

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**

**FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ**

**KATEDRA EKOLOGIE**



**Vliv depozice exkrementu skotu na odlišné funkční  
vlastnosti rostlin v pastevním experimentu v Jizerských  
horách**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

AUTOR: Jana Pešáková

VEDOUCÍ: Ing. Vendula LUDVÍKOVÁ, Ph.D.

Praha 2015

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra ekologie

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Jana Pešáková

Ochrana přírody

Název práce

**Vliv depozice exkrementu skotu na odlišné funkční vlastnosti rostlin v pastevním experimentu v Jizerských horách**

Název anglicky

**The effect of the dung deposition of cattle on different plant functional traits in a grazing experiment in Jizerské hory Mts.**

### Cíle práce

Práce navazuje na dlouhodobý projekt a je zaměřena na zkoumání změn vegetační struktury pastevního porostu ve vztahu k depozici tuhých výkalů na intenzivně pasených plochách. Cílem bude popsání depozice výkalů skotu jakožto jednoho z klíčových faktorů pro tvorbu ostrůvkovité vegetace na pastvinách. Výsledky pak přispějí k objasnění mechanismů, ovlivňující prostorovou heterogenitu na pastvinách.

Jednotlivé cíle diplomové práce jsou:

- zjistit, jak ovlivňují tuhé výkaly skotu strukturu vegetace
- vyhodnotit změny funkčních vlastností rostlin po depozici tuhého výkalu v průběhu vegetační sezóny

### Metodika

Vliv tuhých výkalů na strukturu vegetace bude sledován na dlouhodobém pastevním experimentu v Jizerských horách v Oldřichově v Hájích. Nově založený pokus bude probíhat na plochách s intenzivní pastvou jalovic, kde je depozice výkalů a tvorba tzv. mastných míst základem pro tvorbu ostrůvkovitého porostu. Na počátku vegetační sezóny 2014 budou založeny fixní párové studijní plošky o velikosti 1 x 1 m (7 opakování) s variantami i) s tuhým výkalem a ii) bez tuhého výkalu. Vegetační analýzy budou probíhat dle designu použitého ve studii Dai (2000) v 17 subbloškách o velikosti 10 cm x 10 cm umístěných ve tvaru kříže. Do středu kříže bude aplikován tuhý výkal o průměru 21 cm. V každé subplošce bude proveden vegetační snímek a změřena výška porostu. Snímkování bude probíhat při založení pokusu, tj. v půli května, a dále v pravidelných časových intervalech v průběhu celé vegetační sezóny. V místech aplikace tuhého výkalu bude odebrán půdní vzorek pro zjištění základního obsahu dostupných živin (N, P, K, Ca, Mg).

**Doporučený rozsah práce**

cca 40 stran

**Klíčová slova**

struktura porostu, pastva jalovic, nedopasky, CSR životní strategie

---

**Doporučené zdroje informací**

- Adler, P.B., Raff, A.D., Lauenroth, W.K., 2001. The effect of grazing on the spatial heterogeneity of vegetation. *Oecologia* 128: 465-479.
- Cornelissen, J. H. C., Lavorel, S., Garnier, E., Diaz, S., Buchmann, N., Gurvich, D. E., Reich, P. B., ter Steege, H., Morgan, H. D., van der Heijden, M. G. A., Pausas, J. G., Poorter, H., 2003. A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany* 51: 335-380.
- Dai, X., 2000. Impact of cattle dung deposition on the distribution pattern of plant species in an alvar limestone grassland. *Journal of Vegetation Science* 11: 715-724.
- Doležal, J., Mašková, Z., Lepš, J., Steinbachová, D., de Bello, F., Klimešová, J., Tackenberg, O., Zemek, F., Květ, J., 2011. Positive long-term effect of mulching on species and functional trait diversity in a nutrient-poor mountain meadow in Central Europe. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 145: 10-28.
- Kohler, F., Gillet, F., Gobat, J.-M., Buttler, A., 2004. Seasonal vegetation changes in mountain pastures due to simulated effects of cattle grazing. *Journal of Vegetation Science* 15: 143-150.
- Parsons, A.J., Dumont, B., 2003. Spatial heterogeneity and grazing processes. *Animal research* 52: 161-179.

---

**Předběžný termín obhajoby**

2015/06 (červen)

**Vedoucí práce**

Ing. Vendula Ludvíková, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 19. 3. 2014

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 19. 3. 2014

**prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.**

Děkan

V Praze dne 13. 04. 2015

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně, pod vedením Ing. Venduly Ludvíkové, Ph.D. a použila pouze podkladů a literárních pramenů uvedených v seznamu použité literatury.

V Praze, dne 13. 4. 2015.

.....  
Pešáková Jana

## **Poděkování**

Chtěla bych poděkovat Ing. Vendule Ludvíkové, Ph.D. za její cenné rady při konzultacích, za ochotu, trpělivost a pomoc při zpracování této diplomové práce. Poděkování patří i mým rodičům za podporu při studiu na vysoké škole.

V Praze, dne 13. 4. 2015.

.....  
Pešáková Jana

## **Abstrakt**

Hlavním cílem této diplomové práce bylo zjistit jaký vliv má depozice exkrementu skotu na odlišné funkční vlastnosti rostlin. Experiment byl proveden na dlouhodobém pastevním experimentu v Jizerských horách v Oldřichově v Hájích. Nově založený pokus probíhal na plochách s intenzivní pastvou jalovic. Na počátku vegetační sezony 2014 byly založeny fixní studijní plošky (celkem 10) o velikosti 110 cm x 110 cm. Byl vytvořen čtverec s 21 subploškami uspořádaných do tvaru kříže. Jednotlivé subplošky (10 x 10 cm) byly označeny písmeny B až F, přičemž subplošky B se nacházely v těsné blízkosti exkrementu a subplošky F sloužily jako kontrola. Do středu kříže byl aplikován tuhý exkrement o průměru 21 cm. Následně byly prováděny vegetační analýzy. V každé subplošce byl proveden vegetační snímek, změřena výška porostu a také zaznamenána intenzita okusu. Snímkování se provádělo před založením pokusu (tzv. *baseline data*), tj. na konci května (25.5.) a dále v pravidelných časových intervalech v průběhu celé vegetační sezóny: v 5. týdnu, v 12. týdnu a v 19. týdnu. Celkem bylo provedeno 756 vegetačních snímků (4 opakování × 9 studijních plošek × 21 subplošek). Pro vyhodnocení dat byly druhy zařazeny do následujících kategorií: první kategorie obsahovala CSR strategie; druhá jednotlivé funkční skupiny, které byly rozděleny podle základních růstových forem a dle průměrné výšky rostliny na: vysoké a nízké graminoidy, vysoké a nízké byliny, leguminózy a mechorosty. Třetí kategorie byla tvořena jednotlivými rostlinnými traity: obsah sušiny v listu, specifická listová plocha, tolerance spásání, tolerance sešlapu a kvalita píce.

Pomocí zobecněného lineárního modelu (GLM) bylo zjištěno, že výška porostu a druhová vyrovnanost byly nejvyšší v blízkosti aplikovaného exkrementu. Dále bylo zjištěno, že CSR životní strategie se nejvíce uplatnily na subploškách C, která byla v těsné blízkosti aplikovaného exkrementu. Funkční skupiny jako vysoké a nízké graminoidy a vysoké a nízké byliny se nejvíce uplatnily na subploškách B a C ve 12. a 19. týdnu, kdežto leguminózy a mechorosty nejvíce na subploškách F v prvním týdnu. Podíl LDMC byl největší na subploškách C v 19. týdnu a podíl SLA byl taktéž největší na subploškách C.

## **Klíčová slova**

struktura porostu, jalovice, nedopasky, funkční skupiny rostlin

## **Abstract**

The aim of this thesis was to determine the effect of the dung deposition of cattle on the different plant functional traits. Experiment was realized in long-term grazing experiment in Oldřichov v Hájích in Jizera Mountains. New founded experiment took place in areas with an intensive grazing of heifers. At the beginning of the growing season 2014 were based fixed study plots (total 10) in the size of 110 cm x 110 cm. A square was formed by 21 subplots arranged in a cross shape. Letters B to F were assigned to the individual subplots (10 x 10 cm), where subplot B was situated in the immediate proximity of the dung and subplot F served as a control. In to the center of the cross a solid excrement with the diameter of 21 cm was applied. Subsequently, the vegetation analysis were performed. In each subplot was conducted a vegetation image, the height of vegetation was measured and also the intensity of grazing has recorded. The imaging had been performed before the foundation of the experiment (the *baseline date*) i.e., at the end of May (25.5.) then at the regular intervals throughout the entire growing season: in the fifth week, in the twelfth week and in nineteenth week. To analyze data, species were classified into the following categories: first category included CSR strategy, second individual functional groups, which was divided according to the basic growth forms and the average height of the plants on: tall and short graminoids, tall and short forbs, legumes and bryophytes. The third category of individual plant traits was formed: leaf dry matter content, specific leaf area, grazing tolerance, trampling tolerance and forage value.

Thanks to the generalized linear model (GLM) it was found out, that the height of sward and evenness of species were the highest in the proximity of applied excrement. Furthermore, it was found out that the CSR life strategy applied the most on the subplots C, which were within the proximity of applied excrement. Functional groups, such as high and low graminoidy and high and low herbs, were applied the most the subplots B and C in twelfth and nineteenth week, while legumes and bryophytes on the subplots F in the first week. The portion of LDMC was greatest on the subplots C in the nineteenth week and the portion of SLA was the greatest also on the subplots C.

## **Keywords**

sward of vegetation, heifers, ungrazed, plants functional groups

## OBSAH

1. ÚVOD .....	10
1.1. Cíle diplomové práce .....	11
2. LITERÁRNÍ REŠERŠE .....	12
2.1 Tvorba struktury pastevního porostu .....	12
2.2 Mechanismy vlivu pastvy na strukturu pastevního porostu.....	12
2.2.1 Okus a sešlap.....	13
2.2.2 Depozice exkrementů.....	15
2.3 Životní strategie rostlin .....	16
2.3.1 Primární strategie .....	16
2.3.2 Sekundární strategie .....	18
2.4 Funkční skupiny rostlin.....	19
2.4.1 Specifická listová plocha .....	20
2.4.2 Obsah sušiny v listu .....	21
2.4.3 Listová koncentrace dusíku resp. fosforu .....	22
2.4.4 Výška rostliny .....	23
4. METODIKA .....	24
4.1 Popis zájmového území .....	24
4.2 Design pokusu.....	26
4.3 Sběr dat .....	27
4.4 Analýza dat.....	27
4. VÝSLEDKY ANALÝZ.....	29
4.1 Výška porostu .....	29
4.2 Druhovú vyrovnanosť.....	31
4.3 Podíl životních strategií v jednotlivých subploškách paseného porostu a v jednotlivých týdnech .....	32
4.4 Podíl různých funkčních skupin rostlin v jednotlivých subploškách paseného porostu a v jednotlivých týdnech .....	34



4.5 Podíl rostlinných traitů v jednotlivých subploškách paseného porostu a v jednotlivých týdnech .....	42
4.6 Závislost rostlinných traitů na vzdálenosti od exkrementu v jednotlivých týdnech .....	44
4.7 Závislost funkčních skupin rostlin na vzdálenosti od exkrementu v jednotlivých týdnech .....	46
5. DISKUZE.....	49
5.1 Výška rostliny .....	49
5.2 Druhová vyrovnanost .....	49
5.3 CSR životní strategie .....	50
5.4 Funkční skupiny rostlin.....	51
5.5 Rostlinné traity .....	53
6. ZÁVĚR .....	55
7. SEZNAM LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	56

## 1. ÚVOD

Pastva hospodářských zvířat sehrála podstatnou roli ve formování naší krajiny už od počátku zemědělství (neolit, 5300 – 4300 př. n. l.) až do současnosti (Hejman & Pavlů 2006). Podle údajů Českého úřadu zeměměřičského a kartografického zaujímají pastviny na konci 20. století 3,6 % plochy území České republiky. Přitom zdaleka ne všechny plochy označené jako pastviny jsou dnes skutečně využívány pro pastvu dobytka. Až do konce 60. let 20. století byla snaha zabránit vlivu pastvy dobytka. Převládal názor, že okus a sešlap dobytka ničí vzácné a chráněné druhy rostlin, proto zákaz pastvy dobytka patřil k prioritním požadavkům ochránců přírody (Buček 2000). Když pastva hospodářských zvířat v naší krajině skutečně ustala, začalo se měnit druhové složení, odblokovaly se sukcesní procesy na bývalých pastvinách a biotopy, které pastva udržovala, byly převáděny na pole, louky a především kulturní lesy (Buček 2000, Mládek 2006). Ukázalo se, že pro většinu nejceňnějších druhů v pastevních biotopech je okus rostlin a narušování půdního povrchu nezbytnou podmínkou existence (Buček 2000). Biologové a ochránci přírody si důsledků všimli až v 70. a 80. letech 20. století, kdy zarůstání bývalých pastvin začalo výrazně ochuzovat druhové bohatství živočichů a rostlin. Do té doby byla pastva považována za faktor, který vysloveně škodí, a z chráněných území byla zcela vyloučena (Mládek 2006).

Nerovnoměrné odstraňování travní hmoty, přiměřený sešlap, narušení drnu, přítomnost exkrementů a relativně nízký travní porost – to jsou podmínky, které prakticky může nabídnout právě jen pastvina, a na které je vázána řada vzácných a ohrožených organismů (Němec & Němcová 2006). Soubor těchto vlivů se pak projevuje integrovaně na tvorbě rostlinného společenstva se specifickými vlastnostmi, které jsou svázány se speciálními strategiemi rostlin (Slavíková 1986). Složení rostlinných společenstev pastvin závisí především na podmínkách příslušného stanoviště, přičemž význam mají zejména faktory jako substrát, vlhkost a také případné zásahy člověka (hnojení, seč, spásání). Pastviny a rovněž louky představují jenom zdánlivě přirozené nebo původní životní prostory, jedná se právě o intenzivně využívané, člověkem silně ovlivněné zelené plochy, které jsou pravidelně sekány nebo spásány dobyt看kem (Della Beffa 2001).

Celková plocha travních porostů byla v České republice v roce 1994 celkem 837 000 ha, z toho 247 000 ha pastvin a je reálný předpoklad, že se tyto plochy budou vlivem restrukturalizace zemědělské výroby zvyšovat. S největším nárůstem se počítá v horských a podhorských oblastech, kde by měly tvořit alespoň 50 % z celkového podílu zemědělské půdy. V těchto oblastech je pastva nejlevnějším způsobem chovu hospodářských zvířat a obhospodařování travních porostů (Pavlů 1995).

### **1.1. Cíle diplomové práce**

Práce navazuje na dlouhodobý projekt a je zaměřena na zkoumání změn vegetační struktury pastevního porostu ve vztahu k depozici tuhých výkalů na intenzivně pasených plochách. Cílem je popsání depozice výkalů skotu jakožto jednoho z klíčových faktorů pro tvorbu ostrůvkovité vegetace na pastvinách.

Jednotlivé cíle diplomové práce:

- zjistit, jak ovlivňují tuhé výkaly skotu strukturu vegetace
- vyhodnotit změny funkčních vlastností rostlin po depozici tuhého výkalu v průběhu vegetační sezóny.

## **2. LITERÁRNÍ REŠERŠE**

### **2.1 Tvorba struktury pastevního porostu**

Pastva zvířat nepůsobí na travní porost stejně na celé ploše. Při formování struktury porostu hraje nejdůležitější roli druh paseného zvířete, druhová skladba porostu a fenologická fáze rostlin. Na tvorbě heterogenního porostu se podílejí tři hlavní faktory: selektivní vypásání, jako výsledek potravního výběru; dále sešlap a narušování drnu, díky čemuž se vytváří místa vhodná pro vyklíčení některých druhů rostlin; a nakonec redistribuce živin – tuhé a tekuté výkaly zvířat se kumulují na malých ploškách, na kterých se zvýší koncentrace živin (Ludvíková et al. 2009). Heterogenita prostředí a porostu ovlivňuje pastevní aktivitu skotu v prostoru i čase (Bailey 2005), která pak následně díky selektivní defoliaci a rozdílnému sešlapu jednotlivých částí pastviny, zpětně formuje strukturu a druhové složení vegetace (Hrabě 2004).

Rozrůzněnost na pastvině záleží především na intenzitě pastvy. Změna v intenzitě obhospodařování může ovlivnit strukturu porostu, druhovou diverzitu, produktivitu a také krmnou hodnotu píce (Hejzman 2005). Obecně lze říci, že čím je pastva intenzivnější, tím je výška porostu menší a celkově je porost jednotvárnější, tj. zmenšuje se jeho vertikální a horizontální struktura (Ludvíková et al. 2009). Jak vertikální tak horizontální struktura je důležitá pro pochopení vztahů rostlin a zvířat v rostlinných společenstvech. Horizontální struktura označuje uspořádání rostlin na ploše při pohledu shora, tj. popisuje stupeň mozaikovitosti travního porostu, kdežto vertikální struktura vyjadřuje rozložení biomasy rostlin v jednotlivých patrech nad půdním povrchem, někdy se udává i rozvrstvení kořenové hmoty pod zemí (Marriott & Carrere 1998, Mládek 2006). Vertikální struktura má velký vliv na zachycení světla a fotosyntézu. Ve výhodě jsou vysoké rostliny, ale na druhou stranu se vystavují většímu riziku defoliace (Pavelčík 2007).

### **2.2 Mechanismy vlivu pastvy na strukturu pastevního porostu**

Vliv pastvy na strukturu porostu je dvojího typu: 1) přímý: selektivní (výběrové) spásání rostlin, poškození drnu, redistribuce živin močí a exkrementy; 2) nepřímý: zvyšování čistého výnosu píce odstraněním starých odumřelých částí, díky

zvýšení hustoty přízemní vrstvy porostu dochází ke zvyšování půdní vlhkosti (Mládek 2006). Takové prostředí, které je ovlivňováno právě těmito faktory, osidlují rostliny a živočichové, kteří jsou schopni se s narušováním vypořádat. Zároveň se zpravidla jedná o druhy konkurenčně slabé, které jsou na nepasovaných místech vytlačeny silnějšími druhy, které naopak pastvu nesnášejí (Jongepierová 2008).

Vztah mezi vegetací a pasoucími zvířaty je dynamický: struktura a kvalita vegetace ovlivňuje aktivitu pasoucích se zvířat a obráceně; faktory pastvy jako je okus, redistribuce živin formou moče a exkrementů a sešlap porostu, mění strukturu a druhovou skladbu rostlinných společenstev (Marriott & Carrere 1998). Skot výrazně ovlivňuje složení rostlinných druhů a produkci biomasy v travních společenstvech (Olf & Ritchie 1998, Bakker et al. 2004, Guretzky et al. 2007). Společně s pastvou a sešlapem, depozicí exkrementu skotu to lze považovat za jeden z nejdůležitějších faktorů vysvětlující vegetační strukturu na pastvinách (Kohler et al., 2004). Tyto procesy následně mění vztahy mezi jednotlivými rostlinnými druhy, omezují kompetici a podporují asociační rezistenci.

### 2.2.1 Okus a sešlap

Pastviny představují nízké porosty přizpůsobené okusu a sešlapu. Jedná se o druhy, které jsou k pastvě tolerantní – tj. rychle regenerující druhy, které dobře snášejí pravidelný okus i sešlap, schopné snadno odnožovat a koncentrovat svou biomasu při povrchu půdy. Některé z nich se vyznačují plazivým růstem, např. jetel plazivý (*Trifolium repens*), jiné mají listovou biomasu soustředěnou v přízemní růžici, např. máchelka podzimní (*Leontodon autumnalis*), jitrocel větší (*Plantago major*) a pampelišky (*Taraxacum* sect. *Ruderalia*) (Chytrý 2007). Rostliny se na pastvinách okusu a sešlapu přizpůsobily, pokud ale dojde k ukončení pastvy, rychle je přerůstají vysoké trávy, keře a stromy. V kompetici o světlo jim nemohou konkurovat, protože jsou povětšinou malého vzrůstu (Wiesner 2012, Mládek 2006).

Kvalita pastevní vegetace je velmi variabilní, zvířata si vybírají konkrétní druhy s dostatkem živin a vyhýbají se druhům obsahující toxiny (Dumont 1997). Vliv pastvy na druhovou bohatost travního porostu závisí také na korelaci mezi chutností druhů a jejich kompetiční schopností (Pacala & Crawley 1992). V případě chutných dominant se vlivem selektivního spásání diverzita rostlin zvyšuje, v případě méně chutných dominant klesá (Krahulec et al. 2001, Mládek 2006).

Např. dle studie Gaisler et al. (2011) je pastevní porost při velmi nízkém zatížení (výška porostu nad 15 cm) spíše sešlapáván a netvoří se ostrůvkovitá struktura porostu. Dochází k velké akumulaci odumřelé hmoty, projevuje se velký podíl vysokých trav, vysokých a dvouděložných bylin a druhové složení se blíží spíše zelenému úhoru s nízkou druhovou diverzitou. Při nižším zatížení (výška porostu 10 – 15 cm) se vytváří ostrůvkovitá struktura, při čemž nízké intenzivně spásané plošky tvoří do 20% a vysoké nespásané plošky zhruba 40 – 60% (Obr. 1). Na těchto pastvinách roste podíl lučního porostu se střední až vysokou druhovou diverzitou a přibývá i druhů vyššího vzrůstu (např. *Agrostis capillaris* a *Festuca pratensis*) (Chytrý 2007). Vyšší zatížení (výška porostu 5 – 10 cm) utváří ostrůvkovitou strukturu, podíl nedostatečně spásaných ploch je do 20% a zhruba 40 – 60% tvoří nízké intenzivně spásané plošky. Druhové složení se může přibližovat poháňkové pastvině se střední až vysokou druhovou diverzitou. Při velmi vysokém zatížení (výška porostu pod 5 cm) ostrůvkovitá struktura chybí, pastevní porost je silně přetěžován sešlapáváním a ničením drnu. Plochy se vyznačují vysokým podílem pokálených míst, nízkou druhovou diverzitou a dochází k ruderalizaci porostu (Lesák 1972).

**Obr. 1:** Podíl různě spásaných plošek na intenzivní pastvě. Nízké: 0 – 5 cm, střední: 5 – 10 cm, vysoké: > 10 cm (Gaisler et al. 2011)



### 2.2.2 Depozice exkrementů

Exkrementy i disturbance podmiňují heterogenitu v horizontální struktuře travního porostu, často tak mění druhové složení (Marriot & Carrere 1998, Mládek 2006). Na některých pastvinách, zvláště těch spásaných skotem, jsou nápadné malé plošky s bujnější vegetací na místech rozložených, často loňských exkrementů. Vznikají tak místa s vysokou koncentrací živin, která opět ovlivňují kompetitivní úspěch rostlin buď přímo, nebo nepřímo. Zejména na úživných intenzivních pastvinách v sezónním měřítku bývá dynamika struktury a heterogenita porostu řízena především rozmístěnými výkaly, a to proto, že se zvířata těmto místům při pastvě určitou dobu vyhýbají (Cid & Brizuela 1998, Rook & Tallowin 2003, Kohler et al. 2004, Chytrý 2007, Gillet et al. 2010), zatímco u extenzivní pastvy jsou výsledná struktura porostu a vznik nedopasků dány spíše převažující potravní nabídkou (Pavlů et al. 2006).

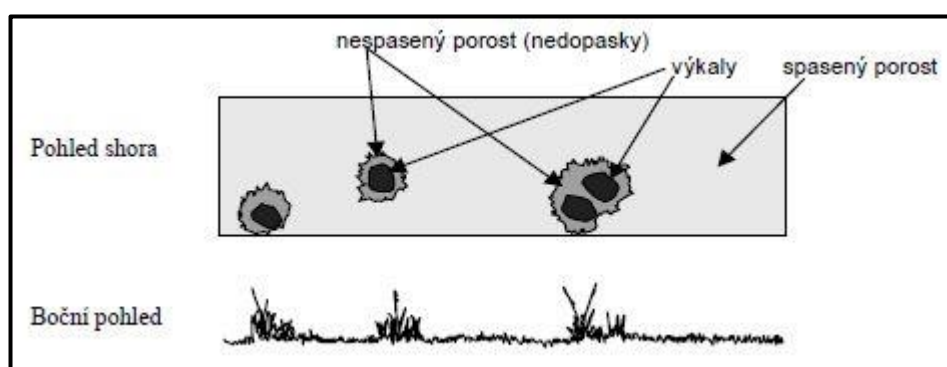
Přítomnost exkrementů na pastvině ovlivňuje složení vegetace dvěma způsoby: Zaprvé, dobytek se takto znečištěné vegetaci i vegetaci do určité vzdálenosti od výkalu selektivně vyhýbá, ale ne z důvodu přehnojení fosforem nebo dusíkem ale převážně z důvodu zápachu (Mrkvička et al. 2006, Wiesner 2012); zadruhé depozice výkalů v daném místě představuje potenciálně dostupný zdroj živin pro rostliny (Pearson & Ison 1997, Shepherd et al. 2000, Aarons et al. 2004).

Depozice exkrementů způsobuje eutrofizaci půdy, která je zpětně obohacována prvky, jako je dusík, fosfor a draslík (Aarons et al. 2004). Mnoho studií uvádí (Marsh & Campling 1970, MacDiarmid & Watkin 1972, Gillet 2010), že dospělý jedinec produkuje asi 10 – 15 exkrementů za den, takové množství se vyznačuje vysokou nutriční hodnotou, například 1040 kg N ha<sup>-1</sup>, 400 kg K ha<sup>-1</sup>, 280 kg P ha<sup>-1</sup> a 100 kg S ha<sup>-1</sup> (Haynes & Williams 1993), které se na pastvině rozloží v časovém rozpětí několika týdnů až několik let a to v závislosti na obsahu vody, klimatických podmínkách a ročním období (Marsh & Campling 1970, Dickinson & Craig 1990). Weeda (1967) zjistil, že vegetace vyskytující se v těsné blízkosti exkrementů byla obvykle o 3-5 centimetrů vyšší než vegetace okolní, i když defekace tuhými výkaly může vést v malém měřítku i k poklesu rostlinného bohatství, protože např. nadzemní části rostlin s největší pravděpodobností odumírají pro nedostatek světla (Haynes & Williams 1993, Kohler et al. 2004), na druhou stranu může ovšem vést i k tvorbě mezer v porostu, které mohou následně

podporovat klíčení semen některých rostlinných druhů (Cosyns et al. 2005, Cosyns & Hoffmann 2005, Ausden 2007).

Ačkoli jsou výkaly důležitým mechanismem podílejícím se na struktuře porostu, jsou studie jejich vlivu na dynamiku porostu a chemických vlastností půdy zejména v temperátních pastvinách poměrně vzácné (Aarons et al. 2004). Obecně se ví, že rozkladem exkrementů dochází k uvolňování živin do půdy, ale doposud nebyl studován právě vliv exkrementů na množství dostupných živin a pastevní vegetaci na temperátních pastvinách.

**Obr. 2:** Struktura nedopasků v případě pokálených míst (Mládek et al. 2006)



## 2.3 Životní strategie rostlin

Každý druh se vyznačuje určitou životní strategií. Životní strategie jsou soubory adaptací, jimiž se druh vypořádá s vlivy okolního prostředí, umožňují nám poměrně jednoduchým způsobem odůvodnit řadu dílčích vlastností a projevu chování organismu (Šálek et al. 2005).

### 2.3.1 Primární strategie

Rozlišujeme 3 hlavní typy primárních strategií, které jsou zvoleny podle toho, která ze tří kombinací faktorů (konkurence, stres, narušování), omezující úspěch určité populace na daném místě, je rozhodující (Slavíková 1986, Moog et al. 2005). Jsou jimi ruderální stratégové, konkureční stratégové a stratégové snášející stres.

**Ruderální stratégové** (R-stratégové) snášejí malý stres, ale odolávají vysokému narušování biomasy (Slavíková 1986). Často se jedná o druhy, které se objevují po různých pohromách nebo o druhy, které expandují do uvolněného nebo nového prostoru. R-stratégové mají vysokou produkci potomků, rozmnožují se spíše



na začátku než na konci dospělosti (Towsend et al. 2010). Pastva dle Grime (1977) způsobuje určité disturbance, které typicky upřednostňují R-stratégové, jedná se o druhy s krátkým životním cyklem – letničky. Přežívají ve formě semen a plodů a mají relativně malé množství odumřelé biomasy. Tato strategie je optimální pro stanoviště, která jsou dostatečně zásobovaná vodou, živinami a energií, kde vegetace je různě mechanicky narušována, čímž se snižuje biomasa rostlin nebo kde byla nadzemní rostlinná biomasa odstraněna a začalo osidlování. Typickými R-stratégy jsou např. *Capsella bursa pastoris*, *Thlaspi pratense*, *Sinapsis arvensis* atd. (Slavíková 1986).

**Konkurenční stratégové** (C-stratégové) využívají podmínky za malého stresu a malého narušování biomasy při vlivu vysoké konkurence. Konkurenční schopnosti závisí na rostlinných charakteristikách, které maximalizují vegetativní růst v produktivních, relativně nenarušených podmínkách (Grime 1977, 1988). Mezi základní rostlinné charakteristiky, které jsou pro rostlinu konkurenčně výhodné, patří: relativně značná výška rostliny, relativně velké listy, schopnost využívat zdroje ve vegetačním období, dlouhověkost, velká růstová rychlost a biomasa atd. C-stratégové jsou typičtí na stanovištích s dostatečnou zásobou minerálních látek a vody. Mezi C-stratégy řadíme většinu stromů, keřů a byliny našich původních lesů (Slavíková 1986, Šálek et al. 2005).

**Stres snášející stratégové** (S-stratégové) jsou druhy rostlin, které jsou schopny odolávat vodě, nedostatku živin a růst na stanovištích pod velkým stresem (tzn. na stanovištích, které se ve zdrojích vody, výživy, záření odchyľují od průměrných hodnot) (Grime 1977, Slavíková 1986). S-stratégové jsou schopné reagovat na nízkou produktivitu, takže jejich počet může v dlouhodobém horizontu v případě rozsáhlého území stoupat, pokud se živiny v půdě budou snižovat (Hellström et al. 2003). Mezi základní vlastnosti S-stratégů patří např. pomalá rychlost růstu, nízká produkce, květy a semena netvoří každým rokem atd. Mezi S-stratégy řadíme např. rostliny pouští, skalních stepí, vysokohorských poloh, květnatých luk (Slavíková 1986, Šálek et al. 2005).

### 2.3.2 Sekundární strategie

V přírodě se vyskytují většinou stanoviště, která jsou ovlivněna kombinací průměrných intenzit stresu a narušování (disturbance) biomasy prostředím i konkurence rostoucích rostlin. Kromě již uvedených tří primárních strategií, se odlišují ještě 4 tzv. sekundární strategie, jsou v podstatě kombinací tří primárních strategií (Slavíková 1986, Hunt et al. 2004).

**Konkurenčně ruderální stratégové** (C-R stratégové), jsou úspěšní na produktivních stanovištích, kde konkurence je snižována mírným narušováním biomasy. Mají poměrně dlouhou dobu vegetativního růstu, takže vytváří velkou biomasu vegetativních orgánů: listů, stonků, popř. kořenů, dříve než přejdou do generativní fáze: kvetení. Řadíme sem jednoleté, dvouleté i vytrvalé rostliny, které rostou např. na loukách, okrajích rybníků a řek, např. *Anthriscus sylvestris*, *Heracleum sphondylium*, *Cirsium arvense*, *Holcus lanatus*, *Poa pratensis* atd. (Slavíková 1986, Hunt et al. 2004)

**Stres snášejší ruderální stratégové** (S-R stratégové), jsou adaptováni na mírný stres a mírné narušování biomasy. Vyskytují se na stanovištích, kde jsou pod vlivem stresu. Patří k nim drobné jednoleté nebo dvouleté rostliny (efemery) jako např. *Galanthus nivalis*, *Anemone nemorosa*, *Corydalis sp.* atd. (Slavíková 1986, Hunt et al. 2004).

**Stres snášejší konkurenční stratégové** (C-S stratégové), jsou adaptováni na mírnou intenzitu stresu, nesnášejí velké narušování biomasy. Vlastnosti těchto stratégů jsou podobné vlastnostem C-stratégů a S-stratégů. Mezi C-S stratégie řadíme jak statné byliny, tak dřeviny. Z trav se zde vyskytují *Brachypodium pinnatum*, *Festuca arundinaceae*, *Carex acutiformis*, *Scirpus sylvaticus*, *Eriophorum vaginatum* a z dřevin např. rod *Carpinus*, *Populus*, *Salix* atd. (Slavíková 1986, Hunt et al. 2004).

**C-S-R stratégové**, jsou adaptováni na stanoviště, na kterých je konkurence snižována mírnou intenzitou stresu a narušováním biomasy. Jejich vlastnosti jsou podobné vlastnostem C-stratégů, R-stratégů a S-stratégů. Řadíme sem trsnaté trávy jako např. *Festuca ovina*, *Briza media* nebo rostliny hluboce kořenící s přízemní listovou růžicí, např. *Pimpinella saxifraga*, *Sanguisorba minor* a některé rostliny z čeledi *Fabaceae*, např. *Trifolium medium*, *Lotus coniculatus* atd. (Slavíková 1986, Hunt et al. 2004).

Např. ve studii Ludvíková et Pavlů (2010) zkoumali vliv intenzity pastvy na životní strategie rostlin (C-S-R) na experimentální pastvině v Jizerských horách. Byly zkoumány dvě kategorie pastvy: extenzivní (EG) a intenzivní (IG), které byly rozděleny do dalších 2 kategorií: a) silně spásaný, b) zřídka spásaný. S-stratégové se vyskytovali na všech ploškách s nejmenším zastoupením. Defoliační intenzita neměla na jejich množství žádný vliv. V silně spásaných ploškách s vyšší disturbancí převládaly R-stratégové, zatímco C-stratégové zaujímali nejmenší zastoupení. Vyskytovali se zde ruderalní stratégové jako *Poa annua* a *Polygonum aviculare*. C-stratégové se nejvíce nacházeli na zřídka spásaných ploškách. Bylo prokázáno, že intenzivní pastva upřednostňuje ruderalní stratégie a extenzivní pastva C-stratégie. Výsledky byly ovlivněny množstvím různých travních plošek ve variantě IG a EG. C-S-R strategie byla tedy více závislá na struktuře porostu u jednotlivých plošek než na samotné intenzitě pastvy.

C-S-R strategie může být použitelná na vegetaci obecně, má tedy značný potenciál pro interpretaci a předpovídání vegetačních a ekosystémových vlastností v celosvětovém měřítku (Hodgson et al. 1999). Pomocí CSR strategie můžeme diagnostikovat mnoho klimatických příčin či dopady na využívání půdy (Hodgson et al. 1999).

## 2.4 Funkční skupiny rostlin

Ekologická funkce rostliny je obtížně měřitelná, proto je snaha nalézt pomocné parametry, které se nazývají funkční skupiny rostlin (Klimešová et al. 2008). Funkční skupiny rostlin jsou užitečnými nástroji pro zachování a identifikace druhů citlivých vůči změnám ve využívání půdy (Bello et al. 2000). Vysvětlení a predikce reakcí rostlinných společenstev na využití půdy a na jejich management jsou považovány za jedny z hlavních úkolů teoretické a aplikované ekologie (Diaz et al. 2001). Dle Pavelčíka (2007) jsou výstupy výzkumu často postaveny na vyhodnocení vlivu managementu na úrovni druhů rostlin nebo i lokálních populací. Výsledky jsou pak použitelné jen v té konkrétní oblasti, kde se výzkum realizoval. Srovnávání a integrace s jinými floristicky vzdálenými regiony a jejich extrapolace proto vyžadují transformaci do všeobecné roviny dat, než jsou na úrovni druhů. Jako řešení bylo navrženo používat specifitější funkční vlastnosti rostlin, které lépe odráží regionální podmínky (Klimešová et al. 2008).

Využívání funkčních skupin rostlin nebo typů snižuje složitost cévnatých rostlinných společenstev bez ztráty důležitých vegetačních procesů (Woodward & Cramer 1996, Hunt et al. 2004). Funkční skupiny nebo typy rostlin jsou pojmy, které mohou mít mnoho významů. Hunt et al. (2004) chápe funkční skupiny nebo typy rostlin tak, že druh obývající stejnou funkční skupinu sdílí jeden důležitý znak či vlastnost, kdežto druh obývající funkční typy sdílí soubor několika znaků či vlastností rostlin. Funkčním typem je více – druhová úroveň uspořádání ležící někde mezi populací a společenstvem, proto může být jeden druh členem několika skupin, ale pouze jednoho funkčního typu (*sensu* Allen & Star 1983, Hunt et al. 2004).

Funkční skupiny rostlin se určují podle různých charakteristik, jako je specifická listová plocha, tuhost listů, poměr listů ke stonku, rezistence listu k utržení, délka listů, hmotnost listů, doba květu, délka kvetení, lokalizace reprodukčních orgánů vzhledem k půdnímu povrchu atd. (Baumont et al. 2000, Laca et al. 2001, Pavlů et al. 2003, Louault et al. 2005). Výsledky posledních studií ukazují, že jsou to právě listové znaky – životnost listu, specifická listová plocha (specific leaf area - SLA) a obsah sušiny v listu (leaf dry matter content – LDMC), které dobře charakterizují schopnost druhu využít živiny a vypořádat se s disturbancemi, tj. životní strategií rostliny (Wilson et al. 1999).

#### **2.4.1 Specifická listová plocha**

Specifická listová plocha (SLA, *specific leaf area*) se stanoví jako podíl plochy listu a jeho suché hmotnosti. Poskytuje informaci, jak je rostlina schopna využívat zdroje, např. souvisí s úrovní fotosyntetické aktivity listu. Rostliny nejnižších poloh, polopouští a stepí, a také nejvyšších poloh, na hranici sněžné čáry, mají často vysoký obsah živin (dusík, fosfor) v listech a podzemních orgánech, pokud jsou srovnány s lučními druhy temperátní zóny (Dvorský 2012).

Dle některých studií (Cornelissen et al. 2003, Poorter & Bongers 2006) se druhy s nižší specifickou listovou plochou vyznačují dlouhou životností listů, pomalým metabolismem a relativně vysokými investicemi, které vkládají do obranných struktur, ale naopak druhy s vysokou specifickou listovou plochou se vyznačují tenkými listy s menší hustotou listových pletiv, kratší životností listů a rychlejším metabolismem (Coley et al. 1985, Grime et al. 1996). Westoby (1999) navrhl schéma, ve kterém specifická listová plocha (SLA) a výška rostliny hraje na pastvě významnou roli v reakci na disturbanci. Podle jeho modelů by rostliny

s vysokou specifickou plochou měly být podporovány v podmínkách intenzivní a neselektivní pastvy, zatímco rostliny s malou listovou plochou by měly převládat pod vlivem středního a nízkého zatížení pastvy, kde mohou herbivoři spásat selektivně.

Nicméně, praktická potíž je, jak se vypořádat s rostlinami se svislými listy, nebo ještě hůře, bez listů. (např. vztyčené holé stonky u mnoha druhů *Juncus*) (Wilson et al. 1999). Další problém vyplývá ze skutečnosti, že SLA se může měnit v důsledku změny tloušťky listu a složení. Příkladem může být např. *Oxalis acetosella* ve Velké Británii, který překvapivě vykazuje vysokou specifickou listovou plochu, i když je to druh, který se vyznačuje velmi pomalým růstem a tenkými listy (Ellenberg et al. 1992, Grime & Hunt, 1975, Wilson et al. 1999). V případě, kdy je listová plocha obtížně měřitelná, může např. LDMC dát lepší výsledky, než samotná SLA (Cornelissen et al. 2003).

#### **2.4.2 Obsah sušiny v listu**

Obsah sušiny v listu (LDMC, *leaf dry matter content*) je vyjádřený jako podíl sušiny listu a hmotností listu plně saturovaného vodou (Cornelissen et al. 2003). Je uváděn jako dobrý prediktor (*effect trait*) rychlosti dekompozice opadu (Fortune et al. 2009), což může mít zpětně vliv na dostupnost živin a produkci biomasy travního porostu. Některé studie uvádějí, že čím nižší hladinu LDMC společenstvo vykazuje, tím rychlejší má fenologický vývoj, dříve dospěje do stádia kvetení (Ansquer et al. 2009) a rychleji u něj klesá stravitelnost rostlinné biomasy (Duru et al. 2008).

Dle studie Louault et al. (2005) vyšší hodnota LDMC znamená, že rostliny pomaleji rostou a vytvářejí vytrvalé orgány, do kterých ukládají živiny, naopak nízká hodnota LDMC se vyznačuje tím, že rostlina investuje více živin do tvorby biomasy, což odpovídá rychlejšímu růstu a tvorbě krátce žijících orgánů tj. např. při pastevním tlaku. Ve velkém měřítku travních porostů bylo zjištěno, že LDMC negativně koreluje s produktivitou pastviny a koncentrací N, P a K v biomase, proto je nižší hladina LDMC spojena s vyšším množstvím živin v nadzemní biomase (Mládek 2011). Pokud rostliny rychle využívají zdroje z důvodu pastevního tlaku a potřeby obrůstat, pak jsou pro dobytek lépe stravitelné, než pokud mají ve svých listech velký obsah sušiny, tedy vysoké LDMC, což je chrání před spásáním herbivory (Louault et al. 2005).

### 2.4.3 Listová koncentrace dusíku resp. fosforu

Listová koncentrace dusíku resp. fosforu (LNC, *leaf nitrogen concentration*; LPC, *leaf phosphorus concentration*) vyjadřuje obsah dusíku nebo fosforu na jednotku sušiny listu v mg/g. Vysoká hodnota LNC nebo LPC bývá obvykle spojována s vysokou výživovou hodnotou, nicméně koncentrace dusíku a fosforu u určitého druhu se významně liší v závislosti na dostupnosti N a P v jeho prostředí (Cornelissen et al. 2003). Právě na pastvinách se vyskytují nejen druhy, které snadno regenerují po odstranění nadzemních částí okusem a snadno se vegetativně šíří, ale také druhy, kterým vyhovuje zvýšený obsah dusíku a fosforu v půdách, způsobený vlivem hnojení trusem dobytka (např. kopřivy, kontryhele, šťovíky a mochna husí atd.) (Buček 2000).

Obsah dusíku v rostlinách je nejvyšší v časných růstových fázích a postupně se snižuje až do senescence. Tento pokles bývá označován jako typický zředovací efekt růstu (Lemaire et al. 2007). Zředovací proces se urychluje v době, kdy dochází k zapojení porostu, přičemž se uplatňují dva procesy: i) rostliny investují více do strukturních komponent s nižším obsahem dusíku (stěbla) relativně k listové ploše a ii) ve stinných listech klesá obsah dusíku na jednotku listové plochy, což souvisí s optimalizací fotosyntetické kapacity ve vztahu k distribuci světla v porostu (Hirose & Werger 1987). Důsledkem optimalizace fotosyntetické kapacity je realokace dusíku ze stinných a starších listů do listů mladších a vystavených vyšší intenzitě slunečního záření (Lemaire et al. 2007).

Fosfor přijímají rostliny během celé vegetace poměrně rovnoměrně. Nároky jednotlivých druhů rostlin se výrazně neliší, jsou však značné rozdíly ve schopnostech rostlin osvojovat si fosfor z půdy i z méně rozpustných sloučenin. Rostliny s nízkou hodnotou LPC se vyznačují slabým růstem rostlin, zpomaluje se růst nadzemních orgánů, zpožďuje se vývoj pupenů, plody a květy předčasně opadávají, listy jsou malé a protáhlé s kratšími řapíky (Vaněk 1998).

#### 2.4.4 Výška rostliny

Výška rostliny (*sward height*) je výška od půdního povrchu k nejvyšším fotosyntetickým orgánům rostlin vyjádřená v metrech (Cornelissen et al. 2003). Je dobře známo, že výška rostliny, nejčastěji studovaný vegetativní znak, vypovídá o schopnosti rostliny konkurovat o světlo a o schopnosti akumulovat uhlík (Falster & Westoby 2003, Klimešová 2008). Autoři ve studiích Diaz et al. (2001) a Klimešová et al. (2008) uvádějí, že je výška rostliny dobrým ukazatelem předpovídající strategie rostlin, rozměry hmotnosti listu a rozměry konkrétní oblasti, což potvrzují i některé další studie jako např. studie Bello et al. (2005), ve které se uvádí, že výška rostliny je tím nejlepším ukazatelem, následovaná dalšími rostlinnými znaky jako jsou délka života, rozměry listu a specifická listová plocha.

Diaz et al. (2001) doporučují, že právě predikce pastevní reakce na základě jednoduše měřitelných vlastností je proveditelná a shodná mezi podobnými pastevními systémy v různých regionech. Ve své studii označili výšku rostliny a tuhost listů za nejlepší ukazatele reakce pastevního porostu – zjistili, že na pastvě převládají malé rostliny s jemnými listy a naopak ustupují rostliny vyššího vzrůstu s tužšími listy. Ve studii Pykälä (2004) bylo zjištěno, že rostliny nižšího vzrůstu (výška 20 cm) byly pastvou zvýhodňovány ve srovnání s rostlinami vyššího vzrůstu a profitovaly z pastvy nejvíce. Např. studie Diaz et al. (2001) a Dupré & Diekman (2001) uvádějí, že se počet rostlin nižšího vzrůstu zvyšuje v závislosti na pastvě a že zastoupení vysokých druhů rostlin soustavně klesá ve všech stupních obhospodařování pastviny od ploch dlouhodobě neobhospodařovaných, přes extenzivně pasené k intenzivně paseným.

## **4. METODIKA**

### **4.1 Popis zájmového území**

Pokus byl proveden na experimentální pastvině Výzkumného ústavu rostlinné výroby, v. v. i. v Praze. Výzkumná pastvina se nachází v lokalitě zvané Betlém, která se nachází v blízkosti obce Oldřichov v Hájích v Libereckém kraji na severozápadním svahu pohoří Jizerských hor (Obr. 3), což je asi 10 km od Liberce v nadmořské výšce 420 m n. m. (zeměpisné souřadnice: 50°50' severní šířky, 15°06' východní délky). Dle Quitta (1971) se zájmové území nachází v chladné klimatické oblasti C7 s mírně chladným, vlhkým a krátkým létem, mírně chladným jarem a mírným podzimem. Pro zájmové území jsou typické dlouhé, mírné, mírně vlhké zimy s dlouho přetrvávající sněhovou pokrývkou. Průměrná roční teplota vzduchu činí 7,1 °C a za vegetační období 13,1 °C. Průměrný roční úhrn srážek se obvykle pohybuje kolem 800 mm, protože jsou Jizerské hory prvním pohořím Krkonošsko – jesenické soustavy vystaveným převládajícímu vlhkému severozápadnímu větrnému proudění, jsou srážkami postihovány relativně více než jiná pohoří. Podklad tvoří biotická žula, na které se vytvořila hnědá půda – kyselá, písčitohlinitá nebo středně hluboká kambizem (Pavlů et al. 2007). Pokusné plochy se vyskytují na mezofilních travních porostech, které se řadí v rámci fytoecologického členění do svazu *Arrhenatherion* (Chytrý 2007).

Od roku 1998 je sledována na podhorské pastvině v Jizerských horách změna druhového složení porostu. Pastvina je spásána kontinuálně mladými jalovicemi plemene Holstein – Friesian (Obr. 4) od začátku května do konce října: v oplůtcích EG a ECG po dvou až třech kusech a v IG a ICG po čtyřech až pěti kusech. Intenzita pastvy je dána průměrnou výškou porostu. Extenzivní pastviny jsou spásány na cílovou minimální průměrnou výšku porostu 10 cm a intenzivní na průměrnou výšku 5 cm.



**Obr. 3:** Lokalizace zájmového území: Betlém (Oldřichov v Hájích)



**Obr. 4:** Jalovice plemene Holstein – Fresian [Foto: Jana Pešáková]



## 4.2 Design pokusu

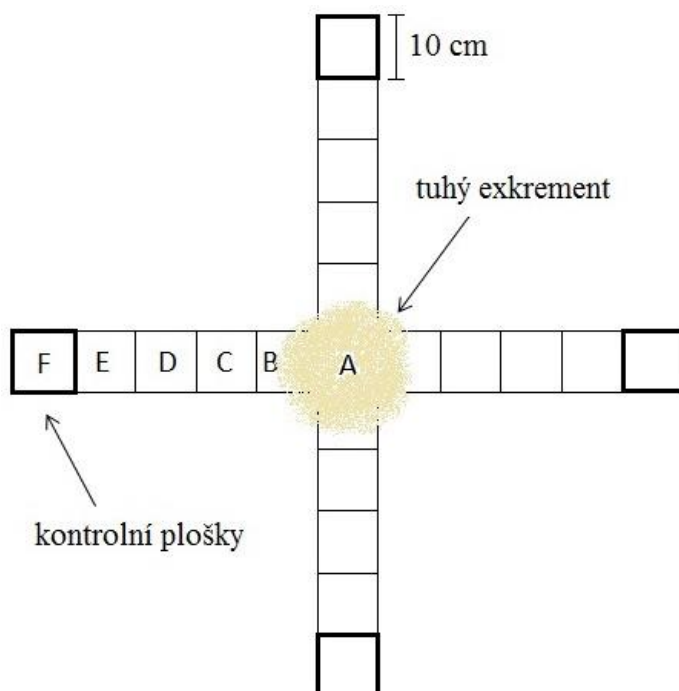
Vliv tuhých výkalů na strukturu vegetace byl sledován na dlouhodobém pastevním experimentu v Jizerských horách v Oldřichově v Hájích. Nově založený pokus probíhal na plochách s intenzivní pastvou jalovic, kde byla depozice výkalů a tvorba tzv. mastných míst základem pro tvorbu ostrůvkovitého porostu.

Na počátku vegetační sezony 2014 byly založeny fixní studijní plošky (celkem 10) o velikosti 110 cm x 110 cm, přičemž jedna ze studijních plošek musela být zrušena z důvodu pokálení od skotu. Byl vytvořen čtverec s 21 subploškami uspořádaných do tvaru kříže (Obr. 5). Jednotlivé subplošky byly označeny písmeny B až F, přičemž subploška B se nacházela v těsné blízkosti exkrementu a subploška F sloužila jako kontrola. Do středu kříže byl aplikován tuhý exkrement o průměru 21 cm (Obr. 6). Tuhé exkrementy byly nasbírány od skotu z ploch, kde probíhal tento experiment. Následně byly prováděny vegetační analýzy.

**Obr. 5:** Vytvořený čtverec s jednotlivými subploškami uspořádanými do tvaru kříže  
[Foto: Jana Pešáková]



**Obr. 6:** Schéma kříže s jednotlivými subploškami a umístěním tuhého exkrementu



#### 4.3 Sběr dat

Vegetační analýzy probíhaly v 21 subploškách o velikosti 10 cm x 10 cm umístěných ve tvaru kříže. V každé subplošce byl proveden vegetační snímek, změřena výška porostu a také zaznamenána intenzita okusu, která byla analyzována v rámci následujících kategorií: i) INT (nad 50%), ii) MOD (25% - 50%) a iii) SPO (do 25%). Snímkování se provádělo před založením pokusu (tzv. *baseline data*), tj. na konci května (25.5. = w0) a dále v pravidelných časových intervalech v průběhu celé vegetační sezóny: v 5. týdnu (w5), v 12. týdnu (w12) a v 19. týdnu (w19). Celkem bylo provedeno 756 vegetačních snímků (4 opakování × 9 studijních plošek × 21 subplošek).

#### 4.4 Analýza dat

Získaná data byla vložena do programu MS Excel 2007 a byla zpracovávána pomocí programů R 2.15.0. a CANOCO 4.5, grafické výstupy byly vytvořeny programem Statistica a ordinační diagramy pomocí programu CANOCO 4.5.

Všech 31 rostlinných druhů vyskytujících se v naší studii bylo zařazeno do jednotlivých kategorií: první kategorie obsahovala CSR strategie; druhá jednotlivé

funkční skupiny, které byly rozděleny podle základních růstových forem a dle průměrné výšky dané rostliny dle Kubáta et al. (2002) na: nízké graminoidy (< 50 cm), vysoké graminoidy (> 50 cm), nízké byliny (< 50 cm), vysoké byliny (> 50 cm), leguminózy a mechorosty. Třetí kategorie byla tvořena jednotlivými rostlinnými traity: obsah sušiny v listu (LDMC), specifická listová plocha (SLA), tolerance spásání (= grazing tolerance), tolerance sešlapu (= trampling tolerance) a kvalita píce (= forage value). Byl zkoumán poměr CSR strategií, funkčních skupin a rostlinných traitů v jednotlivých subploškách (B, C, D, E, F) a v jednotlivých týdnech (w0, w5, w12, w19). Hodnoty jednotlivých rostlinných traitů byly získány z databáze LEDA traitbase (Kleyer et al. 2008) a hodnoty funkčních skupin a rostlinných strategií z BiolFlor database (Klotz et al. 2002). U jednotlivých funkčních skupin byl vypočítán vážený průměr společenstva (= *Community weighted mean*):

$$CWM_j = \sum_{i=1}^n (p_i x_i),$$

kde  $p_i$  byla abundance  $i$ -tých druhů na pastvině  $j$ ,  $x_i$  byla hodnota traitu  $i$ -tých druhů,  $n$  byl počet druhů na pastvině.

Nadále byla vypočítána a statisticky testována výška porostu (= sward height) a také druhová vyrovnanost a to na základě počtu druhů (N0) a Hillova indexu (N1): N1/N0.

Ke statistickému hodnocení byl použit zobecnění lineární model (GLM). Při každém statistickém testování byla testována normalita dat a to pomocí Shapiro – Wilkova testu a histogramu. Byly stanoveny vysvětlující proměnné (jednotlivé subplošky, týden) a vysvětlované proměnné (výška porostu, druhová vyrovnanost, CSR strategie, funkční skupiny rostlin, rostlinné traity). U všech statisticky signifikantních testů byl proveden post – hoc Tukey test.

Pro hodnocení závislosti funkčních skupin rostlin a rostlinných traitů na vzdálenosti od exkrementu v jednotlivých týdnech byl použit program CANOCO 4.5 (Ter Braak & Šmilauer 1998). Nejprve byla použita analýza DCA. Jelikož velikost nejdelšího gradientu byla menší než 3, byla k testování zvolena redundanční analýza (RDA). Byly zvoleny proměnné (CSR strategie, funkční skupiny rostlin, rostlinné traity) a kovariáta (čtverec). Významnost korelace byla testována pomocí Monte Carlova permutačního testu.

## 4. VÝSLEDKY ANALÝZ

### 4.1 Výška porostu

Výška porostu v jednotlivých subploškách paseného porostu a v jednotlivých týdnech byla testována pomocí zobecněného lineárního modelu (GLM). Po statistickém vyhodnocení byla výška porostu v jednotlivých subploškách a týdnech statisticky průkazná (Tab. 1).

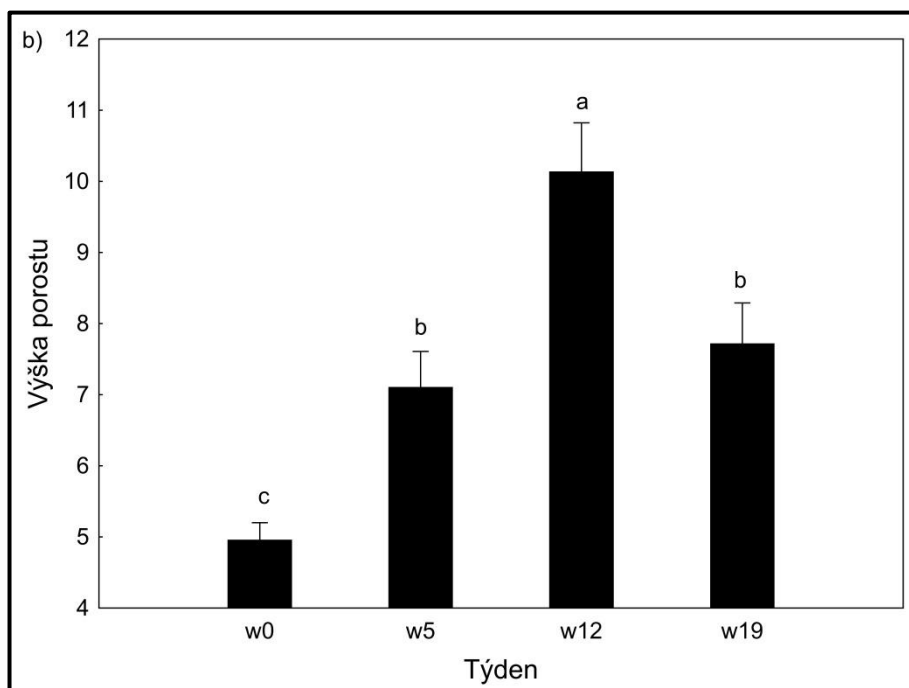
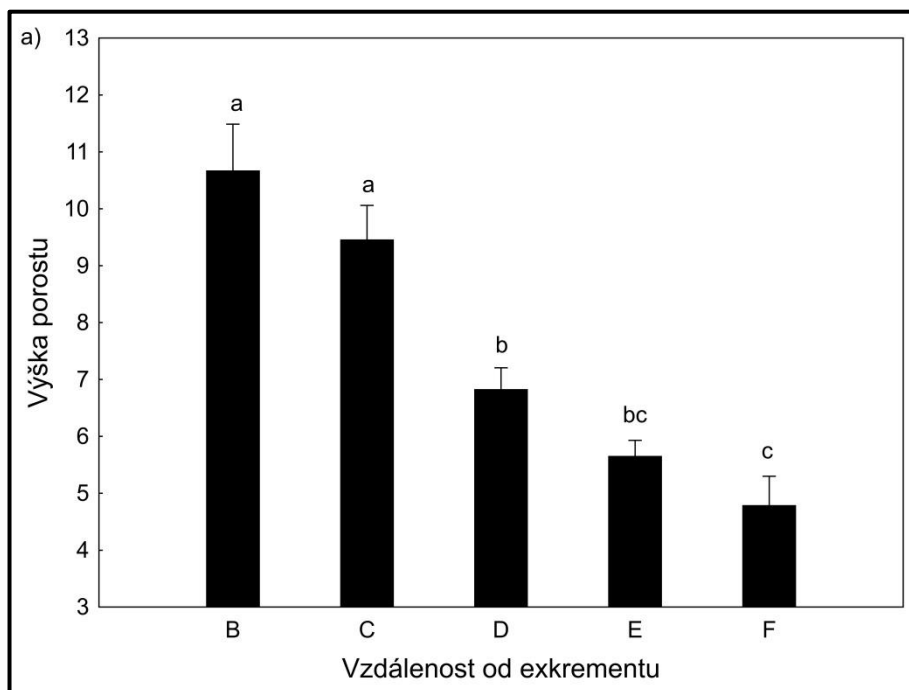
Výška porostu byla největší na subploškách B a C ve 12. týdnu a nejmenší na subploškách F v prvním týdnu (Obr. 7a, 7b).

**Tab. 1:** Zobecněný lineární model (GLM) hodnotící vztah mezi výškou porostu a vzdáleností od exkrementu resp. jednotlivými týdny

		Stupně volnosti	Deviance	Reziduální stupně volnosti	Reziduální deviance	P (> Chi)
Výška porostu	NULL			179	349.43	
	Vzdálenost od exkrementu	4	120.22	175	229.21	< 0.001
Výška porostu	NULL			179	349.43	
	Týden	3	82.755	176	266.68	< 0.001

**Obr. 7:** Výška porostu: a) v jednotlivých subploškách (B, C, D, E, F), b) v jednotlivých týdnech (w0, w5, w12, w19)

Významné rozdíly dle post hoc Tukey testu jsou označeny písmeny a, b, c; chybové úsečky představují standardní chyby průměru.



## 4.2 Druhov vyrovnanost

Druhov vyrovnanost v jednotlivých subploškách paseného porostu a v jednotlivých týdnech byla testována pomocí zobecněného lineárního modelu (GLM). Po statistickm vyhodnocení byla druhov vyrovnanost v jednotlivých subploškách statisticky prkazn (Tab. 2). V jednotlivých týdnech vyšla druhov vyrovnanost statisticky neprkazn.

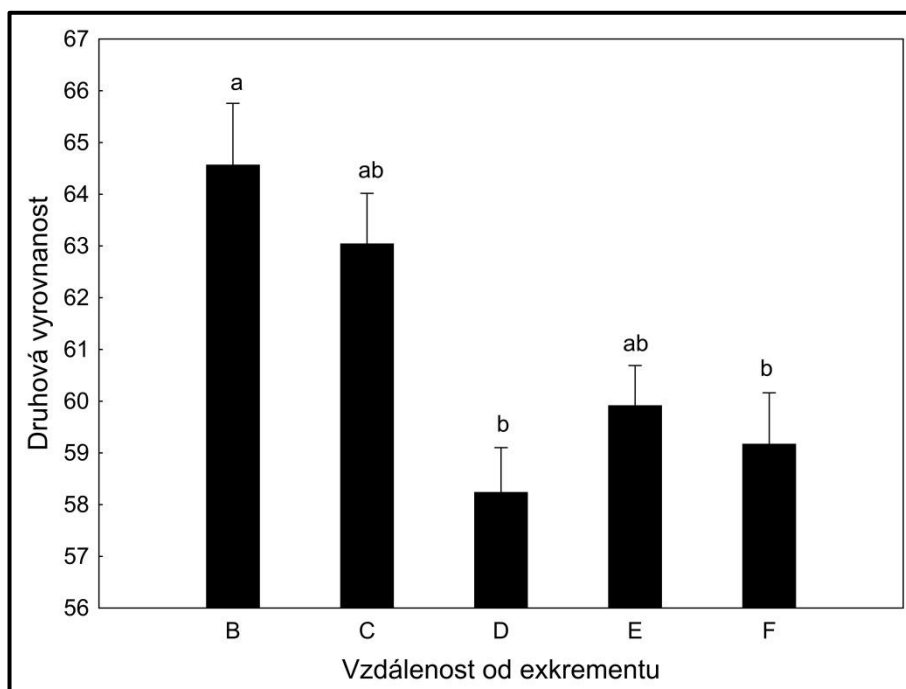
Druhov vyrovnanost měla největší zastoupen na subploškách B a nejmenší na subploškách D a F (Obr. 8).

**Tab. 2:** Zobecnn lineární model (GLM) hodnotící vztah mezi druhov vyrovnaností a vzdáleností od exkrementu

		Stupně volnosti	Deviance	Reziduální stupně volnosti	Reziduální deviance	P (> Chi)
Druhov vyrovnanost	NULL			174	104.31	
	Vzdálenost od exkrementu	4	16.30	170	80.02	0.003

**Obr. 8:** Druhov vyrovnanost v jednotlivých subploškách (B, C, D, E, F)

Vznamn rozdlly dle post hoc Tukey testu jsou označeny písmeny a, b; chybové useky predstavujú standardní chyby průměru.



### 4.3 Podíl životních strategií v jednotlivých subploškách paseného porostu a v jednotlivých týdnech

Podíl životních strategií CSR v jednotlivých subploškách paseného porostu a v jednotlivých týdnech byl testován pomocí zobecněného lineárního modelu (GLM). Po statistickém vyhodnocení byl podíl životních strategií CSR v jednotlivých subploškách statisticky průkazný (Tab. 3). V jednotlivých týdnech byly CSR strategie statisticky neprůkazné.

CSR strategie byly nejméně zastoupeny na subploškách E a nejvíce převládaly na subploškách C (Obr. 9a, 9b, 9c).

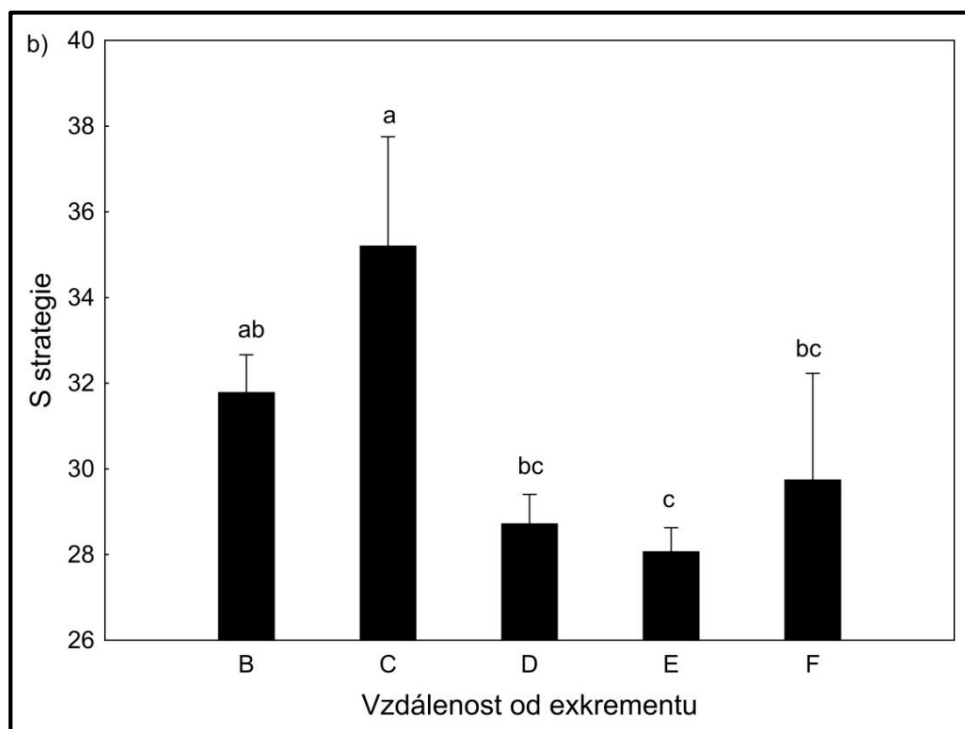
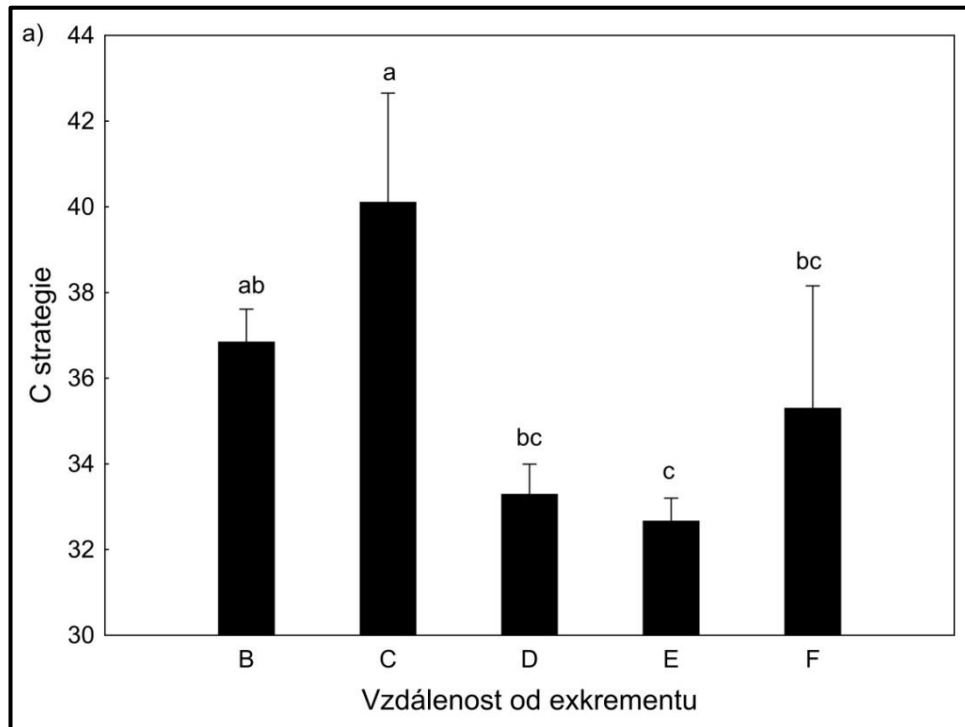
**Tab. 3:** Zobecněný lineární model (GLM) hodnotící vztah mezi životními strategiemi CSR a vzdáleností od exkrementu

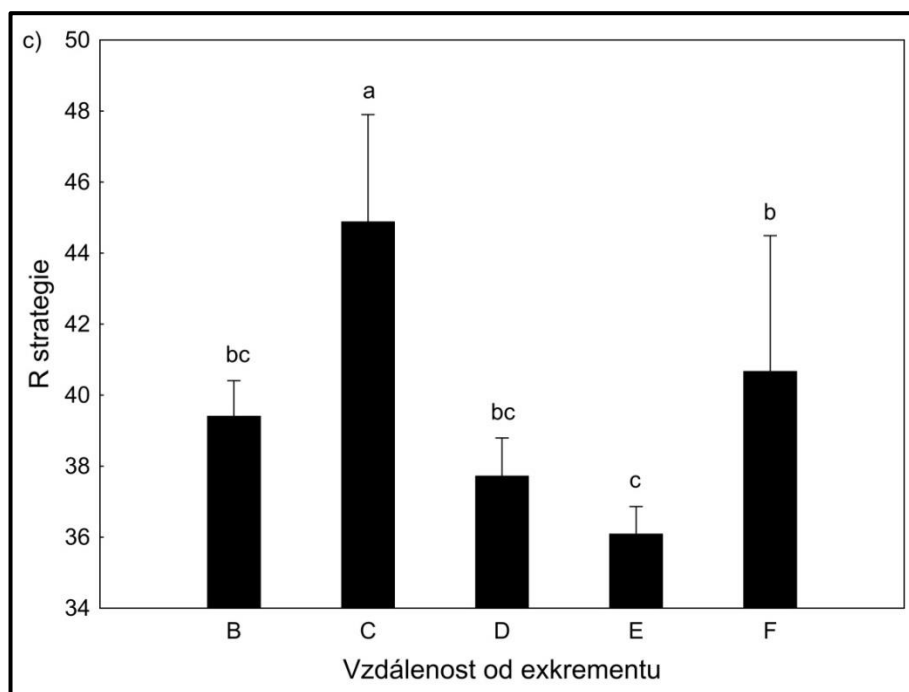
		Stupně volnosti	Deviance	Reziduální stupně volnosti	Reziduální deviance	P (> Chi)
<b>C strategie</b>	NULL			179	401.38	
	Vzdálenost od exkrementu	4	35.797	175	365.58	< 0.001
<b>S strategie</b>	NULL			179	409.86	
	Vzdálenost od exkrementu	4	38.159	175	371.70	< 0.001
<b>R strategie</b>	NULL			179	579.07	
	Vzdálenost od exkrementu	4	40.064	175	539.00	< 0.001



**Obr. 9:** Vážené průměry životních strategií v jednotlivých subploškách (B, C, D, E, F): a) C strategie, b) S strategie, c) R strategie

Významné rozdíly dle post hoc Tukey testu jsou označeny písmeny a, b, c; chybové úsečky představují standardní chyby průměru.





#### 4.4 Podíl různých funkčních skupin rostlin v jednotlivých subploškách paseného porostu a v jednotlivých týdnech

Podíl různých funkčních skupin rostlin v jednotlivých subploškách paseného porostu a jednotlivých týdnech byl testován pomocí zobecněného lineárního modelu (GLM). Byly testovány následující funkční skupiny: vysoké graminoidy, nízké graminoidy, vysoké byliny, nízké byliny, leguminózy a mechorosty. Po statistickém vyhodnocení byly vysoké a nízké graminoidy, vysoké a nízké byliny, leguminózy a mechorosty v jednotlivých subploškách (Tab. 4) a týdnech (Tab. 5) statisticky průkazné.

Vysoké graminoidy byly nejvíce zastoupeny na subploškách B a C v 19. týdnu a nejméně na subploškách D a E v prvním, 5. a 12. týdnu (Obr. 10a, 10b). Nízké graminoidy se nejvíce nacházely na subploškách C v 19. týdnu a nejméně na subploškách B, D, E a F v prvním týdnu (Obr. 11a, 11b). Vysoké byliny měly největší zastoupení na subploškách B ve 12. týdnu a nejmenší na subploškách F v prvním týdnu (Obr. 12a, 12b). Nízké byliny měly největší zastoupení na subploškách C v 5. a 19. týdnu a nejmenší na subploškách E v prvním týdnu (Obr. 13a, 13b). Leguminózy byly nejvíce zastoupené na subploškách F v prvním týdnu a nejméně na subploškách B, C a D v 19. týdnu (Obr. 14a, 14b). Mechorosty se vyskytovaly s nejvyšším zastoupením na subploškách F v prvním týdnu a s nejmenším zastoupením na subploškách B v 5., 12. a 19. týdnu (Obr. 15a, 15b).

**Tab. 4:** Zobecněný lineární model (GLM) hodnotící vztah mezi funkčními skupinami rostlin a vzdáleností od exkrementu

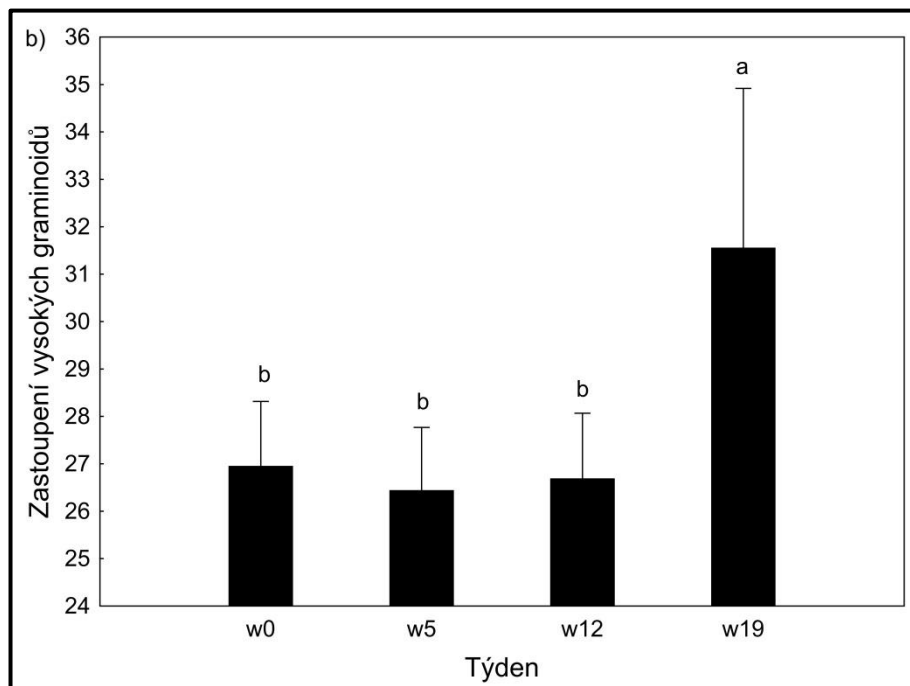
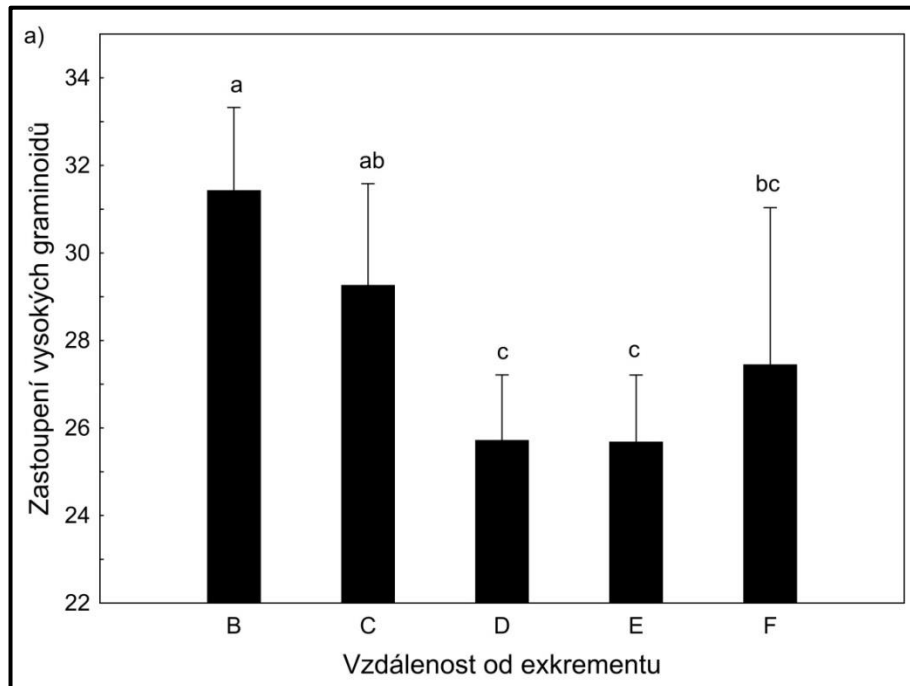
		Stupně volnosti	Deviance	Reziduální stupně volnosti	Reziduální deviance	P (> Chi)
Vysoké graminoidy	NULL			179	941.06	
	Vzdálenost od exkrementu	4	30.83	175	910.23	< 0.001
Nízké graminoidy	NULL			179	896.36	
	Vzdálenost od exkrementu	4	56.72	175	839.64	< 0.001
Vysoké byliny	NULL			179	893.85	
	Vzdálenost od exkrementu	4	86.74	175	807.11	< 0.001
Nízké byliny	NULL			179	1757.00	
	Vzdálenost od exkrementu	4	109.45	175	1647.50	< 0.001
Leguminózy	NULL			179	751.19	
	Vzdálenost od exkrementu	4	17.40	175	733.79	< 0.001
Mechorosty	NULL			179	2939.60	
	Vzdálenost od exkrementu	4	491.12	175	2448.40	< 0.001

**Tab. 5** Zobecněný lineární model (GLM) hodnotící vztah mezi funkčními skupinami rostlin a jednotlivými týdny

		Stupně volnosti	Deviance	Reziduální stupně volnosti	Reziduální deviance	P (> Chi)
Vysoké graminoidy	NULL			179	941.06	
	Týden	3	28.03	176	913.03	< 0.001
Nízké graminoidy	NULL			179	896.36	
	Týden	3	92.63	176	803.73	< 0.001
Vysoké byliny	NULL			179	893.85	
	Týden	3	19.81	176	874.04	< 0.001
Nízké byliny	NULL			179	1757.00	
	Týden	3	23.12	176	1733.90	< 0.001
Leguminózy	NULL			179	751.19	
	Týden	3	278.58	176	472.61	< 0.001
Mechorosty	NULL			179	2939.60	
	Týden	3	109.34	176	2830.20	< 0.001

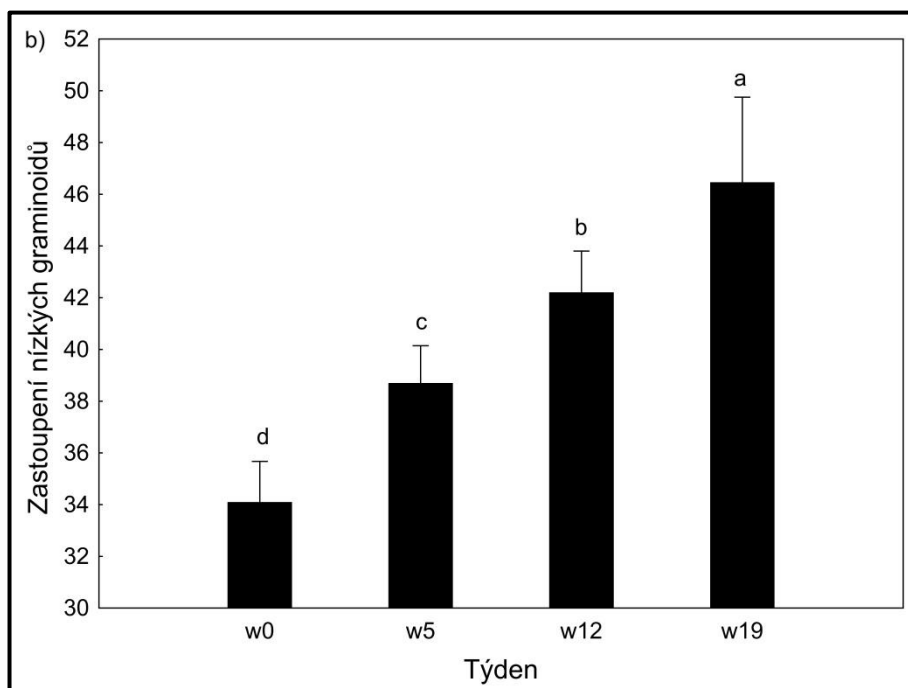
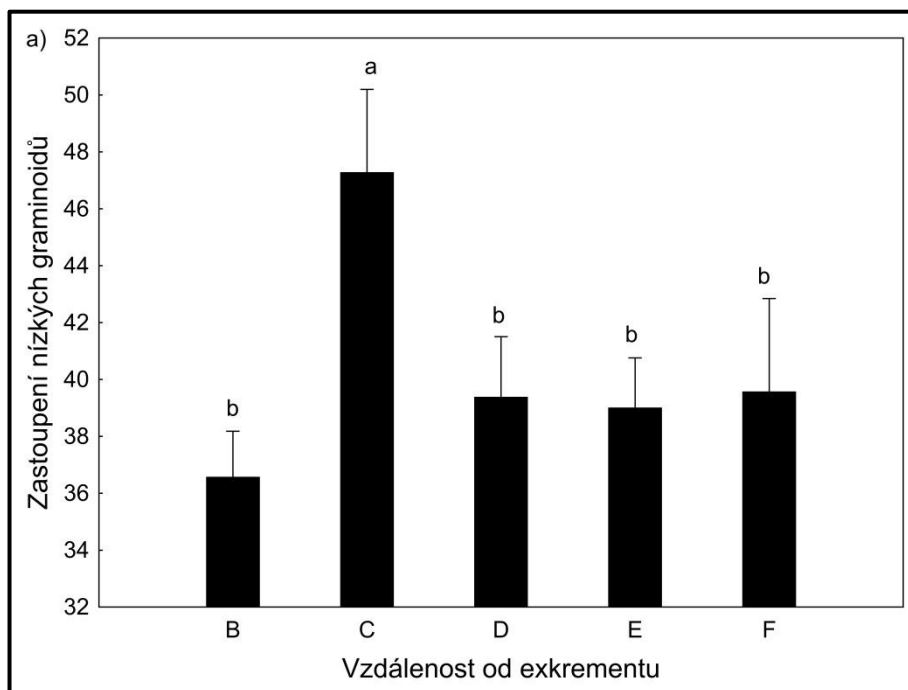
**Obr. 10:** Vážené průměry vysokých graminoidů: a) v jednotlivých subploškách (B, C, D, E, F), b) v jednotlivých týdnech (w0, w5, w12, w19)

Významné rozdíly dle post hoc Tukey testu jsou označeny písmeny a, b, c; chybové úsečky představují standardní chyby průměru.



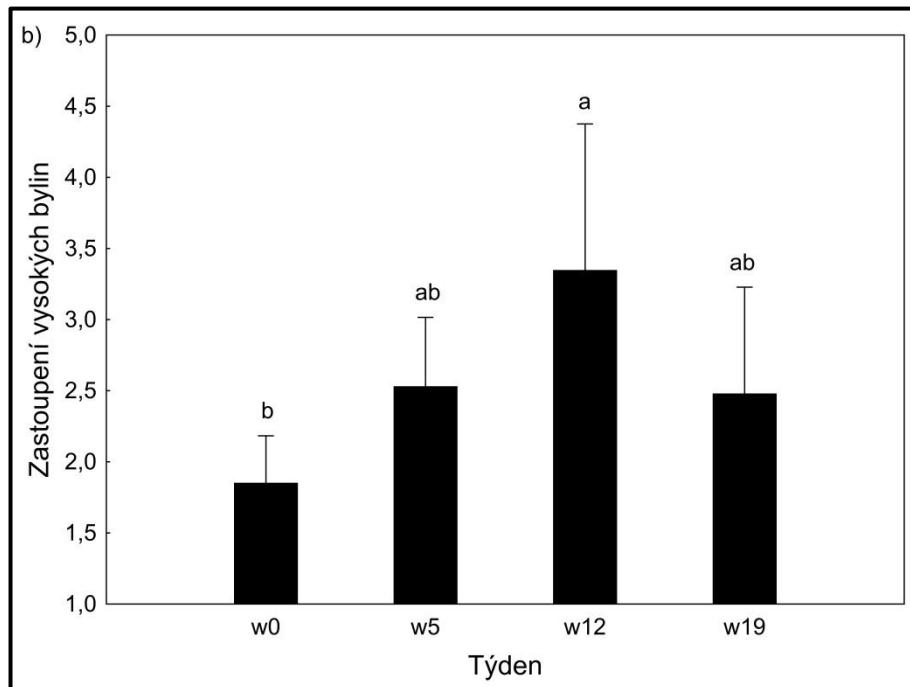
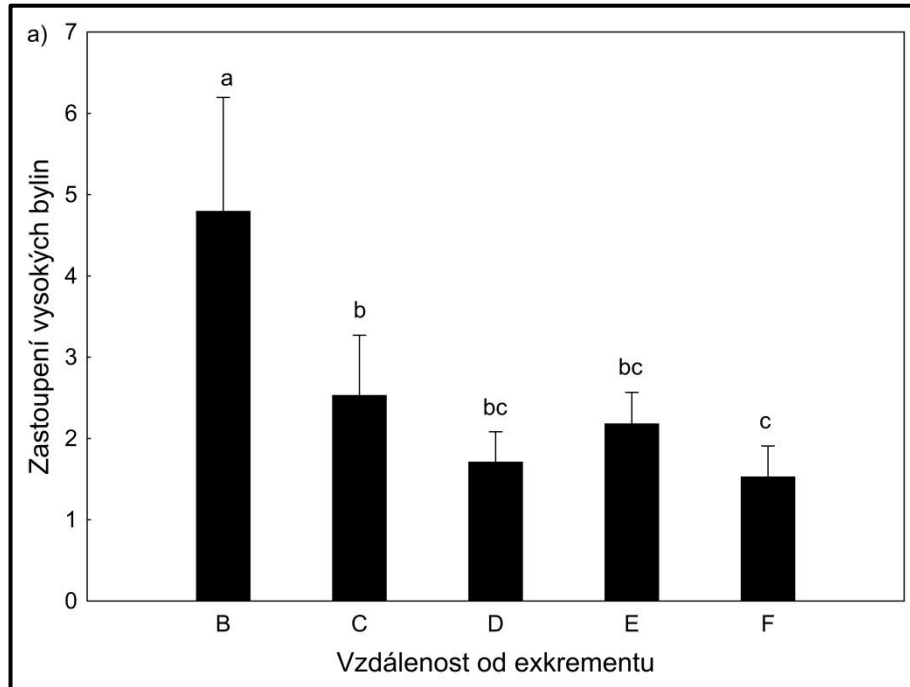
**Obr. 11:** Vážené průměry nízkých graminoidů: a) v jednotlivých subploškách (B, C, D, E, F), b) v jednotlivých týdnech (w0, w5, w12, w19)

Významné rozdíly dle post hoc Tukey testu jsou označeny písmeny a, b, c, d; chybové úsečky představují standardní chyby průměru.



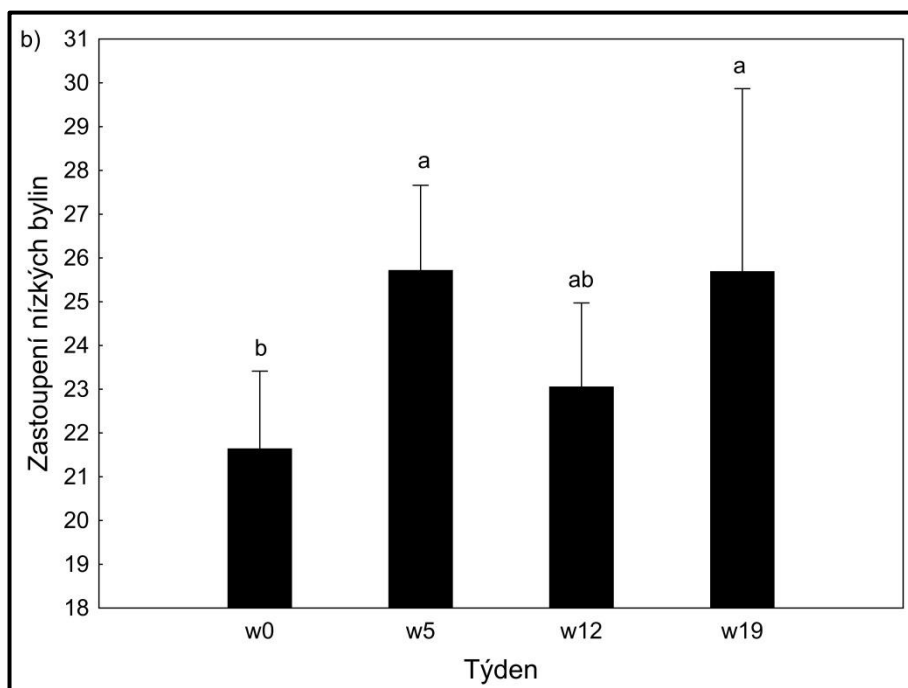
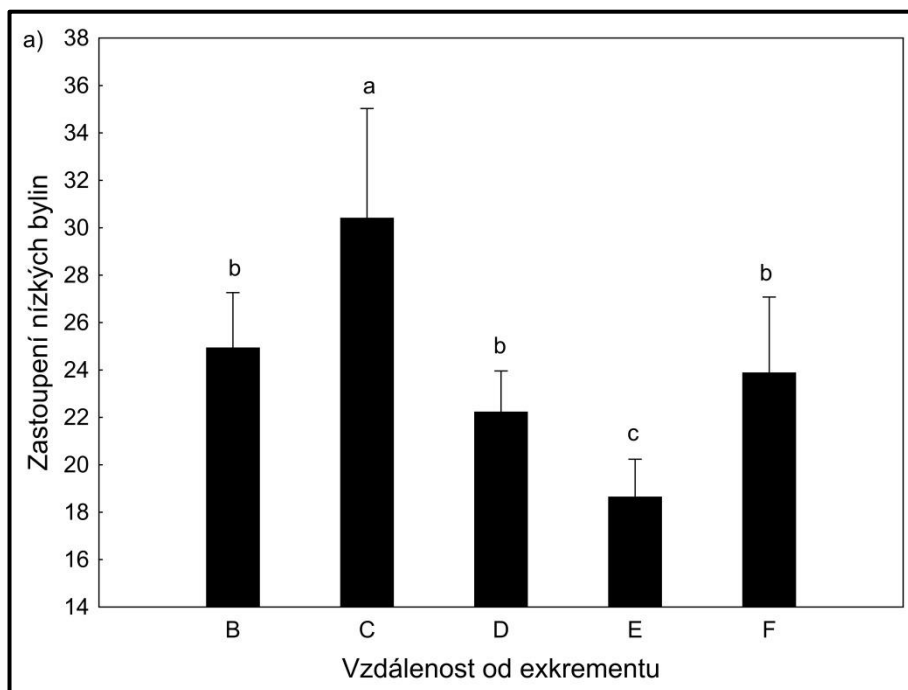
**Obr. 12:** Vážené průměry vysokých bylin: a) v jednotlivých subploškách (B, C, D, E, F), b) v jednotlivých týdnech (w0, w5, w12, w19)

Významné rozdíly dle post hoc Tukey testu jsou označeny písmeny a, b, c; chybové úsečky představují standardní chyby průměru.



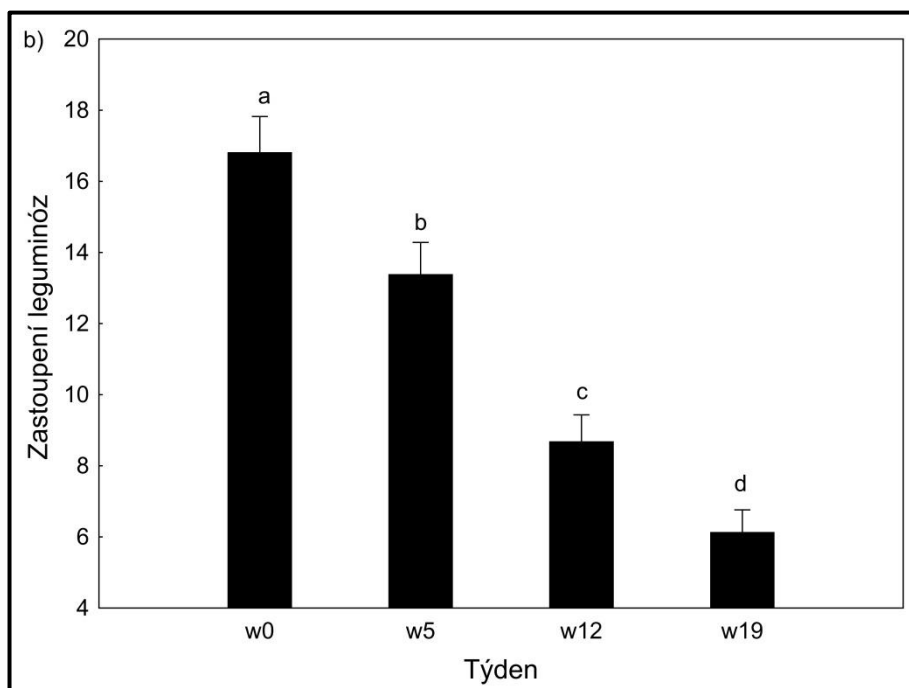
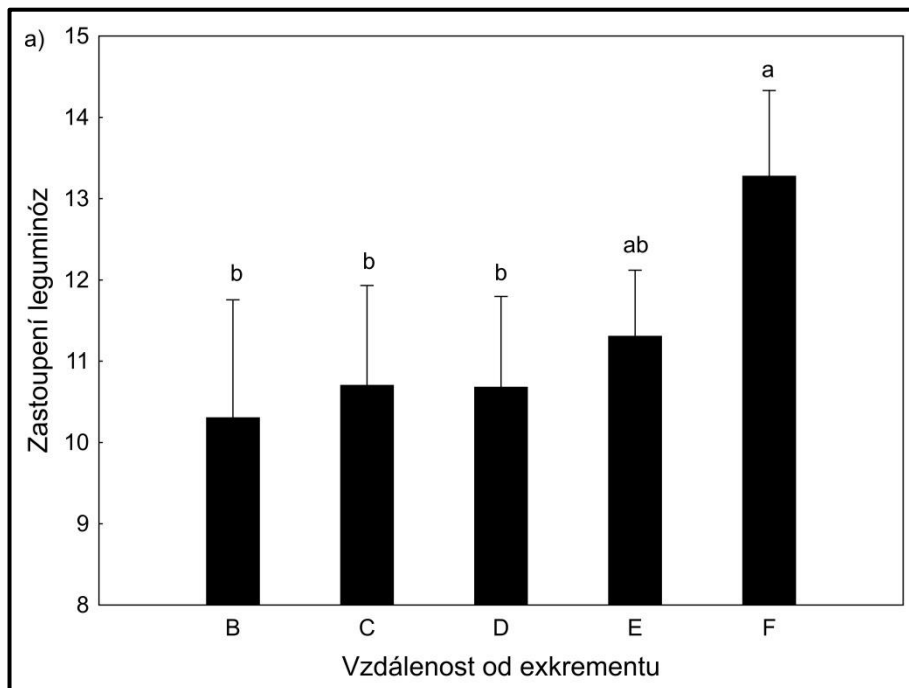
**Obr. 13:** Vážené průměry nízkých bylin: a) v jednotlivých subploškách (B, C, D, E, F), b) v jednotlivých týdnech (w0, w5, w12, w19)

Významné rozdíly dle post hoc Tukey testu jsou označeny písmeny a, b, c; chybové úsečky představují standardní chyby průměru.



**Obr. 14:** Vážené průměry leguminóz: a) v jednotlivých subploškách (B, C, D, E, F),  
b) v jednotlivých týdnech (w0, w5, w12, w19)

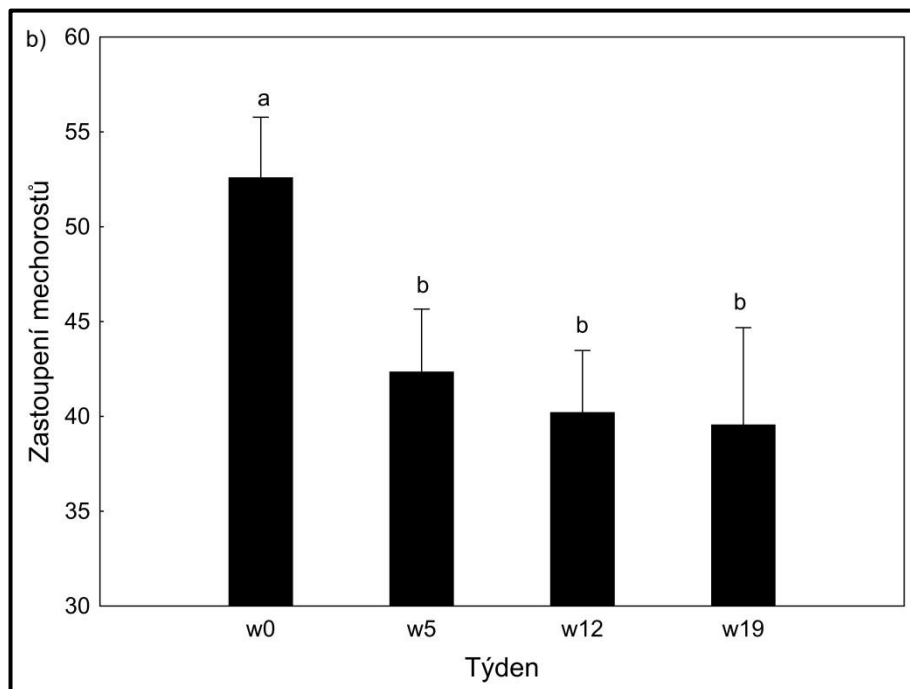
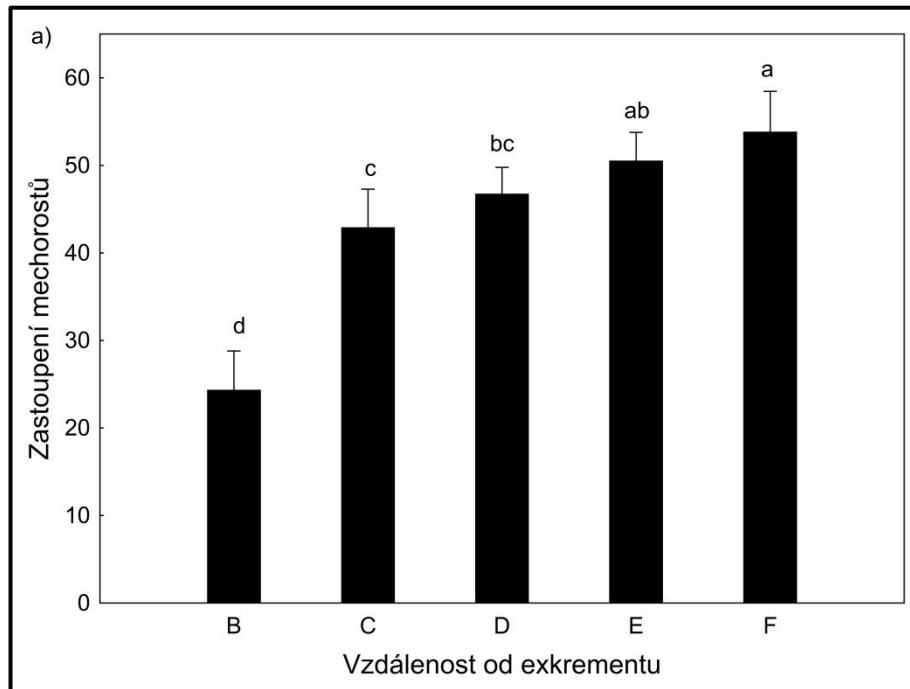
Významné rozdíly dle post hoc Tukey testu jsou označeny písmeny a, b, c, d; chybové úsečky představují standardní chyby průměru.





**Obr. 15:** Vážené průměry mechorostů: a) v jednotlivých subploškách (B, C, D, E, F), b) v jednotlivých týdnech (w0, w5, w12, w19)

Významné rozdíly dle post hoc Tukey testu jsou označeny písmeny a, b, c, d; chybové úsečky představují standardní chyby průměru.



#### 4.5 Podíl rostlinných traitů v jednotlivých subploškách paseného porostu a v jednotlivých týdnech

Rostlinné traity (obsah sušiny v listu, specifická listová plocha, tolerance spásání, tolerance sešlapu, kvalita píče) byly testovány pomocí zobecněného lineárního modelu (GLM). Byly testovány následující rostlinné traity: obsah sušiny v listu, specifická listová plocha, tolerance spásání, tolerance sešlapu a kvalita píče. Po statistickém vyhodnocení byly obsah sušiny v listu a specifická listová plocha v jednotlivých subploškách statisticky průkazný (Tab. 4). Tolerance spásání, sešlapu a kvalita píče vyšly v jednotlivých subploškách statisticky neprůkazně. V jednotlivých týdnech byl statisticky průkazný pouze obsah sušiny v listu (Tab. 5).

Obsah sušiny v listu byl největší na subploškách C v 19. týdnu a nejmenší na subploškách D a E v prvním týdnu (Obr. 16a, 16b). Specifická listová plocha měla největší zastoupení na subploškách C a nejmenší na subploškách B, D, E a F (Obr. 17).

**Tab. 6:** Zobecněný lineární model (GLM) hodnotící vztah mezi obsahem sušiny v listu (LDMC) a vzdáleností od exkrementu resp. jednotlivými týdny

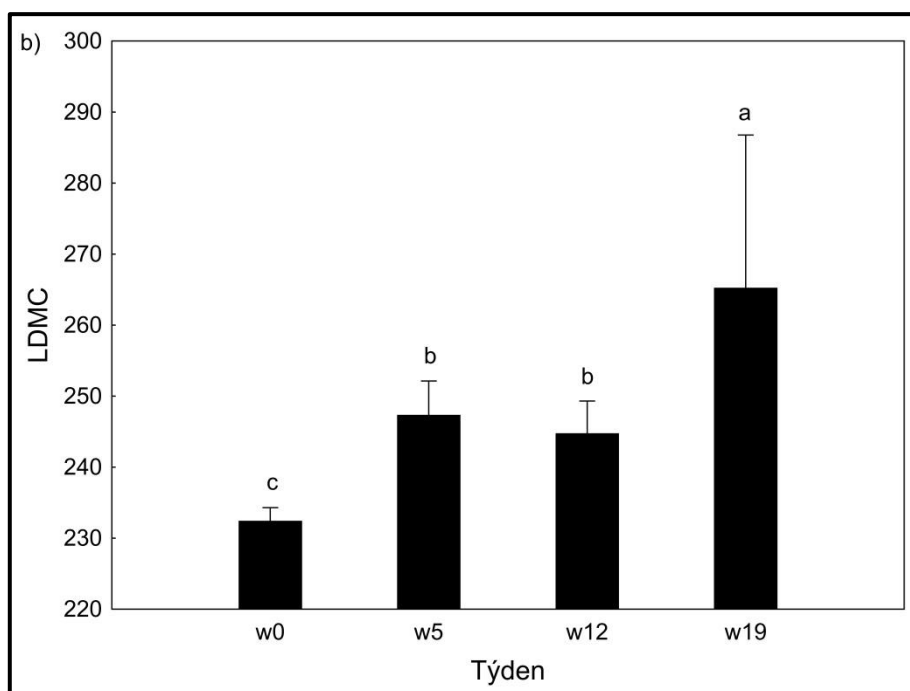
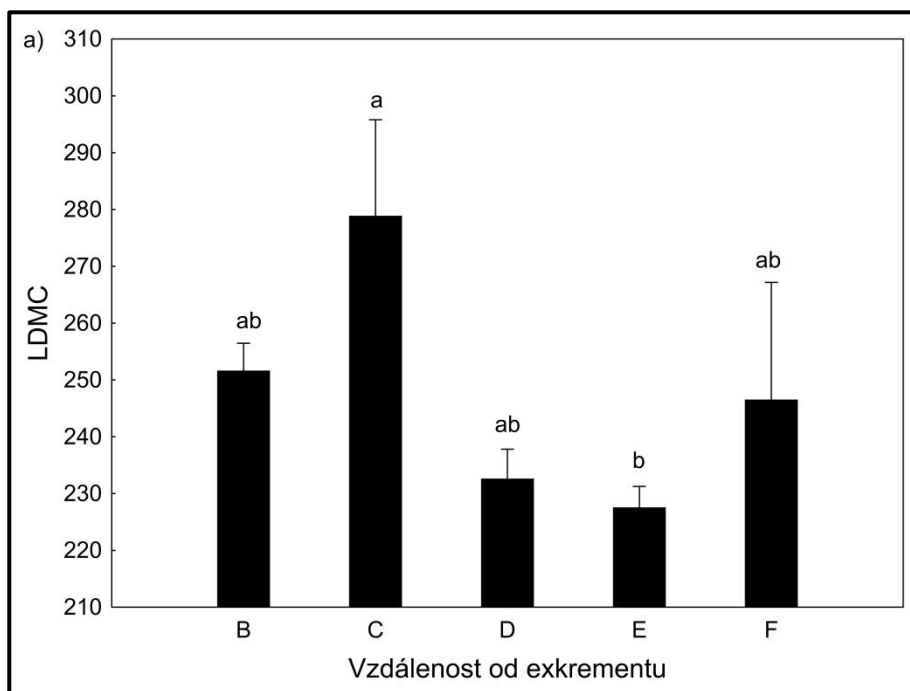
		Stupně volnosti	Deviance	Reziduální stupně volnosti	Reziduální deviance	P (> Chi)
SLA	NULL			179	332.89	
	Vzdálenost od exkrementu	4	28.90	175	303.98	< 0.001

**Tab. 7:** Zobecněný lineární model (GLM) hodnotící vztah mezi specifickou listovou plochou (SLA) a vzdáleností od exkrementu

		Stupně volnosti	Deviance	Reziduální stupně volnosti	Reziduální deviance	P (> Chi)
LDMC	NULL			179	2777.50	
	Vzdálenost od exkrementu	4	232.46	175	2545.00	< 0.001
LDMC	NULL			179	2777.50	
	Týden	3	99.39	175	2678.10	< 0.001

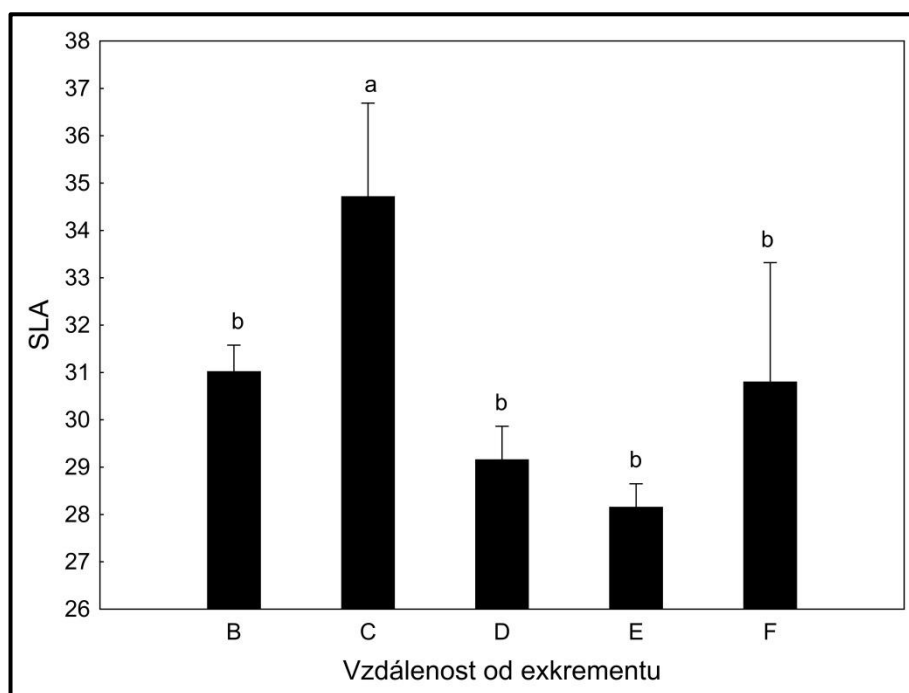
**Obr. 16:** Vážené průměry obsahu sušiny v listu (LDMC): a) v jednotlivých subploškách (B, C, D, E, F), b) v jednotlivých týdnech (w0, w5, w12, w19)

Významné rozdíly dle post hoc Tukey testu jsou označeny písmeny a, b, c; chybové úsečky představují standardní chyby průměru.



**Obr. 17:** Vážené průměry specifické listové plochy (SLA) v jednotlivých subploškách (B, C, D, E, F)

Významné rozdíly dle post hoc Tukey testu jsou označeny písmeny a, b; chybové úsečky představují standardní chyby průměru.

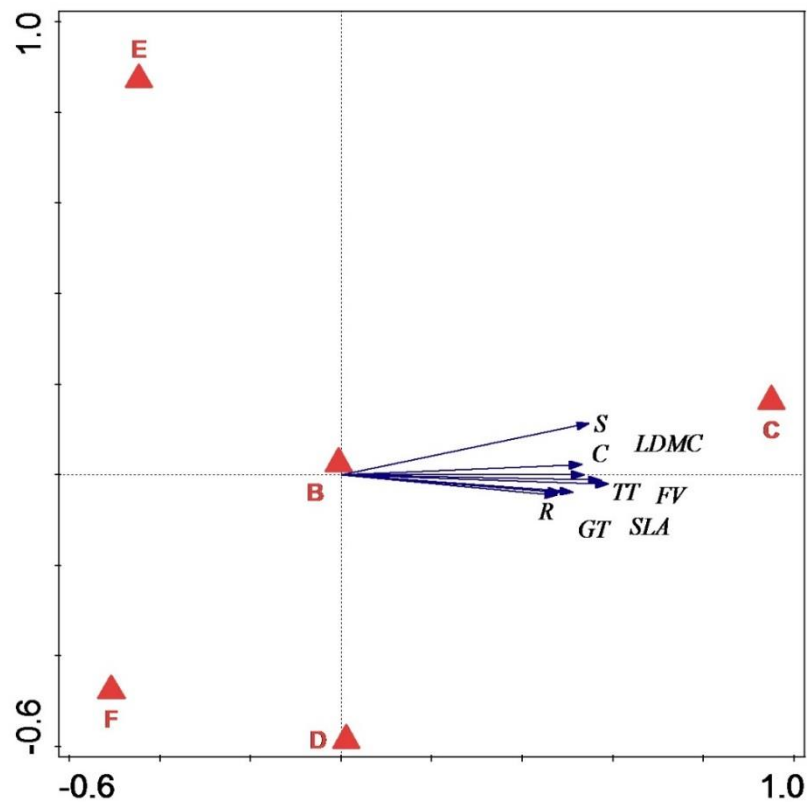


#### 4.6 Závislost rostlinných traitů na vzdálenosti od exkrementu v jednotlivých týdnech

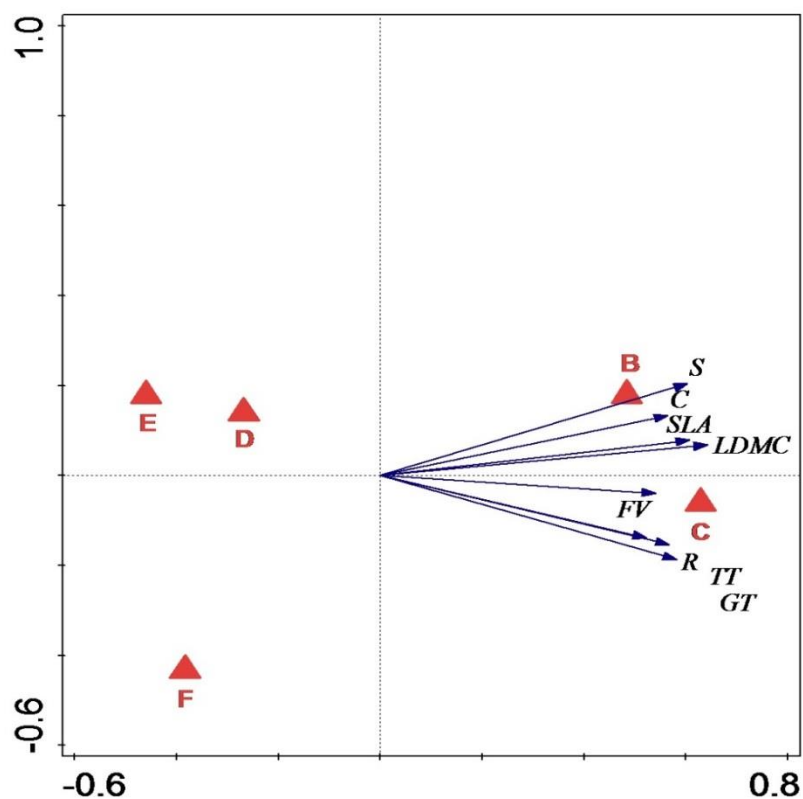
Závislost rostlinných traitů (obsah sušiny v listu, specifická listová plocha, tolerance spásání, tolerance sešlapu, kvalita píče) na vzdálenost od exkrementů v jednotlivých týdnech byla testována RDA analýzou. Provedená analýza byla v 5. týdnu ( $F = 23.1$ ,  $p = 0.002$ ) (Obr. 18) statisticky průkazná. Celková vysvětlená variabilita byla 37.9%, celková adjustována 31.5% a první kanonická osa vysvětlovala 37.21% variability dat. Statisticky průkazná byla i analýza ve 12. týdnu ( $F = 19.5$ ,  $p = 0.002$ ) (Obr. 19). Celková vysvětlená variabilita byla 36.8%, celková adjustovaná variabilita 26.6% a první kanonická osa vysvětlovala 34.52% variability dat. Pouze analýza v 19. týdnu vyšla statisticky neprůkazně.

Na ordinačním diagramu (Obr. 18) je vidět, že na první kanonické ose se nejvíce projeví subplošky B a C, tj. plošky nejbliže k exkrementu. To znamená, že největší podíl variability vlastností rostlin vysvětluje aplikace výkalu. Největší vážené průměry společenstva pro LDMC, SLA, toleranci k pastvě i k sešlapu a pro výživovou hodnotu porostu se uplatnily na C subploškách v 5. týdnu a na B a C subploškách ve 12 týdnu (Obr. 19). Stejně se projevil i podíl jednotlivých CSR strategií a to bez ohledu na typ strategie.

**Obr. 18:** Ordinační diagram vyjadřující závislost rostlinných traitů na vzdálenosti od exkrementu (subplošky B, C, D, E, F) v 5. týdnu pozorování.



**Obr. 19:** Ordinační diagram vyjadřující závislost rostlinných traitů na vzdálenosti od exkrementu (subplošky B, C, D, E, F) ve 12. týdnu pozorování.

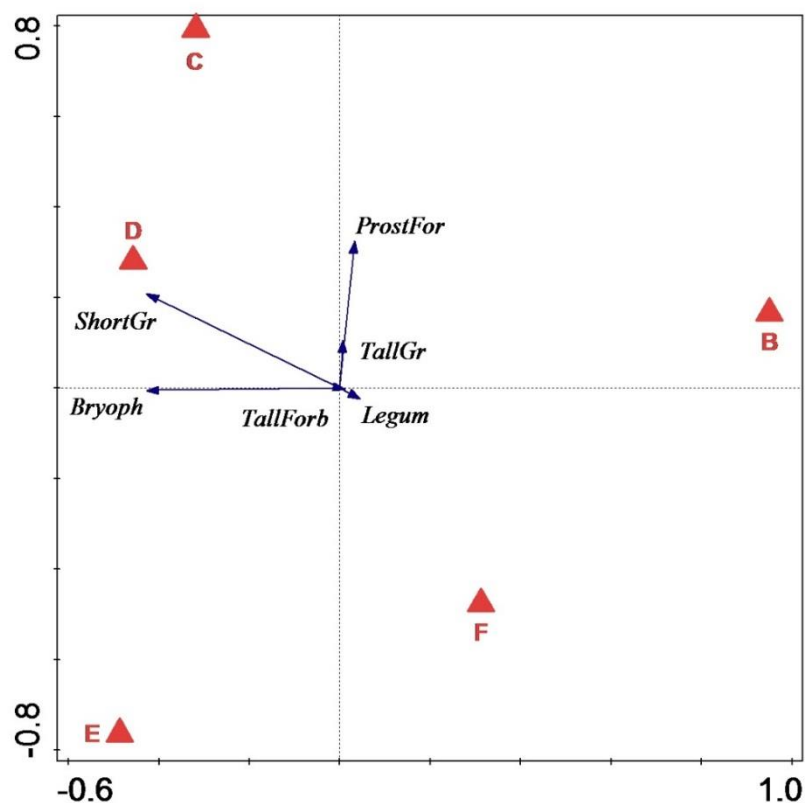


#### 4.7 Závislost funkčních skupin rostlin na vzdálenosti od exkrementu v jednotlivých týdnech

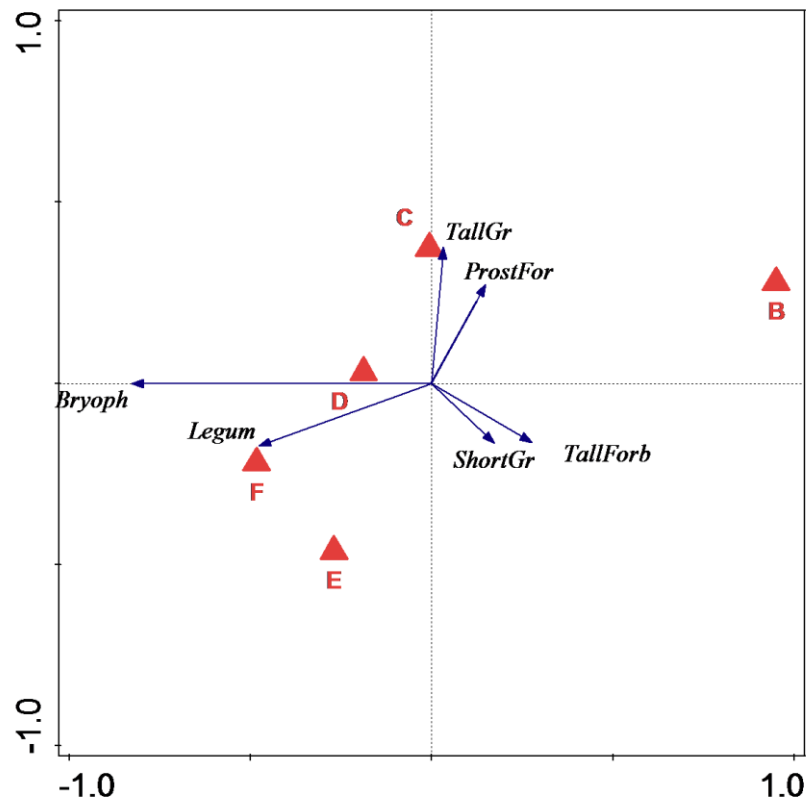
Závislost funkčních skupin rostlin (vysoké a nízké trávy, vysoké a nízké byliny, leguminózy, mechorosty) na vzdálenost od exkrementů v jednotlivých týdnech byla testována RDA analýzou. Provedená analýza byla v 5. týdnu ( $F = 3.2$ ,  $p = 0.03$ ) (Obr. 20) statisticky průkazná. Celková vysvětlená variabilita byla 10.6%, celková adjustovaná 1.4% a první kanonická osa vysvětlovala 7.61% variability dat. Statisticky průkazná byla i analýza ve 12. týdnu ( $F = 13.1$ ,  $p = 0.002$ ) (Obr. 21). Celková variabilita vysvětlovala 33.0%, celková adjustovaná variabilita 22.2% a první kanonická osa vysvětlovala 26.17% variability dat. Analýza v 19. týdnu vyšla také statisticky průkazně ( $F = 18.4$ ,  $p = 0.002$ ) (Obr. 22). Celková variabilita vysvětlovala 35.1%, celková adjustovaná variabilita 28.5% a první kanonická osa vysvětlovala 32.01%.

Ordinační diagram ukazuje, že krátké trávy a mechorosty měly největší zastoupení v 5. týdnu na subploškách D a E. Vysoké trávy a nízké byliny se nejvíce vyskytovaly na subploškách B a C, tzn. v blízkosti exkrementu. Leguminózy se naopak vyskytovaly na kontrolních subploškách F, které byly nejdále od aplikovaného exkrementu a byly také nejvíce spásané. Ve 12 týdnu byly leguminózy a mechorosty nejvíce zastoupeny na vzdálenějších subploškách D, E, a F. Vysoké trávy a nízké byliny se vyskytovaly s největším zastoupením na subploškách C a nízké trávy a vysoké byliny na subploškách B v těsné blízkosti exkrementu. V posledním 19. týdnu byly leguminózy a mechorosty nejvíce zastoupené na subploškách F a vysoké a nízké trávy, vysoké a nízké byliny nejvíce na subploškách B a C.

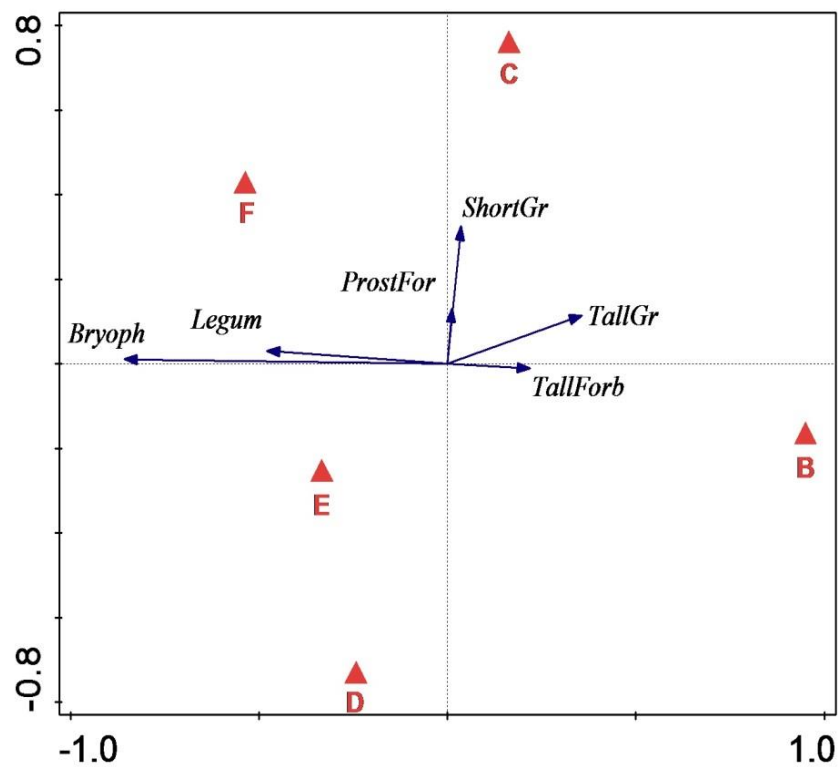
**Obr. 20:** Ordinační diagram vyjadřující závislost funkčních skupin na vzdálenosti od exkrementu (subplošky B, C, D, E, F) v 5. týdnu pozorování.



**Obr. 21:** Ordinační diagram vyjadřující závislost funkčních skupin rostlin na vzdálenosti od exkrementu (subplošky B, C, D, E, F) ve 12. týdnu pozorování.



**Obr. 22:** Ordinační diagram vyjadřující závislost funkčních skupin rostlin na vzdálenosti od exkrementu (subplošky B, C, D, E, F) v 19. týdnu pozorování.





## **5. DISKUZE**

### **5.1 Výška rostliny**

Výška rostliny je funkční znak, který souvisí s kompetitivní silou rostliny. Rostliny z úživnějších stanovišť mají tendenci být vyšší a tedy úspěšnější v konkurenci o světlo oproti ostatním druhům (Westoby, 1998, Cornelissen et al., 2003, Falster & Westoby 2003, Klimešová et al. 2008). V našem experimentu bylo zjištěno, že výška porostu byla největší na subploškách B a C ve 12. týdnu. Tyto subplošky se vyskytovaly v těsné blízkosti aplikovaného exkrementu a ten mohl způsobit, že půda byla obohacena o živiny, které přispěly k růstu jednotlivých druhů. To např. uvádí ve své studii Weeda (1967), který zjistil, že vegetace vyskytující se v těsné blízkosti exkrementů byla o 3 – 5 centimetrů vyšší než vegetace okolní, i když defekace tuhými výkaly může vést v malém měřítku i k poklesu rostlinného bohatství, protože např. nadzemní části rostlin s největší pravděpodobností odumírají pro nedostatek světla (Haynes & Williams 1993, Kohler et al. 2004), na druhou stranu může ovšem vést i k tvorbě mezer v porostu, které mohou následně podporovat klíčení semen některých rostlinných druhů (Cosyns et al. 2005, Cosyns & Hoffmann 2005, Ausden 2007). Další možností proč byla největší výška porostu zaznamenána na těchto subploškách je, že se skot těmto subploškám aktivně vyhýbal a to z důvodu zápachu, což naznačují ve své studii i Marsh & Campling (1970). Nejmenší výška porostu v naší studii byla zjištěna na subploškách F, které se vyskytovaly nejdále od aplikovaného exkrementu a sloužily jako kontrola, a v prvním týdnu, kdy ještě nebyl aplikován exkrement. Mohli bychom tedy na základě těchto výsledků říci, že výška rostliny pozitivně koreluje s depozicí exkrementu.

### **5.2 Druhovú vyrovnanosť**

Pastevní činnost výrazně ovlivňuje druhovou skladbu a biomasu travních porostů. Depozice exkrementu skotu spolu s pastvou a sešlapem lze považovat za jednu z důležitých faktorů ovlivňující vegetační dynamiku na pastvinách.

V našem experimentu byla druhová vyrovnanosť největší na subploškách B v těsné blízkosti exkrementu a nejmenší na subploškách D a F. Ve studii Gillet et al. (2010) pozorovali zvýšené množství druhů v okolí aplikovaného exkrementu ve

srovnání s ostatními ploškami, což mohlo být následkem kombinace nízké výšky vegetace, hustoty vegetace na začátku sezóny, nižší pastevní činnosti v těsné blízkosti exkrementu. Tyto faktory pravděpodobně mohly vyvolat příznivé podmínky pro vznik mnoha druhů a tedy vyšší druhovou bohatost. Některé druhy naopak přežily díky schopnosti konkurovat o světlo. Tento výsledek ukazuje, že díky faktorům jako jsou vyšší přísun živin ve formě exkrementů, nižší pastevní tlak a schopnost rostliny konkurovat o světlo, vzniká spousta dalších a nových druhů. Např. Guretzky et al. (2007) uvádějí, že druhová bohatost se v závislosti na pastevním tlaku zvyšuje díky snížení druhové konkurence, větší heterogenitě a díky větší dostupnosti živin. Belsky (1992) ve své studii také uvádí, že pastva zvyšuje druhovou diverzitu, protože potlačuje výskyt vysokých druhů a umožňuje výskyt jednoletých a dvouletých rostlin, které se při absenci obhospodařování nemohou prosadit. Zvýšení počtu druhů pod vlivem pastvy může být také způsobeno zpřístupněním živin pro rostliny, protože většina živin se na lokalitu opět vrátí.

### 5.3 CSR životní strategie

V naší studii bylo zjištěno, že CSR životní strategie se nejvíce uplatnily na subploškách C, které byly v těsné blízkosti aplikovaného exkrementu. Na výzkumné pastvině byly zaznamenány s převládajícím podílem C-strategie druhy jako *Alopecurus pratensis*, *Dactylis glomerata*, *Holcus mollis*, *Lotus uliginosus* a *Galium album*. Jedná se o druhy, které zvířata většinou nespásají a jsou pro ně těžko stravitelné (trnité, žahavé), jedovaté, méně chutné či s malou krmnou hodnotou (Mrkvička et al. 2006). Jsou typičtí na stanovištích s dostatečnou zásobou minerálních látek a vody. Vyznačují se hlavně vysokým vzrůstem, relativně širokou listovou plochou, rychlým růstem a dlouhověkostí což způsobuje, že se C-strategové uplatňují většinou v největším množství, čímž vytlačují méně konkurenční druhy (Grime et al. 1988). Např. ve studii Grime (2001) bylo zjištěno, že depozice exkrementů podporuje převážně C strategii, tzn. druhy náročné na živiny, oproti S a R strategii. Naopak ve studii Dzwonko & Loster, kde zkoumali rozdíl mezi bývalými pastvinami a pastvinami doteď využívanými, zjistili, že na bývalých pastvinách je větší podíl druhů s velkými listy, s listy pravidelně rozmístěnými podél stonků a větší podíl C a S strategií oproti pravidelně využívaným. Toto potvrzují i studie Moog et al. (2005) a Hunt et al. (2004), ve kterých uvádějí, že druhy s převládajícím podílem

C-strategie se nejvíce vyskytovaly na bývalých pastvinách a na místech ponechaná ladem.

Ve studii Diaz et al. (2007) bylo zjištěno, že na pastvu reagovaly pozitivně jednoleté rostliny oproti rostlinám vytrvalým, které na pastvu reagovaly negativně, jedná se o rostliny, u kterých převažuje podíl R-strategie. Na naší výzkumné pastvině se vyskytovaly s převládajícím podílem R-strategie druhy jako např. *Cardamine pratensis*, *Plantago major*, *Taraxacum* sp. a *Veronica serpyllifolia*. Hunt et al. (2004) ve své studii uvádí, že místa s vysokou disturbancí a vysokým množstvím živin vykazovala na vegetaci nárůst R-strategů. Např. druh *Plantago major* je typickým R-strategem, který je schopný odolávat nepříznivým podmínkám, vyskytuje se na místech s vysokou disturbancí, na znečištěných a sešlapávaných půdách a slunných místech, což platí právě i pro výše zmiňované druhy *Holcus mollis*, *Taraxacum* sp. atd. (Grime et al. 1988).

S-strategie byla v našem experimentu zastoupena pouze jediným druhem a to druhem *Alchemilla vulgaris*. Jedná se totiž o druhy, které se odchyľují od normálních životních hodnot, což znamená, že se vyskytují ve velmi stresových podmínkách (stanoviště s nedostatkem vody, záření, živin atd.), na jiných stanovištích se prakticky není schopná uchytit. Takové podmínky nejsou pro naši výzkumnou pastvinu typické, proto se S-strategie uplatnila pouze v malém množství, podobně jako ve studii autorů Hellström et al. 2003, ve které uvádějí, že S-strategové jsou schopné reagovat na nízkou produktivitu, takže jejich počet může v dlouhodobém horizontu v případě rozsáhlého území stoupat, pokud se živiny v půdě budou snižovat (Hellström et al. 2003).

#### **5.4 Funkční skupiny rostlin**

V našem pokusu byly vysoké graminoidy nejvíce zastoupeny na subploškách B a C, které byly nejbližší aplikovanému exkrementu a v 19. týdnu. Ke stejnému výsledku došli i ve studii Gillet et al. (2010), ve které zjistili, že vysoké graminoidy byly nejhojnější v blízkosti aplikovaného exkrementu. Nýbrž co se týká nízkých graminoidů, bylo ve studii Gillet et al. (2010) zjištěno, že nejvíce převládaly na ploškách vzdálenějších od aplikovaného exkrementu, což kontrastuje s naším výzkumem, ve kterém bylo zjištěno, že nízké graminoidy se nejvíce vyskytovaly v těsné blízkosti od exkrementu. Na naší výzkumné pastvině byly zaznamenány

vysoké graminoidy jako např. *Alopecurus pratensis*, *Dactylis glomerata*, *Festuca pratensis*, *Festuca rubra*, *Holcus mollis*, *Poa pratensis* a *Poa trivialis* a nízké graminoidy byly zastoupeny pouze dvěma druhy a to druhy *Agrostis capillaris* a *Carex* sp. Dle Diaze et al. (2007) pastva více upřednostňuje nízké rostliny před vysokými a plazivé rostliny před vzpřímenými. Ve své studii zjistil, že nízké rostliny reagovaly na pastvu pozitivně, kdežto vysoké rostliny negativně, což bylo potvrzeno ve všech systémových oblastech s výjimkou suchých oblastí (např. v některých australských oblastech), kde se reakce nízkých a vysokých rostlin od sebe významně nelišily. Ve studii Pavlů et al. (2006) zaznamenali vlivem kontinuální pastvy pokles vysokých graminoidů (např. druhy *Elytrigia repens*, *Poa* sp. atd.) a naopak nárůst druhu *Holcus mollis*, což bylo velice překvapivé, protože tento druh obvykle nepřetrvává v intenzivním pastevním porostu (Grime et al. 1988). K nárůstu došlo i u nízkých graminoidů především u druhu *Agrostis capillaris*, pro kterého se zdá být samotná pastva důležitějším znakem než samotný pastevní systém, což potvrzují i ve studiích Hellström et al. (2003), Pavlů et al. (2003), Hejcman et al. (2005). V rámci pastvy jsou tyto druhy relativně chutné. Vysoké byliny se v našem experimentu vyskytovaly s největším zastoupením na subploškách B ve 12. týdnu a nízké byliny na subploškách C v 5. a 19. týdnu. Nejhojnějšími vysokými bylinami byly druhy *Achillea millefolium*, *Anthriscus sylvestris*, *Cirsium palustre*, *Galium album*, *Hypericum maculatum*, *Ranunculus acris* a *Rumex acetosa*. Nízké byliny byly zastoupeny druhy jako *Alchemilla vulgaris*, *Cardamine pratensis*, *Cersatium holosteoides*, *Gallium uliginosum*, *Glechoma hederacea*, *Plantago lanceolata*, *Plantago major*, *Ranunculus repens*, *Stellaria graminea*, *Taraxacum* sp., *Veronica chamaedrys* a *Veronica serpyllifolia*. Ve studii Gillet et al. (2010) zjistili, že vysoké byliny jako *Rumex acetosa* a *Trisetum flavescens*, se nejvíce vyskytovaly v blízkosti exkrementu a naopak nízké byliny upřednostňující oligotrofní podmínky byly nejvíce zastoupené na vzdálenějších ploškách. Leguminózy byly v našem experimentu zastoupeny pouze dvěma druhy *Lotus uliginosus* a *Trifolium repens*. Nejvíce byly zastoupené na subploškách F v prvním týdnu. Sternberg et al. (2000) zaznamenali ve své studii, ve které zkoumali odpovědi vegetace a funkčních skupin na pastevní management, že pokles vysokých graminoidů koreluje s nárůstem leguminóz. Ve studii Doležal et al. (2011), ve které zkoumali vliv mulčování na druhy a funkční znaky rostlin zjistili, že mulčování nejvíce podporovalo byliny, krátké graminoidy a leguminózy, zatímco vysoké graminoidy byly potlačeny. Nejvíce byly mulčováním

podporovány druhy jako *Alchemilla vulgaris* a *Trifolium repens*. V ploškách ponechané ladem se především vyskytoval druh *Agrostis capillaris*, zatímco v sečených ploškách se nejvíce vyskytovaly druhy *Festuca rubra* a *Deschampsia caespitosa*. Doležal et al. (2011) považuje mulčování za velmi významnou metodu podporující vysokou druhovou bohatost a rozmanitost.

## 5.5 Rostlinné traity

Největší podíl obsahu sušiny v listu (LDMC) byl zaznamenán na subploškách C, které se nacházely v blízkosti aplikovaného exkrementu, a v 19. týdnu. Ve studii Williams & Haynes (1995) zaznamenali, že druhy vyskytující se v těsné blízkosti exkrementu obsahují více sušiny v prvních 12 měsících po uložení exkrementu. Druhy s vysokým obsahem sušiny mají relativně tvrdé listy, a proto jsou odolnější vůči fyzickému nebezpečí (herbivorie, vítr atd.) než druhy s nízkým obsahem sušiny, které většinou mají listy měkčí a obývají místa s vysokou disturbancí (Cornelissen et al. 2003). Při výzkumu Louaulta et al. (2005) byly identifikovány 3 hlavní funkční skupiny rostlin v reakci na stupeň disturbance: vliv exkrementů pasoucích se zvířat, vliv spásání a pošlapání. Dle jejich výsledků, pokles využití porostu snižuje listovou hmotnost, specifickou listovou plochu (SLA) a stravitelnost, naopak zvyšuje obsah vápníku v listu a obsah sušiny. Při porovnání menšího a většího zatížení porostu byly rostliny vyšší, produkovaly větší semena a kvetly později při menším využívání porostu. Např. ve studii Pakeman & Marriott (2010) uvádějí, že pastva podporuje především druhy s vyšší specifickou listovou plochou a nižším obsahem sušiny v listu, jelikož na pasených plochách potřebují rostliny vytvářet větší listovou plochu než zvyšovat obsah sušiny v listu (Louault et al. 2005). Toto zjištění kontrastuje např. s experimentem Diaze et al. (2001), kde zaznamenali, že velikost listu u rostlin klesá se zvyšujícím se pastevním tlakem.

Podíl specifické listové plochy byl největší také na subploškách C, což mohlo být způsobeno opět tím, že se vyskytovaly v blízkosti aplikovaného exkrementu, který obohacováním půdy o živiny zvyšoval podíl SLA u jednotlivých druhů. Druhy s velkou specifickou listovou plochou (např. *Aegopodium podagraria*, *Urtica dioica* atd.) jsou druhy typicky konkurenční, které svou velikostí a širokými listy zastíňují druhy ostatní, což souvisí právě s jejich funkčními znaky. Pokud rostliny mají menší specifickou listovou plochu, mají větší tendenci vkládat sílu do obrany a dlouhé

životnosti listů. Druhy vyskytující se ve zdrojově bohatých prostředích mají větší specifickou listovou plochu než druhy, které se vyskytují na místech pod velkým stresem, ačkoli některé druhy tolerující zastínění se vyznačují taktéž velkou specifickou listovou plochou (Cornelissen et al. 2003). U autorů ve studii Wilson et al. (1999) převládá názor, že listy s vysokou specifickou listovou plochou jsou velmi produktivní, ale patří mezi rostliny krátkotrvající a náchylnější pro býložravce (Coley et al. 1985, Grime et al. 1996), naopak listy s nízkou specifickou plochou se lépe přizpůsobují v chudém prostředí, kde je pro ně udržení životních zdrojů vyšší prioritou.

Dai (2000) ve své studii tvrdí, že každý druh reaguje na ukládání exkrementů různými způsoby a že záleží také na stupni rozkladu. Ukládání exkrementů na pastvinách může mít vliv na vznik některých druhů rostlin tím, že způsobí změny v relativní početnosti druhu v semenné půdní bance, kde se koncentrují a za příznivých podmínek vyklíčí. Další způsob, který by mohl mít vliv na vznik určitých druhů je, že semena mohou být koncentrovaná v trusu skotu a za příznivých podmínek vyklíčí, ale pouze za předpokladu, že přežily jak průchod střev, tak proces rozkladu (Dai 2000). Právě ve studii Dai (2000) byl počet druhů vzniklých předcházejícím způsobem mnohem vyšší než ve studii Wicklow & Žák (1983), kde sledovali dva travní druhy *Bouteloua gracilis* a *Sporobolus cryptandrus*. Došli k závěru, že ani jeden bylinný druh nepřežil průchod skotu střeva. Podobně tomu je také ve studii Welch (1985), kde uvádí, že pouze sedm druhů vyklíčilo z celkových 88 zaznamenaných.

## **6. ZÁVĚR**

Hlavním cílem této diplomové práce bylo zjistit, jaký vliv má depozice exkrementu skotu na odlišné funkční vlastnosti rostlin. Byly testovány 3 hlavní kategorie (CSR strategie, funkční skupiny rostlin, rostlinné traity), druhová vyrovnanost a výška porostu. Na základě prvních výsledků analýzy, které zkoumaly vliv depozice exkrementu skotu na výšku rostliny a druhovou vyrovnanost v jednotlivých týdnech lze říci, že výška porostu a druhová vyrovnanost byly nejvyšší v blízkosti aplikovaného exkrementu. Dále byl zkoumán podíl životních strategií rostlin v jednotlivých subploškách paseného porostu a v jednotlivých týdnech. Bylo zjištěno, že uplatnění životních strategií rostlin bez ohledu na jejich typ se nejvíce projevilo na subploškách C, které byly v těsné blízkosti aplikovaného exkrementu. Další zkoumanou analýzou byl podíl funkčních skupin rostlin v jednotlivých subploškách paseného porostu a v jednotlivých týdnech. Zjistili jsme, že vysoké a nízké graminoidy se nejvíce uplatnily na subploškách v blízkosti aplikovaného exkrementu v posledním týdnu pozorování. Vysoké byliny měly největší zastoupení na subploškách B v těsné blízkosti exkrementu ve 12. týdnu a nízké byliny měly největší zastoupení na subploškách C v 5. a 19. týdnu. Leguminózy a mechorosty se nacházely s největším zastoupením na subploškách F, které sloužily jako kontrola a byly nejvíce vzdálené od exkrementu. Poslední zkoumanou analýzou byl podíl rostlinných traitů v jednotlivých subploškách paseného porostu a v jednotlivých týdnech. Bylo zjištěno, že LDMC a SLA byly největší na subploškách C, které byly v blízkosti aplikovaného exkrementu.

Závěrem můžeme konstatovat, že pasený porost je důležité zkoumat z hlediska jeho výšky, díky které jsou rostliny zařazovány do jednotlivých funkčních skupin rostlin. Používá se nejen pro odhad porostů, ale určuje také, jakým způsobem bude pastva probíhat. Na různé výšky jsou vázány různé druhy s odlišným vzhledem, růstem, obsahem sušiny v listu, s odlišnou výškou, hmotností a životní strategií. Dále můžeme konstatovat, že depozice exkrementu skotu může mít vliv na vznik druhů třemi způsoby a to: (1) změnou relativního zastoupení druhů v semenné půdní bance pod uloženým exkrementem, (2) ukládáním semen v exkrementech nebo (3) stimulací růstu některých druhů z důvodu zvýšeného obsahu živin. Na závěr tedy můžeme říci, že vznik některých druhů rostlin v temperátních pastvinách může být skutečně ovlivněn depozicí exkrementů skotu.

## 7. SEZNAM LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ

**AARONS S. R., O'CONNOR C. R. & GOURLEY C. J. P. 2004:** Dung decomposition in temperate dairy pastures. I. Changes in soil chemical properties. *Australian journal of soil research* 42: 107 – 114.

**ACKERLY D. D., KNIGHT C. A., WEISS S. B., BARTON K. & STARMER K. P. 2002:** Leaf size, specific leaf area and microhabitat distribution of chaparral woody plants: contrasting patterns in species level and community level analyses. *Oecologia* 130: 449 – 457.

**ANSQUER P., DURU M., THEAU J. P. & CRUZ P. 2009:** Functional traits as indicators of fodder provision over a short time scale in species-rich grasslands. *Annals of Botany* 103: 117 – 126.

**AUSDEN M. 2007:** Habitat management for conservation, a handbook of techniques. *Oxford University Press, New York*.

**BAILEY D. W. 2005:** Identification & Creation of Optimum Habitat Conditions for Livestock. *Rangel. Ecology Manag* 58: 109 – 118.

**BAKKER E. S., OLFF H., BOEKHOFF M., GLEICHMAN J. M. & BERENDSE F. 2004:** Impact of herbivores on nitrogen cycling: contrasting effects of small and large species. *Oecologia* 138: 91 – 101.

**BAUMONT R., PRACHE S., MEURET M. & MORAND-FEHR P. 2000:** How forage characteristics influence behaviour and intake in small ruminants: a review. *Livestock Production Science* 64: 15 – 28.

**BELLO F., LEPŠ J. & SEBASTIAN M. T. 2005:** Predictive value of plant traits to grazing a climatic gradient in Mediterranean. *Journal of Applied ecology* 42: 824 – 833.



**BELSKY A. J. 1992:** Effect of grazing, competition, disturbance and fire on species composition and diversity in grassland communities. *Journal of Vegetation Science* 3:187 – 200.

**BUČEK A. 2000:** Krajina České republiky a pastva. *Veronica 14. zvláštní vydání:* 1 – 7.

**CAMPBELL R. J., MOBLEY K. N., MARINI R. P. & PFEIFFER D. G. 1990:** Growing conditions alter the relationship between SPAD – 501 values and apple leaf chlorophyll. *HortScience* 25: 330 – 331.

**CID M. S. & BRIZUELA M. A. 1998:** Heterogeneity in tall fescue pastures and sustained by cattle grazing. *Journal of Range management* 51: 644 – 649.

**COLEY P. D., BRYANT J. P. & CHAPIN F. S. 1985:** Resource availability and plant anti-herbivore defense. *Science* 230: 895 – 899.

**CORNELISSEN J. H. C., LAVOREL S., GARNIER E., DIAZ S., BUCHMANN N., GURVICH D. E., REICH P. B., ter STEEGE H., MORGAN H. D., van der HEIJDEN M. G. A., PAUSAS J. G. & POORTER H. 2003:** A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany* 51: 335 – 380.

**COSYNS E., CLAERBOUT S., LAMOOT I. & HOFFMANN M. 2005:** Endozoochorous seed dispersal by cattle and horse in a spatially heterogeneous landscape. *Plant Ecology* 178:149 – 162.

**COSYNS E. & HOFFMANN M. 2005:** Horse dung germinable seed content in relation to plant species abundance, diet composition and seed characteristics. *Basic and Applied Ecology* 6: 11 – 24.

**CUNNINGHAM S. A., SUMMERHAYES B. A. & WESTOBY M. 1999:** Evolutionary divergences in leaf structure and chemistry, comparing rainfall and soil nutrient gradients. *Ecological Monographs* 69: 569 – 588.

**DAI X. 2000:** Impact of cattle dung deposition on the distribution pattern of plant species in an alvar limestone grassland. *Journal of Vegetation Science* 11: 715 – 724.

**DELLA BEFFA M. T. 2001:** Luční květiny. *Euromedia Group, Praha: 224 pp.*

**DIAZ S., NOY-MEIR I. & CABIDO M. 2001:** Can grazing of herbaceous plants be predicted from simple vegetative traits? *Journal of Applied Ecology* 38: 497 – 508.

**DIAZ S., LAVOREL S., MCINTYRE S., FALCZUK V., CASANOVES F., MILCHUNAS D. G., SKARPE CH., STERNBERG G. R., NOY-MEIR I., LANDSBERG J., ZHANG W., CLARK H. & CAMPBELL B. 2007:** Plant traits responses to grazing: a global synthesis. *Glob. Change Biol.* 13: 313 – 341.

**DICKINSON C. H. & CRAIG G. 1990:** Effects of water on the decomposition and release of nutrients from cow pats. *New Phytologist* 115: 139 – 147.

**DOLEŽAL J., MAŠKOVÁ Z., LEPŠ J., STEINBACHOVÁ D., DE BELLO F., KLIMEŠOVÁ J., TACKENBERGD O., ZEMEKE F., KVĚT J. 2011:** Positive long-term effect of mulching on species and functional trait diversity in a nutrient-poor mountain meadow in Central Europe. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 145: 10 – 28.

**DURU M., CRUZ P., RAOUDA A. H. K., DUCOURTIEUX C. & THEAU J. P. 2008:** Relevance of plant functional types based on leaf dry matter content for assessing digestibility of native grass species and species-rich grassland communities in spring. *Agronomy Journal* 100(6):1622 – 1630.

**DVORSKÝ M., CHLUMSKÁ Z., ŘEHÁKOVÁ K. & DOLEŽAL J. 2012:** Český botanický výzkum v Ladaku. *Živa* 4: 190 – 192.

**DZWONKO Z. & LOSTER S. 2007:** A functional analysis of vegetation dynamics in abandoned and restored limestone grasslands. *Journal of Vegetation Science* 18: 203 – 212.

**ELLENBERG H, WEBER H. E., DULL R., WIRTH V., WERNER & W. PAULIÛEN D. 1992:** Zeigwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. *Scripta Geobotanica* 18. Göttingen: Erich Goltze.

**FALSTER D. S. & WESTOBY M. 2003:** Plant height and evolutionary games. *Trends in Ecology and Evolution* 18: 337 – 343.

**FONSECA C. R., OVERTON J. M., COLLINS B. & WESTOBY M. 2000:** Shifts in trait-combinations along rainfall and phosphorous gradients. *Journal of Ecology* 88: 964 – 977.

**FORTUNEL C., GARNIER E., JOFFRE R., KAZAKOU E., QUESTED H., GRIGULIS K. LAVOREL S., ANSQUER P., CASTRO H., CRUZ P., DOLEŽAL J., ERIKSSON O. et al. 2009:** Leaf traits capture the effects of land use changes and climate on litter decomposability of grasslands across Europe. *Ecology* 90: 598 – 611.

**GAISLER J., PAVLÛ V., MLÁDEK J., HEJCMAN M. & PAVLÛ L. 2011:** Obhospodařování travních porostů ve vztahu k agro – environmentálním opatřením. *Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i. Praha – Ruzyně: 1 – 26.*

**GILLET F., KOHLER F., VANDENBERGHE CH. & BUTTLER A. 2010:** Effect of dung deposition on small-scale patch structure and seasonal vegetation dynamics in mountain pastures. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 135: 34 – 41.

**GIVNISH T. J. 1984:** Leaf and canopy adaptations in tropical forests. In: Medina E., Mooney H. A. & Vázquez – Yanes C. [eds.]: *Physiological ecology of plants of the wet tropics.* Junk, The Hague: 51 – 84.

**GIVNISH T. J. & VERMEIJ G. J. 1976:** Sizes and shapes of liane leaves. *Am Nat* 110: 743 – 778.

**GRIME J. P. & HUNT R. 1975:** Relative growth rate : its range and adaptive significance in a local flora. *Journal of Ecology* 63: 393 – 422.

**GRIME J. P. 1977:** Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. *The American Naturalist* 111: 1169 – 1194.

**GRIME J. P., HODGSON J. G. & HUNT R. 1988:** Comparative plant ecology: a functional approach to common British species. *Unwin Hyman Ltd, London, UK:* 742 pp.

**GRIME J. P., CORNELISSEN J. H. C, THOMPSON K. & HODGSON J. G. 1996:** Evidence of a causal connection between anti-herbivore defence and the decomposition rate of leaves. *Oikos* 77: 489 – 494.

**GRIME J. P. 2001:** Plant strategies, vegetation processes, and ecosystem properties, 2nd edn. *John Wiley & Sons Ltd Chichester.*

**GURETZKY J. A., MOORE K. J., BURRAS C. L. & BRUMMER E. C. 2007:** Plant species richness relation to pasture position, management, and scale. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 122: 387 – 391.

**HAYNES R. J. & WILLIAMS P. H. 1993:** Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem. *Advances in agronomy* 49: 119 – 199.

**HEJCMAN M. 2005:** Grassland Management In Mountain and Uppland Areas of the Czech Republic. PhD. Thesis. *Praha, ČZU: 143 p.*

**HEJCMAN M., PAVLŮ V., NEŽERKOVÁ P. & GAISLER J. 2006:** Historie pastvy hospodářských zvířat v Českých zemích. *Chov* 3: 66 – 68.

**HELLSTRÖM K., HUHTA A., RAUTIO P., TUOMI J., OKSANEN J. & LAINE K. 2003:** Use of sheep grazing in the restoration of semi-natural meadows in northern Finland. *Applied Vegetation Science* 6: 45 – 52.

**HIROSE T. & WERGER M. J. A. 1987:** Maximizing daily canopy photosynthesis with respect to the leaf nitrogen allocation pattern in the canopy. *Oecologia* 72: 520 – 526.

**HODGSON G., WILSON P. J., HUNT R., GRIME J. P. & THOMPSON K. 1999:** Allocating C-S-R plant functional types: a soft approach to a hard problem. *Oikos* 85: 282 – 294.

**HRABĚ F. 2004:** Trávy a jetelovino trávy v zemědělské praxi. *Agrární obzor, Olomouc*.

**HUNT R., HODGSON J. G., THOMPSON K., BUNGENER P., DUNNETT N. P. & ASKEW A. P. 2004:** A new practical tool for deriving a functional signature for herbaceous vegetation. *Applied Vegetation Science* 7: 163 – 170.

**CHYTRÝ M. (eds.) 2007:** Vegetace České republiky 1. Travná a keříčková společenstva. *Praha: Academia: 526 s.*

**JONGEPIEROVÁ I., DEVÁN P., DEVÁNOVÁ K., PIRO Z., HÁJEK M., KONVIČKA O., MLÁDEK J., SPITZER L. & POKOVÁ H. 2008:** Údržba travních porostů. *Veselí nad Moravou, Louky Bílých Karpat: 433 – 444.*

**KENNY S. T. 2005:** Photosynthetic Measurement in Hop (*Humulus*). *In I International Humulus Symposium 668: 241 – 248.*

**KLEYER M., BEKKER R. M., KNEVEL I. C., BAKKER J. P., THOMPSON K., SONNENSCHNEIN M., POSCHLOD P., GROENENDAEL J. M., KLIMEŠ L., KLIMEŠOVÁ J., KLOTZ S., RUSCH G. M. et al. 2008:** The LEDA Traitbase: a database of life – history traits of the Northwest European flora. *Journal of Ecology* 96: 1266 – 1274.

**KLIMEŠOVÁ J., LATZEL V., BELLO F & VANGROENENDAEL J. M. 2008:** Plant functional traits in studies of vegetation changes in response to grazing and mowing: towards a use of more specific traits. *Preslia* 80: 245 – 253.

**KOHLER F., GILLET F., GOBAT J. M. & BUTTLER A. 2004:** Seasonal vegetation changes in mountain pastures due to simulated effects of cattle grazing. *Published in Journal of Vegetation Science* 15: 143 – 150.

**KRAHULEC F., SKÁLOVÁ H., HERBEN T., HADINCOVÁ V, WILDOVÁ R. & PECHÁČKOVÁ S. 2001:** Vegetation changes following sheep grazing in abandoned mountain meadows. *Applied Vegetation Science* 4: 97 – 102.

**KUBÁT K. 2002:** Klíč ke květeně České republiky. *Praha, Academia: 927 pp.*

**LACA E. A., SHIPLEY L. A. & REID E. D. 2001:** Structural anti-quality characteristics of range and pasture plants. *Journal of Range Management: 413 – 419.*

**LEMAIRE G., OOSTEROM E. V., SHEEHY J., JEUFFROY M. H., MASSIGNAM A. & ROSSATO L. 2007:** Is crop N demand more closely related to dry matter accumulation or leaf area expansion during vegetative growth? *Field Crops Research* 100: 91 – 106.

**LEMAIRE G., JEUFFROY M. H. & GASTAL F. 2008:** Diagnosis tool for plant and crop N status in vegetative stage: Theory and practices for crop N management. *European Journal of agronomy* 28: 614 – 624.

**LESÁK J. 1972:** Pícninářství (lukařství a pastvinářství). *Státní pedagogické nakladatelství, Praha: 173 s.*

**LOUAULT F., PILLAR V. D., AUEFRERE J., GARNIER E. & SOUSSANA J. F. 2005:** Plant traits and functional types in response to reduced disturbance in semi-natural grassland. *Journal of Vegetation Science* 16: 151 – 160.

**LUDVÍKOVÁ V., PAVLŮ V. & HEJCMAN M. 2009:** Tvorba struktury pastevního porostu. *Úroda* 8: 48 – 49.

**LUDVÍKOVÁ V. & PAVLŮ V. 2010:** Plant strategies in relation to different grazing intensities. *Grassland Science in Europe* 15: 815 – 817.

**MacDIARMID B. N. & WATKIN B. R. 1972:** The cattle dung patch: 2. Effect of a dung patch on the chemical status of the soil, and ammonia nitrogen losses from the patch. 3. Distribution and rate of decay of dung patches and their influence on grazing behaviour. *Brit Grassland Soc.* 27: 43 – 54.

**MARRIOTT C. A. & CARRERE P. 1998:** Structure and dynamics of grazed vegetation. *Ann. Zootech.* 47: 359 – 369.

**MARSH R. & CAMPLING R. C. 1970:** Fouling of pastures by dung. *Herbage Abstracts* 40: 123 – 130.

**MLÁDEK J., PAVLŮ V., HEJCMAN M. & GAISLER J. (eds.) 2006:** Pastva jako prostředek údržby trvalých travních porostů v chráněných územích. *VÚRV, Praha: 104 pp.*

**MKRVIČKA J., VESELÁ M. & PAVLŮ V. 2006:** Pastva skotu a botanické složení travních porostů. *Agromagazín* 12: 36 – 39.

**MOOG D., KAHMEN S. & POSCHLOD P. 2005:** Application of CSR- and LHS-strategies for the distinction of differently managed grasslands. *Basic and Applied Ecology* 6: 133 – 143.

**NĚMEC J. & NĚMCOVÁ Š. 2006:** Pastva jako nástroj péče o chráněná území v CHKO Bílé Karpaty - zkušenosti z PPK a AEO [cit. 2008-03-08]. Dostupné z <<http://www.foa.cz>> .

**OLFF H. & RITCHIE M. E. 1998:** Effects of herbivores on grassland plant diversity. *Trends Ecol. Evol.* 13: 261 – 265.

- PACALA S. W. & CRAWLEY M. J. 1992:** Herbivores and plant diversity. *The American Naturalist*. Vol. 140, No. 2: 243 – 260.
- PAKEMAN R. J. & MARRIOTT C. A. 2010:** A functional assessment of the response of grassland vegetation to reduced grazing and abandonment. *Journal of Vegetation Science* 21: 683 – 694.
- PARKHURST D. & LOUCKS O. 1972:** Optimal leaf size in relation to environment. *Journal of Ecology* 60: 505 – 537.
- PAVELČÍK P. 2007:** Extenzivní pastva ve vztahu k časo-prostorové heterogenitě travino - bylinné vegetace. *Diplomová práce, Olomouc: 112 s.*
- PAVLŮ V. 1995:** Pastva skotu v podhorských oblastech. *Farmář 4: 16 – 17.*
- PAVLŮ V., HEJCMAN M., PAVLŮ L. & GAISLER J. 2003:** Effect of rotational and continuous grazing on vegetation of the upland grassland in the Jizerské hory Mts., Czech Republic. *Folia Geobotanica* 38: 21 – 34.
- PAVLŮ V., HEJCMAN M., PAVLŮ L., GAISLER J., NEŽERKOVÁ P. & MENESES L. 2006:** Changes in plant densities in a mesic species-rich grassland after imposing different grazing management treatments. *Grass and Forage Science* 61: 42 – 51.
- PAVLŮ V., HEJCMAN M., PAVLŮ L. & GAISLER J. 2007:** Restoration of grazing management and its effect on vegetation in an upland grassland. *Applied Vegetation Science* 10: 375 – 382.
- PEARSON C. J. & ISON R. L. 1997:** Agronomy of Grassland Systems – 2. vydání. *Cambridge University Press, New York: 222 s.*
- POORTER L. & BONGERS F. 2006:** Leaf traits are good predictors of plant performance across 53 rain forest species. *Ecology* 87(7): 1733 – 1743.



**PYKÄLÄ J. 2004:** Cattle grazing increases plant species richness of most species trait groups in mesic semi-natural grasslands. *Plant Ecology* 175: 217 – 226.

**QUITT E. 1971:** Klimatické oblasti Československa. *Academia, Brno: 73 pp.*

**ROOK A. J. & TALLOWIN J. R. B. 2003:** Grazing and pasture management for biodiversity benefit. *Animal research* 52: 181 – 189.

**RYBÁČEK V 1980:** Chmelařství. *Praha: 426 pp.*

**SHEPHERD M. J., ANDERSON J. M., BOL R. & ALLEN D. K. 2000:** Incorporation of <sup>15</sup>N from spiked cattle dung pats into soil under twomoorland plant communities. *Rapid communications in mass spektrometry* 14: 1361 – 1367.

**SKARPE C. 1996:** Plant functional types and climate in a southern African savanna. *Journal of Vegetation Science* 7: 397 – 404.

**SLAVÍKOVÁ J. 1986:** Ekologie rostlin. *Státní pedagogické nakladatelství: 366 pp.*

**STERNBERG M., GUTMAN M., PEREVOLOTSKY A., UNGAR E. D. & KIGEL J. 2000:** Vegetation response to grazing management in a Mediterranean herbaceous community: a functional group approach. *Journal of Applied Ecology* 37: 224 – 237.

**ŠÁLEK M., RŮŽIČKA J. & MANDÁK B. 2005:** Ekologie. *Fle čzu & lesnická práce, Praha: 121 pp.*

**ŠESTÁK Z. & SIFFEL P. 1997:** Leaf-age related differences in chlorophyll fluorescence. *Photosynthetica* 33: 347 – 369.

**TER BRAAK C. J. F. & ŠMILAUER P. 1998:** CANOCO Reference Manual and Use's Guide to Canoco for Windows. *Microcomputer Power, Ithaca, USA: 352 pp.*

**TOWNSEND C. R., BEGON M. & HARPER J. L. 2010:** Základy ekologie. *Univerzita Palackého, Olomouc: 505 pp.*

- VANĚK V., BALÍK J., NĚMEČEK R., PAVLÍKOVÁ D. & TLUSTOŠ P. 1998:** Výživa a hnojení polních plodin, ovoce a zeleniny. *Farmář – Zemědělské listy, Praha: 124 pp.*
- WEEDA W. C. 1967:** The effect of cattle dung patches on pasture growth, botanical composition, and pasture utilisation. *New Zealand Journal of Agricultural Research 10: 150 – 159.*
- WELCH D. 1985:** Studies in the grazing of Heather Moorland in north-east Scotland (UK): 4. Seed dispersal and plant establishment in dung. *Journal of applied ecology 22: 461 – 472.*
- WESTOBY M. 1998:** A leaf-height-seed (LHS) plant ecology strategy scheme. *Plant and Soil 199: 213 – 227.*
- WESTOBY M. 1999:** The LHS strategy in relation to grazing and fire. *Proceedings of the VIth International Rangeland Congress. International Rangeland Congress, Townsville: 893 – 896.*
- WESTOBY M., FALSTER D. S., MOLES A. T., VESK P. A. & WRIGHT I. G. 2002:** Plant ecological strategies: some leading dimensions of variation between species. *Annual review of ecology and systematics 33: 125 – 159.*
- WICKLOW D. T. & ZAK J. C. 1983:** Viable grass seeds in herbivore dung from a semi-arid grassland. *Grass Forage Science 38: 25 – 26.*
- WIESNER P. 2012:** Vliv křovin na uchycování dřevin v pastevní krajině. Bakalářská práce. *Univerzita Karlova v Praze: 34 s.*
- WILLIAMS P. H. & HAYNES R. J. 1995:** Effect of sheep, deer and cattle dung on herbage production and soil nutrient content. *Grass and Forage Science 50: 263 – 271.*

**WILSON P. J., THOMPSON K. & HODGSON J. G. 1999:** Specific leaf area and leaf dry matter content as alternative predictors of plant strategies. *New Phytologist* 143: 155 – 162.

**WOODWARD F. I. & CRAMER W. 1996:** Plant functional types and climatic changes: introduction. *J. Veg. Sci.* 7: 306 – 308.

