínsko. In: Mackovčín, P., Sedláček, M. (eds.) Chráněná území ČR, svazek II. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR a EkoCentrum Brno, Praha, 243-334.
- McIntyre, S., Lavorel, S., Trémont, R. (1995). Plant life-history attributes: their relationship to disturbance response in herbaceous vegetation. *J. Ecol.* 83, 31-44.

- McIntyre, S., Barrett, G.W., Ford, H.A. (1996). Communities and ecosystems. In: Spellenberg, I.F. (eds.) Conservation biology. Longman, Harlow.
- Moog, D., Poschlod, P., Kahmen, S. Schreiber, K. F. (2002). Comparison of species composition between different grassland management treatments after 25 years. *Appl. Veg. Sci* 5, 99-106.
- Pavlu, V., Gaisler, J., Hejzman, M., Kadeček, J., Kolářová, P., Kozáková, J., Královec, J., Mátlová, V., Mikulka, J. (2001). Pastvinářství. Asociace soukromého zemědělství ČR, Liberec
- Pavlu, V., Hejzman, M., Pavlu, L., Gaisler, J. (2003). Effect of rotational and continuous grazing on vegetation of an upland grassland in the Jizerske Hory Mts, Czech Republic. *Folia Geobot.* 38, 21-34.
- Pavlu, V., Hejzman, M. (2003). Kvóty hospodářských zvířat a tvář krajiny. *Vesmír* 82, 435-436.
- Rothmaler, W. (1976). Exkursionsflora für die Gebiete DDR und der BDR. Kritischer band. - Volk und Wissen, Berlin.
- Sheath, G. W., Clark, D. A. (1996). Management of Grazing system: Temperate Pastures. In: Hodgson, J., Illius, A.W. (eds.) The Ecology and Management of Grazing System. CAB International, Wallingford, 301-323.
- Schläpfer, M. Zoller, H. Korner, C. (1998). Influences of mowing and grazing on plant species composition in calcareous grassland. *Bot. Helv.* 108, 57-67.
- Smith, R. S., Rushton, S. P. (1994). The effects of grazing management on the vegetation of mesotrophic (meadow) grassland in northern England *J. Appl. Ecol.* 31,13-24.
- Smith, R.S., Shiel, R.S., Millward, D., Corkhill, P. (2000). The interactive effects of management on the productivity and plant community structure of an upland meadow: an 8-year field trial. *J. Appl. Ecol.* 37, 1029-1043.
- Spehn, E.M., Scherer-Lorenzen, M., Schmidt, B., Hector, A., Caldeira, M.C., Dimitrakopoulos, P.G., Finn, J.A., Jumpponen, A., O'Donovan, G., Pereira, J.S., Schulze, E.D., Troumbis, A.Y., Korner, C. (2002). The role of legumes as a component of biodiversity in a cross-European study of grassland biomass nitrogen. *Oikos* 98, 205-218

Statsoft, Inc. (1999). Statistica for Windows (Computer program manual). Tulsa, OK.

ter Braak, C.J.F., Šmilauer, P. (2002). CANOCO reference manual. Centre of Biometry Wageningen and České Budějovice.