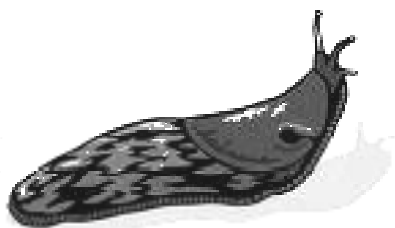


**Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích  
Biologická fakulta**



**Magisterská práce**

**PALATABILITA DRUHŮ, JEJICH  
BIONOMICKÉ VLASTNOSTI A RYCHLOST  
ROZKLADU DETRITU**



**Vypracovala: Kateřina Pálková  
Vedoucí práce: Prof. RNDr. Jan Lepš, CSc.**

**2007**

Diplomová práce v nezkrácené podobě

**Pálková K.** (2007): Palatabilita druhů, jejich bionomické vlastnosti a rychlost rozkladu detritu [Species palatability, life history traits and litter decomposition rate. Mgr. Thesis, in Czech]. - 60 p., Faculty of Biological Sciences, University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

**Annotation:**

Palatability of 20 meadow plant species was assessed in the slug grazing experiment conducted. Monocots exhibited significantly lower palatability than dicots. Litter decomposition rate was assessed in the field litter-bag test. Linear regression analysis was performed to answer the main question whether species palatability is related to litter decomposition rate and whether it is determined by the carbon or nitrogen content. Phylogenetically independent contrasts were used to eliminate correlated phylogeny effect. Regression trees were used to detect the effect of species traits on species palatability and litter decomposition rate.

**Grant:**

GAČR 206/06/0098 Dostupnost druhů a funkční struktura jako dominantní faktory určující složení společenstva

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci vypracovala samostatně, pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích dne 27. 4. 2007.

.....  
Kateřina Pálková

## **Poděkování:**

Na tomto místě bych ráda poděkovala všem, kteří ke zhotovení této práce jakkoli přispěli, ať již radou či pomocnou rukou.

Především děkuji svému školiteli Janu Šuspovi Lepšovi za jeho ochotu, množství cenných rad a myšlenek, trpělivost a čas, jež mi věnoval. Bez něj by tato práce těžko vznikla. Zároveň mu děkuji za přívětivou atmosféru, kterou kolem sebe vytváří.

Rovněž bych ráda ocenila pomoc Tomáše Havlíka, Zdeňka Vaněčka, Áje Vítové, Majky Šmilauerové, Terky Žáby Lamošové a Zdeňky Montagové při stavbě a péči o „slimáčí příbytek“ a také pomoc své babičky se šitím detritových sáčků. Za věnovaný čas děkuji entomologům Martině Klímové, Štěpánu Vodkovi, Zdeňku Fricovi, Lukáši Sekerkovi, Richardu Čtvrtečkovi, Martinu Konvičkovi, Janu Havelkovi, Lukáši Čížkovi a dalším, jež se na určení hmyzu nějak podíleli. Jirkovi Doležalovi a Vojtovi Lantovi jsem vděčná za konzultace metodiky a poskytnuté informace a samozřejmě děkuji i Petru Šmilauerovi za jeho podněty a rady ohledně regresních metod, zvláště pak fylogenetické korekce.

V neposlední řadě bych také chtěla poděkovat své rodině a to hlavně rodičům za jejich (již osmnáctiletou) podporu na studiích.

A nakonec děkuji Přírodě, která je mi inspirací.

## OBSAH

1. ÚVOD.....	1
2. CÍLE PRÁCE .....	10
3. METODIKA .....	11
3.1. POPIS LOKALITY .....	11
3.2. SBĚR DAT .....	12
3.2.1. Rozklad opadu .....	12
3.2.2. Stanovení palatability rostlinných druhů .....	13
3.2.3. Analýza obsahu uhlíku a dusíku .....	15
3.2.4. Odchyt herbivorního hmyzu .....	16
3.3. STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ DAT .....	16
3.3.1. Porovnání palatability jednoděložných a dvouděložných rostlin .....	17
3.3.2. Ověření vztahu palatability a rychlosti rozkladu detritu .....	17
3.3.3. Ověření vztahu palatability a obsahu uhlíku a dusíku v rostlinách a v opadu... ..	17
3.3.4. Ověření vztahu palatability a rychlosti rozkladu detritu a vztahu palatability a obsahu uhlíku a dusíku v rostlinách a v opadu rostlin za použití fylogenetické korekce (PIC) .....	18
3.3.5. Predikce hodnot palatability a rozkladu detritu na základě vlastností rostlin („traits“) metodou regresních stromů .....	18
3.4. NOMENKLATURA .....	20
4. VÝSLEDKY .....	21
4.1. Stanovení palatability jednotlivých druhů rostlin .....	21
4.2. Porovnání palatability jednoděložných a dvouděložných rostlin .....	22
4.3. Ověření vztahu palatability a rychlosti rozkladu detritu .....	23
4.4. Ověření vztahu palatability a obsahu uhlíku a dusíku v rostlinách a v opadu rostlin .....	25
4.5. Ověření vztahu palatability a rychlosti rozkladu detritu a vztahu palatability a obsahu uhlíku a dusíku v rostlinách a v opadu rostlin za použití fylogenetické korekce (PIC) .....	29
4.6. Predikce hodnot palatability a rozkladu detritu na základě vlastností rostlin („traits“) metodou regresních stromů .....	33
4.7. Odchyt herbivorního hmyzu .....	39
5. DISKUSE .....	42
5.1. Stanovení palatability jednotlivých druhů rostlin .....	42
5.2. Porovnání palatability jednoděložných a dvouděložných rostlin .....	44
5.3. Ověření vztahu palatability a rychlosti rozkladu detritu .....	45
5.4. Ověření vztahu palatability a obsahu uhlíku a dusíku v rostlinách a v opadu rostlin .....	46
5.5. Ověření vztahu palatability a rychlosti rozkladu detritu a vztahu palatability a obsahu uhlíku a dusíku v rostlinách a v opadu rostlin za použití fylogenetické korekce (PIC) .....	47
5.6. Predikce hodnot palatability a rozkladu detritu na základě vlastností rostlin („traits“) metodou regresních stromů .....	48
5.7. Odchyt herbivorního hmyzu .....	50
6. ZÁVĚR .....	53
7. LITERATURA .....	55
PŘÍLOHY	

## 1. ÚVOD

Palatabilita je komplexní charakteristikou rostliny založenou především na chemických a fyzických vlastnostech tkání této rostliny (Elger & Barrat-Segretain 2004).

Vzhledem k tomu, že se mi nepodařilo najít dostatečně výstižný významově odpovídající český ekvivalent tohoto slova, tak ve své práci používám přímo termín „palatabilita“ jako vlastnost rostliny odrážející míru žraní dané rostliny herbivory.

Jedním z ústředních pojmů ekologie a především klíčovým dějem mezi organismy je kompetice (konkurence). Jedná se o typ vztahu mezi jedinci vyvolaného společnou potřebou zdroje, jenž se vyskytuje v omezeném množství, a směřujícího ke snížení možnosti přežití, růstu a reprodukce soutěžících jedinců (Begon et al. 1997). Převáděno do světa rostlin, jde o snahu sousedících rostlin využít stejné množství světla, částici minerální výživy, molekulu vody nebo objem prostoru, což ovlivní zdatnost (fitness) sousední rostliny skrze změnu jejího prostředí (Grime 1979). Podle hypotézy, kterou zformuloval Tilman musí být počet koexistujících druhů rovný nebo menší počtu limitujících zdrojů (Miller et al. 2005). Gauseův princip kompetičního vyloučení říká, že dva druhy nemohou trvale koexistovat v homogenním prostředí, jestliže jsou oba limitovány tímž zdrojem (Begon et al. 1997). Avšak i přesto, že mezi základní limitující zdroje většiny rostlin řadíme jen světlo, oxid uhličitý, vodu a minerální živiny, se můžeme setkat se společenstvy čítajícími desítky druhů na ploše o velikosti čtverečního metru (Grubb 1977). Mechanismy umožňujícími koexistenci tak velkého počtu druhů jsou diferenciace nik zúčastněných druhů, variabilita prostředí v čase a také faktory, které omezují rozmach dominantních druhů. Mezi tyto faktory můžeme zařadit stres nebo disturbance působené patogeny, parazity a také predátory rostlin – herbivory (Palmer 1994). Selektivní herbivoři (specialisté) zvyšují diverzitu společenstva pokud je jejich kořist konkurenčně dominantní, všestranní herbivoři

(generalisté) zvyšují diverzitu společenstva pokud jsou kompetičně nejsilnější druhy zároveň nejpočetnější (Begon et al. 1997).

Jak je vidět z mnoha studií (např. Hulme 1996; Buschmann 2005; Lanta in press), vliv herbivorů na interakce rostlin není zdaleka zanedbatelný. Působení býložravců na rostlinu závisí na tom, které konkrétní partie jsou postižené, a na načasování aktivity herbivora ve vztahu k vývoji rostliny (Begon et al. 1997). Různé typy herbivorů (např. plži, hmyz, obratlovci) preferují různé rostlinné orgány, jedince, druhy, stanoviště. Samozřejmě se liší i způsoby využití rostliny či její části. Zatímco velcí obratlovci zpravidla okusují listy, u menších bezobratlých živočichů existuje pestrá paleta způsobů, jak danou rostlinu využít – od sání šťávy, tvorby hálek, minování, vyžírání meristému, konzumace semen či plodů až po spásání kořene. Přitom také často dochází k ustřížení či trhání kusů rostlin, které buď zůstanou dále nevyužity nebo jsou použity na stavbu úkrytu atd. (Huntly 1991).

Ne všechny části těla rostliny mají pro napadeného jedince stejnou cenu. Sežrání listové plochy nebo povrchu kořene může značně snížit kompetitivní schopnost rostliny (Grime 1979). Například Schädler et al. (2004), kteří sledovali vliv půdní herbivorie na společenstvo, zjistili, že pokles kompetičních schopností raně sukcesních druhů v důsledku působení herbivorů usnadnil kolonizaci stanoviště pozdně sukcesním druhům. Zatímco predace zralých již rozšířených semen („postdispersal predation“) hraje podstatnou úlohu v konkurenci o mikrostanoviště (Hulme 1996), tak predace ještě nerozšířených semen („predispersal predation“) jednoletého druhu může tento druh připravit o veškeré potomstvo. Edwards & Crawley (1999) zjišťovali, zda odstranění herbivorů zvětší velikost semenné banky osmi pastvinných druhů. Přestože efekt hmyzu a plžů se nepodařilo prokázat, v oplocených plochách, kde vyloučili přístup velkých obratlovců, došlo k průkaznému nárůstu deště semen.

Citlivým bodem je doba - vývojová fáze rostliny, ve které k napadení dojde. Obzvlášť zranitelné jsou juvenilní rostliny (Huntly 1991). Sežráním semenáče či likvidací semena konzument spoluurčuje hojnost jednotlivých rostlinných druhů na lokalitě (Edwards & Crawley 1999; Buschmann et al. 2005). Obecně, rostlina

obsahuje v těchto fázích nejvíce důležitých živin, jejichž koncentrace s věkem klesá, např. koncentrace dusíku, což zvyšuje atraktivitu mladé rostliny pro herbivory (McClure 1983). Pro druhy, které musí svůj životní cyklus vměstnat do krátkého časového úseku znamená herbivorie hlavní hrozbu přežití (Grime 1979). Poškození dvouleté rostliny před dokončením rozmnožovacího cyklu může vést k jejímu odnožení z kořene a prodloužení celkové životnosti rostliny (Klimešová úst. sděl.). Naopak útok po ukončení rozmnožovacího cyklu je už pro takového rostlinného jedince bez významu (Begon et al. 1997). Dlouhodobý okus působí na architekturu rostliny – např. vlivem okusu namísto stromové formy vzniká forma křovinná (Huntly 1991; Klimešová úst. sděl.).

Avšak zdánlivě negativní zásah může vyústit kladnou odezvou a „příkoří“ jedné rostliny může druhé umožnit přežít. Prostřednictvím spásáčů dochází ke ztrátě rostlinné biomasy nebo zdrojů (Huntly 1991). Efektem odstranění biomasy je vznik mikrostanovišť a příležitost kolonizace (Lanta in press). Odlistění sousedících rostlin uvolní semenáčům mezeru v boji o světlo (Edwards & Crawley 1999). V rámci jedince odstranění listu nebo části těla snižuje vlastní zastínění, mobilizuje zásobní glycidy, mění distribuci asimilátů, stimuluje vývoj jinak dormantních pupenů (Begon et al. 1997) a další. Dokonce i útok herbivora má své kladné stránky – následkem útoku dojde ke snížení kvality rostliny jako potravy pro dalšího herbivora, což snižuje pravděpodobnost opětovného napadení rostliny (Rhoades 1983).

Živočichové aktivně přetvářejí prostředí, ve kterém se vyskytují vyšlapáváním cestiček, kopáním nor, stavbou obydlí apod., což nepřímo ovlivňuje i ostatní organismy – otevřením nového volného prostoru (Huntly 1991).

Kompletní soupis všech možných interakcí vztahu rostliny a herbivora by čítal mnoho stran a přesto by stěží zachytil všechny jeho mechanismy a možnosti. Palatabilita rostliny je proměnná závislá na vlastnostech rostliny a herbivora a okolnostech, za kterých interagují (Grime 1979). Ačkoliv spásání může mít v konečném důsledku kladný dopad (viz výše), vždy rostlině působí určitou ztrátu investice živin nebo energie do poškozených tkání (Grime 2001). Průměrně

suchozemské rostliny v přirozených společenstvech trpí 18% poškozením (Strauss & Agrawal 1999).

Rostlina může střety s predátorem buď tolerovat nebo být rezistentní, bránit se. Strauss & Agrawal (1999) vylišili toleranci, rezistenci a obranu rostliny takto:

TOLERANCE je míra, do které poškození herbivorem ovlivňuje zdatnost rostliny v porovnání se zdatností tohoto jedince v nepoškozeném stavu. Odráží schopnost rostliny obnovit růst a reprodukci po poškození herbivorem.

REZISTENCI rostliny symbolizuje každá vlastnost jedince, která snižuje možnost výběru jedince nebo poškození herbivorem.

OBRAUOU je jakákoli vlastnost, jež zvyšuje zdatnost jedince v přítomnosti herbivorů.

Přestože tolerance k herbivorii není přímou alternativou rezistence (do termínu „rezistence“ zde dále zahrnuji i obranu rostliny), to jakou strategii jedinec zvolí je často otázkou trade-off (směny) (Strauss & Agrawal 1999). Cena za odolnost je vždy kombinací několika faktorů a odolnost k jednomu typu herbivora může skončit jako přecitlivělost k jinému (Purrington 2000). Také v případě absence nepřátel se investice do obranných struktur rostlině „prodraží“ (Strauss et al. 2002). Navíc stupeň ohrožení jedince závisí nejen na rostlině samotné, ale i na druhovém složení společenstva v okolí (Huntly 1991). Udržování rezistence se odráží v alokaci zdrojů, menší růstové rychlosti a snížené kompetiční schopnosti, v případné auto-toxicitě, ve zvýšené citlivosti ke stresu z abiotických podmínek a jejich změn, vztazích s ostatními organismy (mutualisty, opylovači), a dalších. (Strauss et al. 2002; Strauss & Agrawal 1999). Prittinen et al. (2003) testovali efekt herbivorie hmyzu na růst druhu *Betula pendula*. U hnojených semenáčů pozorovali negativní korelaci mezi rezistencí a výškou rostliny, což poukazuje na fungování trade-off v této oblasti.

Tolerance i rezistence jsou vyvíjející se vlastnosti pod selekčním tlakem herbivorů a zároveň zdokonalováním obranných struktur rostliny selektují mezi herbivory (Strauss & Agrawal 1999), což může vést až k tzv. závodům ve zbrojení.



Obranné mechanismy zabraňující herbivorům v poškození rostliny lze rozdělit do několika skupin – především na fyzikální a chemické (Grime 1996). Výstižné je dělení chemických složek na kvantitativní a kvalitativní. Do skupiny kvantitativní chemické obrany spadají např. celulóza, hemicelulóza, lignin, taniny či křemík, tedy složité polymery nebo krystaly redukující stravitelnost rostliny. Nacházejí se ve starších a trvalých částech rostliny jako jsou třeba stonky či dospělé listy. Jejich efektivita roste s množstvím, což pro rostlinu znamená zvýšené investice energie a živin. Naopak skupina kvalitativní chemické obrany zahrnuje malé toxické molekuly, jejichž účinek blokuje činnost mitochondrií, enzymů, produkci nukleových kyselin atd. Jedná se o alkaloidy, glukosinuláty, terpeny, kyanidy. Najdeme je především v cenných a mladých částech rostlinného těla jako jsou pupeny, mladé listy, zrající plody. Narozdíl od předchozí skupiny jsou mobilní a účinkují i v malých dávkách (Herms & Mattson 1992; Rhoades 1983). Avšak mnoho druhů hmyzu začleňuje tyto biologicky aktivní chemikálie živných rostlin do svých tkání či žláz, kde je posléze chrání před vlastními predátory (Karban & Agrawal 2002). Na určitou rostlinu se tak lze pohledem jejího spásáče dívat jako na mozaiku různě chráněných a rozdílně hodnotných částí (Whitham 1983). Náklady a omezení vyplývající z jednotlivých typů obrany podrobně rozebírá např. Purrington (2000).

Část obrany proti herbivorům může být jen vedlejším produktem reakce na podmínky vnějšího prostředí (Grime et al. 1996). Rostliny vybavené proti nepřízní okolí – jmenujme stres působený klimatem – tuhými kožovitými listy či ochlupením pravděpodobně nebudou lákavou kořistí. Price et al. (1980) pozorovali projev ochlupení listu obiloviny na prodloužené vývojové době, menší hmotnosti a sníženém přežívání brouka *Oulema melanopus*. U větších larev brouka vedla konzumace trichomů k poranění střeva a vstupu patogenů. Palatabilita (testovaná na plžích) neproduktivní nebo pozdně sukcesní vegetace je nižší než ruderálních druhů (Grime 1979). Rychle rostoucí rostliny postrádající zpevňující struktury jsou herbivory preferovány (Huntly 1991).

Rostliny žijící v symbióze s endofytickou houbou mohou být chráněny toxiny produkovanými danou houbou – např. rod *Neotyphodium* (*Ascomycetes: Clavicipitaceae*) produkuje na obranu svého hostitele alkaloidy, které odpuzují jak

hmyz, tak spásáče-obratlovce (Omacini et al. 2001). Většina rostlinných hostitelů endofytických hub pochází z čeledi *Poaceae*, *Cyperaceae* a *Pinaceae* (Breen 1994).

Důmyslné je „najmout“ si k obraně „nepřátele svých nepřátel“ – predátory herbivorů, ať už se jedná o karnivory či parazitoidy. Atraktantem může být pyl, vůně, plody či sekrece výživných látek – nektaru. Pokud se „spojenci“ zajímají jen o určité části rostliny, je třeba k nim přitáhnout pozornost: buď sekrecí přímo na patřičných místech (např. hálkách) nebo alespoň zpomalením rychlosti pohybu v dané oblasti chlupy, vylučováním šťáv. Svým způsobem se tak predátoři herbivorů stávají mutualisty predovaných rostlin (Price et al. 1980).

Možností je i útěk v čase – krátce žijící efeméry herbivorii unikají tím, že není jisté, kdy se v prostoru objeví (Begon et al 1997).

Preference herbivorů ve spásání jednotlivých rostlin společenstva předurčují jeho druhové složení (Fenner et al. 1999) To se následně promítá v dominantním typu opadu. Chemické složení organické hmoty pozměňují i vedlejší produkty herbivorů, především výkaly (Chapman et al. 2003). Takto spásáči ovlivňují fungování ekosystému – výběrem základních vlastností organické hmoty vstupující do půdy (Chapman et al. 2003).

Určujícími faktory rychlosti dekompozice a mineralizace jsou „kvalita opadu“ a klima (Chapman et al. 2003). Vysoká rychlost rozkladu opadu byla stanovena u rostlin s listy s vyšším obsahem dusíku a bazických kationtů (draslík, vápník, hořčík), pomalu se rozkládají tuhé rostliny se zvýšeným obsahem ligninu, taninů a přítomností fyzických bariér (Cornelissen 1996; Schädler et al. 2003).

„Nutrient acceleration hypothesis“ říká, že herbivorní tlak může zvýšit rychlost cyklu živin v ekosystému a nadzemní produktivitu změnou chemické kvality opadu dvěma mechanismy: selekcí živinově bohatých ke spásání tolerantních rostlin a produkcí živinově bohatých odpadních produktů predátorů (Ritchie et al. 1998). Naopak alternativní hypotéza tvrdí, že vlivem herbivorů dochází ke zpomalení toku živin. Selektivním vyžíráním rostlin s vysokým obsahem živin roste dominance těch, které živin obsahují méně, ty pak uvolňují pomalu se rozkládající opad a následkem je snížení dostupnosti živin v ekosystému

(Bryant et al. 1991; Pastor et al. 1993). První hypotézu potvrdili např. Olofsson & Oksanen (2002), kteří pozorovali, jak intenzivní pasení soby zvýhodnilo rostliny s větší schopností obnovovacího růstu. Naproti tomu Wardle et al. (2002) prokázali, že pasení vysokou zvěří a kozami znevýhodňuje rostliny s rychle rozložitelným opadem. Je možné, že vliv herbivorů na cyklus živin a primární produkci odráží rozdíly v populační dynamice herbivorů. Negativní vliv na cyklus živin byl zaznamenán v systémech, kde predátoři udržují herbivorní tlak na mírné úrovni, zatímco pozitivní efekt tam, kde jsou herbivoři limitováni svými zdroji (Olofsson & Oksanen 2002).

Rezistence rostlin vůči herbivorům se tedy přenáší i na další úrovně ekosystému. Chemická obrana rostlin může ovlivnit cyklus živin inhibicí činnosti endosymbiotických mikrobů nebo půdních rozkladačů (Huntly 1991). Podobně znesnadňují dekompozici opadu strukturní látky fyzikální i kvantitativní chemické obrany.

Zda je mezidruhová variabilita v rychlosti rozkladu opadu následkem obrany proti herbivorům testovali Grime et al. (1996) na listovém materiálu pomocí zástupců dvou bezobratlých skupin: hlemýžďů a cvrčků. Mezi uvedenými charakteristikami se jim podařilo prokázat výraznou pozitivní korelaci. Ze stejné hypotézy vycházeli i Cornelissen et al. (2004) s tím rozdílem, že ke stanovení palatability listů použili obratlovce – konkrétně žaludeční šťávy z bachoru krav.

Na základě prací zabývajících se hodnocením palatability rostlin (např. Fenner et al. 1999; Schädler et al. 2003; Cingolani et al. 2005) se jako víceméně významné prediktory žraní dají vyzdvihnout růstová rychlost rostliny, specifická plocha listu, výška jedince, obsah sušiny v listu/obsah vody v listu, obsah uhlíku a tuhost listu. Mezi pracemi však dochází jen k částečnému překryvu a někde vysoce průkazné prediktory se jinde jeví jako nepodstatné. Cornelissen et al. (2004) diskutují, že stravitelnost rostliny může být výsledkem interakcí chemických a strukturních parametrů dané rostliny.

Veškeré experimenty (na které jsem narazila) zabývajících se stanovením palatability jednotlivých druhů byly provedeny v umělých podmínkách na částech

listů rostlin či na agarových discích. Pokusy sloužící k porovnání pasené a nepasené části stanoviště sledovaly efekt velkých obratlovců, případně hmyzu v plochách s aplikací insekticidu a bez ní.

Prvotním cílem této práce bylo ověřit, zda je palatabilita druhů pozitivně korelovaná s rychlostí rozkladu opadu. Tato myšlenka vychází ze skutečnosti, že efekt rostlinných struktur, které znemožňují či omezují spásání rostliny herbivory se přenáší i na další úroveň ekosystému, kde následně prodlužuje dobu rozkladu detritu těchto rostlin (Grime et al. 1996). Hlavním stavebním kamenem většiny z těchto, ať už zpevňovacích či primárně obranných, struktur je uhlík. Naopak obsah dusíku v rostlině se od obsahu dusíku v živočišném těle liší o jeden až několik řádů. Pro herbivory, jejichž stravu tvoří především rostlinné tkáně se tak dusík stává limitujícím prvkem (Karban & Agrawal 2002). Dá se tedy předpokládat, že spásací budou preferovat rostliny s nízkým obsahem uhlíku a vysokým obsahem dusíku – tuto otázku jsem se ve své práci rovněž pokusila zodpovědět. K typickým představitelům rostlinných druhů lokality, jež vynikají svými opornými systémy a výztužemi a případně obsahem dalších těžce (ne)stravitelných struktur, např. křemíku, patří zejména zástupci čeledi *Poaceae* a *Cyperaceae*. Otestovala jsem tedy, zda se liší palatabilita jednoděložných a dvouděložných rostlin.

Na lokalitě Ohrazení probíhá již od roku 1994 dlouhodobý výzkum lučního společenstva. Během jednoho z projektů došlo k nashromáždění dat o vlastnostech jednotlivých rostlinných druhů (nepublikovaný materiál projektu VISTA). Tato data jsem využila k predikci hodnot palatability a rychlosti rozkladu opadu metodou regresních stromů. Výsledky této analýzy je možné použít jako určitý typ znaku, podle kterého lze odhadnout, jaká bude palatabilita či rychlost úbytku opadu nalezené rostliny. Navíc společné prediktory poukazují na další důvody, proč existuje vazba mezi palatabilitou a rychlostí rozkladu detritu.

Je však třeba vzít na vědomí, že vlastnosti druhů jsou určovány nejen působením vnějšího prostředí, ale také fylogenetickou minulostí druhů (Webb et al. 2002). Takto se může stát, že závislost zkoumaných vlastností je ve skutečnosti pouze zdánlivá, zapříčiněná společným vývojem sledovaných druhů. Abych tomuto

zkreslení zabránila, odstranila jsem zmiňovanou fylogenetickou závislost druhů provedením fylogenetických korekcí.

Věřím, že výsledky mé práce pomohou přispět k lepšímu poznání mechanismů fungování ekosystému, což v praxi umožňuje predikovat možné změny ve vegetaci a biodiverzitě následkem hospodaření.

## **2. CÍLE PRÁCE**

Ve své práci jsem se soustředila na řešení následujících cílů:

1. Stanovit palatabilitu jednotlivých lučních druhů lokality Ohrazení.
2. Porovnat palatabilitu jednoděložných a dvouděložných rostlin.
3. Ověřit hypotézu, že palatabilita druhů je pozitivně korelovaná s rychlostí rozkladu detritu.
4. Ověřit, zda je palatabilita druhů korelovaná s obsahem uhlíku a dusíku v rostlinách a v opadu rostlin.
5. Tyto hypotézy (ad 2, ad 3) otestovat také za použití fylogenetické korekce.
6. Pomocí metody regresních stromů predikovat palatabilitu a rozklad opadu na základě vlastností použitých lučních druhů.
7. Získané informace doplnit odchytom herbivorního hmyzu vyskytujícího se na jednotlivých družích rostoucích na sledované lokalitě.

### **3. METODIKA**

#### **3.1. POPIS LOKALITY**

Lokalita Ohrazení je oligotrofní vlhká louka nazvaná dle 1km vzdálené obce. Nachází se přibližně 10 km jihovýchodním směrem od Českých Budějovic (48°57'11.35" severní šířky, 14°35'33.99" východní délky), v nadmořské výšce 510 m. n. m. Průměrná roční teplota vystoupí na 7,8°C, průměrné roční srážky dosahují 620mm (Hydrometeorologický ústav České Budějovice). Půda vznikla na rulovém podkladu a je živinami chudá (celkový N 6-8 g/kg suché půdy, celkový P 400-500 mg/kg suché půdy, poměr C/N = 16-20; Kotorová & Lepš 1999).

Louka je ze tří stran obklopena lesem a na západě zčásti sousedí s polem. Na základě typu obhospodařování ji lze rozdělit na dvě hektarové části oddělené řídkým porostem *Salix aurita*. Sběr dat a pozorování jsem prováděla v západnější části louky, která je pravidelně jednou až dvakrát ročně (v červnu a listopadu) kosena. Kosení bylo v 80. letech 20. století na čas přerušeno a od roku 1994 znovu pokračuje.

Fytocenologicky se tamější vegetace řadí ke svazu *Molinion* s několika prvky *Violion caninae*. Na lokalitě lze nalézt na 120 druhů cévnatých rostlin, mimo dominantní *Molinia caerulea* také *Nardus stricta*, *Holcus lanatus*, *Anthoxanthum odoratum*, *Carex panicea*, *Potentilla erecta*, *Cirsium palustre*, *Prunella vulgaris*, *Lysimachia vulgaris* a další.

Od roku 1994 jsou na lokalitě prováděny pokusy spojené s dlouhodobým výzkumem lučního společenstva (např. Lepš 1999).

Letecký snímek lokality viz Příloha I.

## 3.2. SBĚR DAT

### 3.2.1. Rozklad opadu

Tato část metodiky sleduje postup projektu VISTA (Garnier et al. 2007), což umožňuje porovnat získaná data s daty z projektu.

V průběhu léta až pozdního podzimu roku 2005 jsem na lokalitě Ohrazení sesbírala opad 30 rostlinných druhů. (Za opad považuji nezelené odumírající části dospělých rostlin zbavené semen. Jedná se pouze o tu mrtvou biomasu, která se na lokalitě objevila v dané sezóně.)

Získaný opad jsem vysušila při pokojové teplotě a poté rozstříhala na zhruba 5 centimetrovou délku – to usnadnilo plnění detritových sáčků i namíchání vhodného poměru jednotlivých rostlinných částí (viz dále). Navázila jsem cca 2 gramy opadu (+/- 0,1 g) do každého detritového sáčku o velikosti 8 x 9 cm (velikost vnitřního prostoru) tak, aby obsah sáčku alespoň zhruba odpovídal poměru biomasy jednotlivých částí dané rostliny. Sáček jsem zašila umělou nití. Množství navážek pro většinu druhů se rovnalo 9 či 6, jelikož pro méně hojné druhy byl problém na lokalitě sesbírat dostatečné množství opadu. V případě nedostatečného množství opadu jsem některý z odběrů u daného druhu vypustila.

Zároveň jsem asi 1 gram opadu od každého druhu dala vysušit na 72 hodin při 60°C, poté opět zvažila a posléze použila k přepočtu hmotnosti původních navážek.

Detritové sáčky byly ušity z uhlonové sítě o velikosti ok 1,1 mm. Tato velikost je kompromisem mezi umožněním vstupu drobnější, převážně půdní, fauně a minimalizací chyb způsobených ztrátou materiálu. Rozměr sáčku při dané velikosti navážky umožňuje její volné rozložení a pohyb půdních živočichů.

Opad v detritových sáčcích jsem opatrně umístila zpět na lokalitu do tří náhodně vybraných ploch - toto uspořádání postihuje větší škálu podmínek lokality a především zvyšuje pravděpodobnost „přežití“ více sáčků při náhodném setkání s návštěvníky louky.



Každá z ploch obsahovala tři čtverce odpovídající třem zpětným odběrům, v každém čtverci bylo nejvíce jedno opakování od každého rostlinného druhu.

Po třech (1.3. 2006 – 1.sběr), šesti (29.5. 2006 – 2.sběr) a dvanácti měsících (29.11. 2006 – 3.sběr) od umístění na lokalitu (29.11. 2005) jsem vždy část těchto sáčků odebrala (3 až 2 opakování od každého druhu v jednotlivém sběru). Po odběru jsem obsah sáčku opatrně zbavila prorostlých částí rostlin, drobných živočichů či hlíny a takto přetříděný jsem jej sušila při 60°C 72hodin. Vysušený vzorek jsem opět zvažila s přesností na 0,01g a porovнала s původní navázkou přepočtením na procentuální úbytek hmotnosti.

### **3.2.2. Stanovení palatability rostlinných druhů**

Během léta 2006 jsem testovala rozdíly v palatabilitě jednotlivých rostlinných druhů v umělých podmínkách na pokusném pozemku BF JU v Českých Budějovicích. Tomuto pokusu předcházelo stanovení klíčivosti těchto druhů.

#### Testy klíčivosti

Cílem těchto testů bylo získat informace o vhodných podmínkách pro vyklíčení semen, způsobu překonání případné dormance a také množství času potřebného k vyklíčení.

V roce 2005 jsem na lokalitě Ohrazení posbírala semena 37 rostlinných druhů. Průměrně 15 až 30 semen od každého druhu jsem rovnoměrně rozdělila do tří Petriho misek vystlaných vatovým polštářkem. Vždy jednu misku od každého druhu jsem umístila do mrazničky (-14°C), lednice (4°C) a do místnosti s pokojovou teplotou (20°C), kde jsem je ponechala 20 dní. Po uplynutí této doby jsem všechny misky přenesla do místnosti s pokojovou teplotou a dle potřeby zalévala vodou 3 měsíce. Zapisovala jsem počty vyklíčených semen v jednotlivých miskách a čas, kdy semena začala klíčit (viz Příloha II). Na základě těchto údajů jsem vybrala druhy do následného pokusu vztaženého k palatabilitě druhů, jejich semena jsem podrobila nejúspěšnějšímu typu zásahu z hlediska klíčivosti. Tyto druhy klíčily do uplynutí jednoho měsíce.

Vybrané druhy jsem vysela do obdélníkových akvárií o rozměru 38 x 58 cm a výšce 38 cm. Akvária byla umístěna ve venkovních podmínkách v drátěné konstrukci svrchu zakryté igelitem. Ten chránil akvária proti vyplavení, zároveň je proto bylo nutné zalévat dle potřeby. Jako substrát pro pěstování rostlin jsem použila směs písku a zahradnického substrátu v poměru 2 : 1, jež pokrýval dno do výšky okolo 8 cm. Vysévání jednotlivých druhů probíhalo v průběhu jednoho měsíce s načasováním, které odpovídalo zjištěným dobám potřebným k vyklíčení druhů. Všechny zúčastněné druhy začaly klíčit v rozmezí jednoho týdne.

Ihned po začátku klíčení druhů jsem jejich akvária svrchu zakrývala jemnou a dobře průsvitnou, ale dostatečně hustou záclonou (záclonu jsem při horním okraji přichytila prádelní gumou) tak, abych zamezila případnému vniknutí herbivorů z okolí.

V každém akváriu rostly 2 druhy - vždy v první polovině (po kratší hraně akvária) jeden zájmový druh a v druhé *Plantago lanceolata*, jehož semínka jsem získala komerčně, jelikož potřebné velké množství semen se mi nepodařilo nasbírat. *Plantago lanceolata* jsem zvolila z těchto důvodů:

- jedná se o běžně dostupný druh s dobrou klíčivostí, rostoucí na lokalitě Ohrazení
- v pokusu, který provedl Grime et al. (1996), zaměřeném na palatabilitu druhů byl tento druh ohodnocen jako druh s poloviční palatabilitou (tedy na stupnici hodnotícího indexu od 0 do 1 dosáhl hodnoty 0,5) a může takto sloužit jako hrubý ukazatel atraktivnosti jednotlivých rostlinných druhů pro zvoleného herbivora.

Rostliny jsem pěstovala po dobu 2 měsíců. Poté jsem každé akvárium rozdělila přibližně v půli (po delší hraně akvária) pomocí skleněné přepážky tak, aby v obou polovinách byla přibližně stejná hustota rostlin, odchylky jsem upravila protrháním. Do jedné poloviny všech akvárií jsem vypustila 5 herbivorů – slimáků druhu *Arion lusitanicus*, kteří ještě před vypuštěním hladověli 36 hodin v oddělené nádobě. Tento slimák, ač není domácím druhem ČR, je zde dnes už běžně rozšířeným herbivorem – generalistou (Dvořák & Horský 2003). V hojném počtu se vyskytuje také na lokalitě Ohrazení, kde jsem použité slimáky nachytila. Po umístění herbivorů jsem akvária opět zakryla a pečlivě zabezpečila proti úniku či proniknutí slimáků do druhé poloviny nádoby. Schematický náčrt akvária je na obrázku Obr. 1.

Slimáci žili v akváriu 6 dní, pak jsem je z nádoby odstranila. Sklidila jsem rostlinnou biomasu – ostříháním nůžkami co nejvíce u země - tak, že z každého akvária jsem získala čtyři vzorky (nekonsumovaný a konzumovaný zájmový druh a nekonsumované a konzumované *Plantago lanceolata*). Biomasu jsem v sušičce usušila na 80°C a zvážila na předvážkách s přesností 0,001 g.

kontrola bez slimáků	kontrola slimáci
sledovaný druh bez slimáků	sledovaný druh slimáci

**Obr. 1:** Schematický náčrt akvária. V podélných polovinách akvária je vyset kontrolní druh *Plantago lanceolata* a sledovaný druh, v příčné polovině akvária odděluje skleněná přepážka prostor s herbivory - slimáky od prostoru bez slimáků.

### 3.2.3. Analýza obsahu uhlíku a dusíku

Obsah uhlíku a dusíku byl stanoven z vysušené rostlinné biomasy pocházející z akvariijního pokusu na ohodnocení palatability druhů a z opadu 30 druhů lokality Ohrazení. Rostlinný opad jsem posbírala zároveň s opadem určeným pro zjištění rychlosti rozkladu opadu.

Suchý materiál jsem nejprve rozstříhala na menší části a poté pomlela na kulovém mlýnu (kulový mlýn MM 200, Retsch, Germany). Snažila jsem se dodržet poměrné zastoupení jednotlivých částí rostliny nejlépe tak, že jsem do vzorku semlela celou rostlinu. Z každého namletého vzorku jsem odvážila mezi 5 - 6 mg materiálu. Toto množství jsem odevzdala k analýze v laboratoři katedry ekologie Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích.

Analýza probíhala na přístroji NC 2100 Soil Analyzer (ThermoQuest Italia S.p.A., Italy) tímto způsobem: Uhlík a dusík obsažený v organických látkách stanovovaného vzorku byly zmineralizovány na oxid uhličitý a molekulární dusík. Tyto plyny se oddělily na chromatografické koloně a jejich koncentrace byla stanovena na teplotně-vodivostním detektoru. Na základě navážky vzorku pak byly vypočteny celkové obsahy organického uhlíku a dusíku ve vzorku.

### 3.2.4. Odchyt herbivorního hmyzu

V průběhu roku 2006 jsem na louce lokality Ohrazení chytala herbivorní hmyz. Jednalo se především o: housenky motýlů, housenice blanokřídých, křísy, mandelinky, mšice, nosatce a jiné drobné brouky a ploštice. Mimo jiných identifikačních údajů jsem, pokud to bylo možné, zaznamenala také rostlinný druh a část rostliny na které se hmyz živil.

Lapené jedince jsem rozřídila dle příslušnosti ke skupině (viz výše) a přenechala k určení specialistům Entomologického ústavu AVČR v Českých Budějovicích.

### 3.3. STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ DAT

**Palatabilitu sledovaných druhů** jsem vyjádřila v procentech jako podíl hmotností (v gramech) biomasy druhu dle vzorce (podle Obr. 1): (biomasa části „bez slimáků“ – biomasa části „slimáci“) / biomasa části „bez slimáků“. Palatabilitu druhu *Plantago lanceolata* jsem získala zprůměrováním výsledných hodnot palatability tohoto druhu ze všech akvárií.

**Rozklad opadu** sledovaných druhů jsem vyjádřila jako procentuální úbytek (resp. zbytek) hmotnosti takto: hmotnost opadu v každém sběru je vyjádřena jako procenta původní váhy tohoto opadu zprůměrovaná pro všechny vzorky daného druhu v tomto sběru - vysoké hodnoty tedy značí, že se opad rozkládá pomalu.

**Rychlost rozkladu detritu** ( $\text{den}^{-1}$ ) sledovaných druhů jsem vyjádřila jako parametr  $r$  v modelu exponenciálního rozkladu  $P_t = e^{rt}$ , kde  $P_t$  je procento nerozloženého opadu v čase  $t$ , a  $r$  je rychlost rozkladu (jelikož opad ubývá, jedná se o záporné číslo - čím je zápornější, tím je rozklad rychlejší). Protože se jeho hodnoty pohybují v řádu  $-1 \cdot 10^{-3}$ , vynásobila jsem je při vynášení do grafu tisícem. Odhad jsem získala zlogaritmováním (přirozený logaritmus) poměru váha opadu v daném sběru / původní váha tohoto opadu (zprůměrováno přes všechny příslušné vzorky), takto nabyté hodnoty jsem vynesla proti době (ve dnech) ve které byl příslušný sběr opadu uskutečněn a proložila přímkou s pevným počátkem v bodě nula (odpovídá „nulovému“ rozkladu při umístění na lokalitu) – sklon této přímky je rovný rychlosti rozkladu opadu daného druhu.

**Obsah uhlíku a dusíku** ve vzorku opadu i živé biomasy sledovaných druhů je vyjádřen v procentech.

Všechny statistické analýzy dat s výjimkou t-testu jsem provedla v programu R verze 2.3.1. T-testem jsem analyzovala data v programu Statistica verze 7.1.

Jelikož mne primárně zajímala palatabilita a její odpověď na vybrané charakteristiky (viz níže), zvolila jsem analýzu pomocí regrese (s palatabilitou jako vysvětlovanou proměnnou), přestože bych mohla užít korelaci (žádná ze srovnávaných proměnných není přímo závislá na druhé) a vztah vyjádřit prostřednictvím korelačního koeficientu. Avšak je třeba poznamenat, že průkaznost korelačního koeficientu je shodná s průkazností regrese. Regresní přímka zároveň poskytuje dobrou vizualizaci vztahu.

### **3.3.1. Porovnání palatability jednoděložných a dvouděložných rostlin**

Zda existuje rozdíl ve žraní jednoděložných a dvouděložných rostlin slimáky jsem testovala pomocí dvouvýběrového t-testu s použitím korekce pro nestejně variance.

### **3.3.2. Ověření vztahu palatability a rychlosti rozkladu detritu**

Ke zhodnocení vztahu mezi palatabilitou a rychlostí rozkladu detritu jsem použila lineární regresi. Pro srovnání jsem provedla jak regresi palatability druhů na rozkladu opadu těchto druhů vyjádřeném jako procenta původní váhy zvlášť pro každý sběr, tak regresi palatability druhů na rychlosti rozkladu opadu daných druhů vyjádřené „jedním číslem“ pro všechny sběry jako relativní úbytek hmotnosti za den.

### **3.3.3. Ověření vztahu palatability a obsahu uhlíku a dusíku v rostlinách a v opadu rostlin**

K tomu, abych zjistila, jaký je vztah mezi palatabilitou rostliny a množstvím uhlíku resp. dusíku, které obsahuje, jsem stejně jako v předchozí části použila lineární regresi.

Provedla jsem regresi palatability na obsahu uhlíku resp. dusíku jak v živé biomase rostliny, tak v opadu.

#### **3.3.4. Ověření vztahu palatability a rychlosti rozkladu detritu a vztahu palatability a obsahu uhlíku a dusíku v rostlinách a v opadu rostlin za použití fylogenetické korekce (PIC)**

Abych odstínila vliv fylogenetické spřízněnosti sledovaných druhů na výsledky analýzy, provedla jsem fylogenetickou korekci. Její podstatou je, že ještě před samotnou analýzou vysvětlovaných i vysvětlujících proměnných odstraníme tu variabilitu v jejich hodnotách, kterou lze vysvětlit evoluční setrvačností (Šmilauer 2007).

Ke korekci jsem použila metodu fylogeneticky nezávislých kontrastů (PIC). Ta funguje tak, že původní N počet pozorování pro každou z porovnávaných proměnných je nahrazen N-1 kontrasty tj. rozdíly mezi hodnotami předpovídanými pro dva taxony, jejichž větve se ve stromu bezprostředně spojují. Získané rozdíly jsou poté standardizovány očekávanou variabilitou jejich odhadů, která se vypočte z délek větví stromu (Šmilauer 2007).

Potřebný fylogenetický strom (strukturu větvení) jsem sestavila na základě údajů z databáze BioFlor (BioFlor 2007). Doby divergence společných předků (délky větví) jsem doplnila především dle informací z webových stránek Angiosperm Phylogeny Group (Stevens 2001) a dále také z: Bremer et al. (2002), Janssen & Bremer (2004), Kellogg (2001). Užitý fylogenetický strom je v příloze Příloha III.

Poté, co jsem vypočítala fylogenetické kontrasty pro všechny proměnné, jsem s takto upravenými proměnnými opět provedla lineární regresi PIC palatability na PIC příslušných vysvětlujících proměnných, tak jak je popsáno výše.

#### **3.3.5. Predikce hodnot palatability a rozkladu detritu na základě vlastností rostlin („traits“) metodou regresních stromů**

K predikci míry žraní a rozkladu opadu na základě vybraných vlastností („traits“) sledovaných lučních druhů jsem využila metodu regresních stromů. K vytvoření stromu dojde tak, že podle vybrané vysvětlující proměnné (tato proměnná je zvolena dle snížení

residuální sumy čtverců vysvětlované proměnné) jsou vždy data nebo jejich části rozdělena na dvě podskupiny tím způsobem, aby takto vzniklé skupiny byly navzájem co nejvíce odlišné a vnitřně co nejpodobnější (Šmilauer 2007). Za výhodu této metody považují, že v každém novém dělení mají opět všechny prediktory šanci definovat nové rozdělovací pravidlo a metoda (narozdíl od většiny ostatních regresních metod) nepředpokládá aditivitu efektů jednotlivých prediktorů, což je zvláště výhodné, pokud použijeme jako prediktory vlastnosti druhů - „species traits“ (de Bello et al. 2005). Výsledný strom pak lze použít podobně jako určovací klíč (Šmilauer 2007) - na základě vlastností vybrané rostliny můžeme předvídat míru jejího žraní herbivory či rychlost rozkladu detritu. Vytvořením regresního stromu pro vysvětlované proměnné palatabilita i rychlost rozkladu opadu je umožněno porovnání míry shody jejich prediktorů.

Z praktických důvodů jsem regresní strom vytvořila pouze pro (vyjma proměnné palatabilita) vysvětlovanou proměnnou rychlost rozkladu detritu, která shrnuje i hmotnost opadu v jednotlivých sběrech. Mezi vysvětlující proměnné jsem zařadila následujících patnáct vlastností: výška rostliny (cm), biomasa rostliny ( $\text{g}/\text{m}^2$ ; charakterizuje hojnost druhu na lokalitě) množství fosforu, dusíku a uhlíku v listech (mg/g), obsah dusíku a uhlíku v rostlině a v opadu rostliny (%), specifická listová plocha ( $\text{mm}^2/\text{mg}$ ), obsah sušiny v listu (mg/g), obsah sušiny ve stonku (mg/g), váha semena (mg), fenologie (počet dní, po které je rostlina zelená) a počet děloh (jedná se o charakteristiku taxonomického zařazení, která odděluje skupinu jednoděložných a dvouděložných rostlin - název proměnné užívám jako zkratku). Kritériem pro zařazení vlastnosti bylo, aby se určitým způsobem týkala palatability či rychlosti rozkladu detritu rostliny. Data – hodnoty charakteristik jsem získala z databáze vlastností druhů lokality Ohrazení (nepublikovaný materiál projektu VISTA). Definice těchto vlastností korespondují s popisy uvedenými v příručce Cornelissen et al. (2003), viz též Garnier et al. (2007).

Pro názornost jsem vytvořené stromy „neproklestila“, nýbrž ponechala původní počet „větviček“ a navíc uvedla diagram zobrazující výsledky krosvalidace (hodnotu chyby předpovědi pro danou složitost stromu). Vzhledem k počtu dat a posouzení možnosti interpretace výsledků jsem minimální velikost koncové skupiny stanovila na 3 pozorování a minimální velikost dělené skupiny na 6 pozorování. Uvádím i „primary splits“ s parametrem „improve“ (tzv. kompetující proměnná, parametr „improve“ udává snížení hodnoty residuální sumy čtverců) a „surrogate splits“ s parametrem „agree“ (tzv.

náhradní proměnná, parametr „agree“ udává míru shody s predikcí zvoleného pravidla). (Bližší vysvětlení k regresním stromům viz Šmilauer 2007.)

### **3.4. NOMENKLATURA**

Nomenklatura byla sjednocena dle Kubáta et al. (2002).



## 4. VÝSLEDKY

### 4.1. Stanovení palatability jednotlivých druhů rostlin

Míru žraní jednotlivých rostlinných druhů lokality slimáky *Arion lusitanicus* jsem shrnula do tabulky Tab. 1. Nejžranějším druhem pokusu byla *Angelica sylvestris*, vysokou palatabilitu (>90%) má také *Scorzonera humilis*, *Prunella vulgaris* a *Succisa pratensis*, naopak druhy *Carex leporina*, *Cerastium holosteoides*, *Holcus lanatus* a *Nardus stricta* slimáci nežrali vůbec. Téměř ve středu tabulky se umístilo *Plantago lanceolata*.

Variance v souboru hmotností biomas všech vzorků sledovaných druhů konzumovaných slimáky dosáhla hodnoty 0,967, zatímco variance v souboru hmotností biomas kontrolního druhu *Plantago lanceolata* konzumovaného slimáky byla 0,328.

**Tab. 1:** Palatabilita /%/ jednotlivých druhů rostlin lokality Ohrazení. Druhy jsou seřazeny dle klesající hodnoty palatability. Šedé pole upozorňuje na výsledek druhu *Plantago lanceolata*.

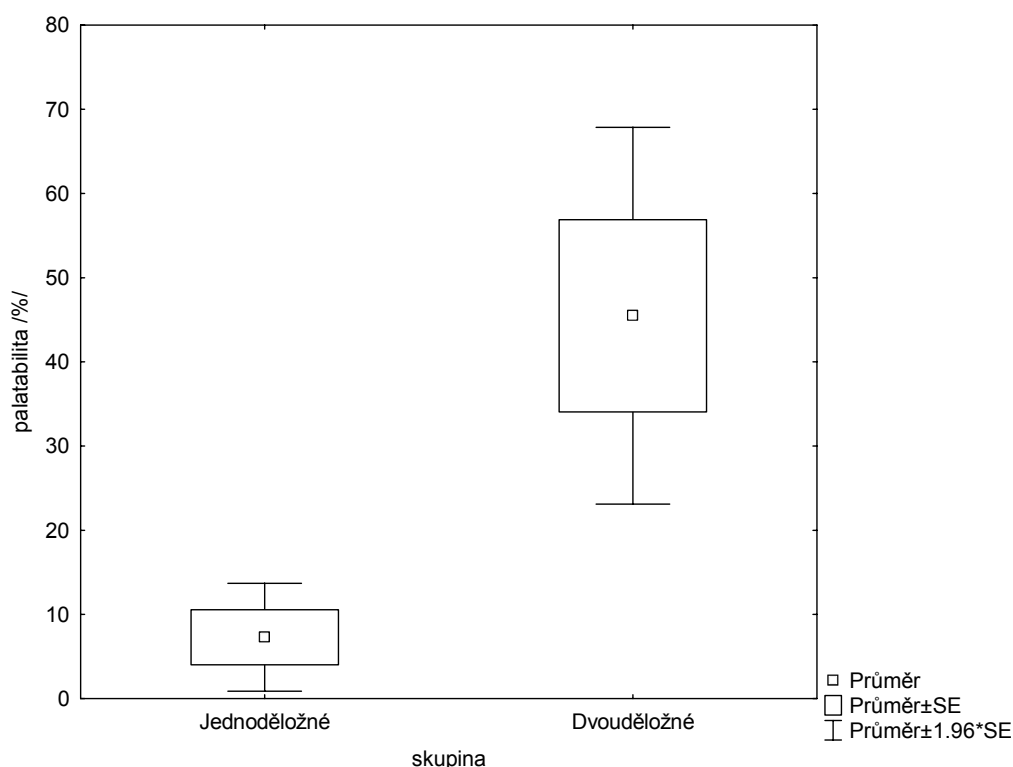
druh	palatabilita /%/
<i>Angelica sylvestris</i>	100,0
<i>Scorzonera humilis</i>	93,2
<i>Prunella vulgaris</i>	90,7
<i>Succisa pratensis</i>	90,4
<i>Lychnis flos-cuculi</i>	59,2
<i>Betonica officinalis</i>	44,4
<i>Cirsium palustre</i>	26,4
<i>Briza media</i>	25,1
<i>Plantago lanceolata</i>	23,5
<i>Myosotis nemorosa</i>	23,4
<i>Luzula multiflora</i>	15,7
<i>Sanguisorba officinalis</i>	13,6
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	11,0
<i>Danthonia decumbens</i>	4,1
<i>Epilobium palustre</i>	2,7
<i>Deschampsia cespitosa</i>	2,4
<i>Galium boreale</i>	1,6
<i>Carex leporina</i>	0,0
<i>Cerastium holosteoides</i>	0,0
<i>Holcus lanatus</i>	0,0
<i>Nardus stricta</i>	0,0

## 4.2. Porovnání palatability jednoděložných a dvouděložných rostlin

Shrnutí výsledků dvouvýběrového t-testu, který jsem použila ke srovnání palatability /v %/ jednoděložných a dvouděložných rostlin je uvedeno v tabulce Tab. 2. Mezi vymezenými skupinami je výrazný průkazný rozdíl ( $p < 0,05$ ), dvouděložné rostliny slimáci konzumovali průměrně o 38% více než jednoděložné rostliny. U dvouděložných rostlin je také patrný široký rozptyl hodnot ve srovnání s druhou skupinou. Grafické znázornění testu s vyznačenými statistickými charakteristikami je na obrázku Obr. 2.

**Tab. 2:** Porovnání palatability /%/ jednoděložných a dvouděložných rostlin dvouvýběrovým t-testem. Vysvětlivky:  $n_1/n_2$  – počet pozorování tj. druhů ve skupině jednoděložných/dvouděložných rostlin,  $mean_1/mean_2$  – průměrná palatabilita /v %/ ve skupině jednoděložných/dvouděložných rostlin,  $p$  – dosažená hladina významnosti - průkaznost na hladině významnosti 0,05 je vyznačena hvězdičkou.

palatabilita /%/ jedno-/dvouděložných rostlin	$n_1/n_2$	$mean_1/mean_2$	$p$
	8/12	7.3/45.5	0.016*



**Obr. 2:** Grafické odlišení jednoděložných a dvouděložných rostlin /skupina/ na základě míry jejich žrání herbivory /palatabilita, v %/.

### 4.3. Ověření vztahu palatability a rychlosti rozkladu detritu

Výsledky lineární regrese palatability na rozkladu opadu vyjádřeném v procentech původní váhy zvlášť pro každý sběr a na rychlosti rozkladu opadu jako úbytku hmotnosti v čase zobrazuje tabulka Tab. 3.

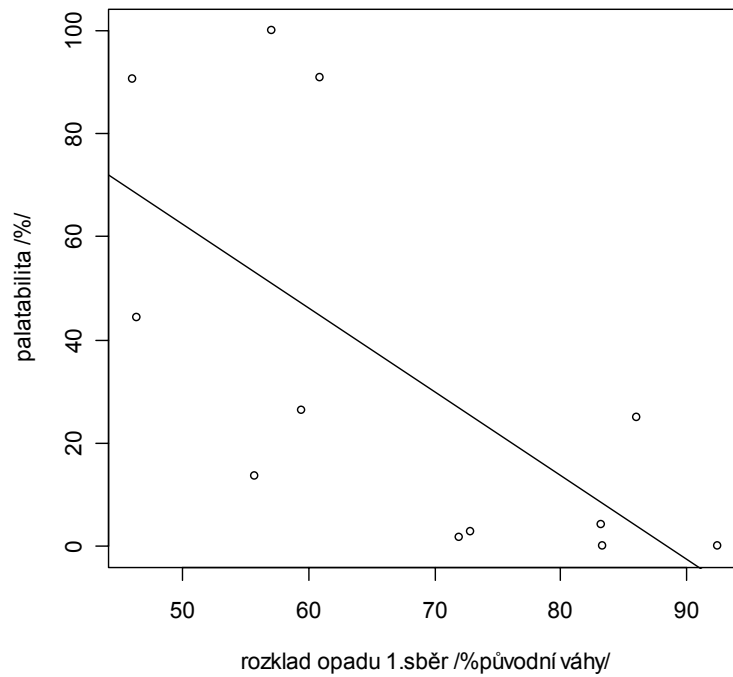
Závislost se podařilo prokázat ( $p < 0,05$ ) pouze při lineární regresi palatability na rozkladu opadu v prvním sběru, tento model vysvětluje 38,6% variability hodnot vysvětlované proměnné. Jeho graf (viz Obr. 3) znázorňuje, že rostlinné druhy se špatně rozložitelným opadem mají zároveň nízkou palatabilitu a naopak, ovšem u druhů s lépe rozložitelným opadem (zde 60% a méně) se tento vztah vytrácí – roste variabilita v palatabilitě druhů.

Stejný, ale méně patrný trend je rovněž vidět i na závislosti, kdy je vysvětlující proměnná vyjádřena souhrně pomocí úbytku biomasy sledovaných druhů v čase (viz Obr. 4).

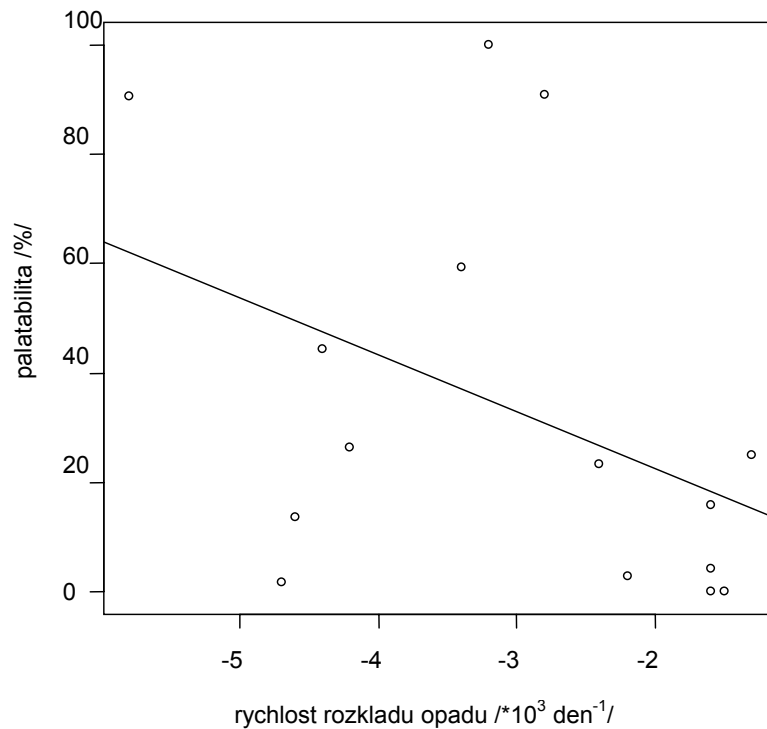
Obecně z výsledků regrese palatability na rozkladu opadu v jednotlivých sběrech usuzují, že s pokročilejší dobou rozkladu (a sběru) sledovaná závislost slábne.

**Tab. 3:** Shrnutí výsledků lineární regrese palatability na rozkladu opadu zvlášť pro všechny tři sběry /v % původní váhy/ a na rychlosti rozkladu opadu /\*10<sup>3</sup> den<sup>-1</sup>/. Pro každou vysvětlující proměnnou /proměnná/ je uveden počet pozorování tj. počet srovnávaných druhů /n/, upravený koeficient determinace /R<sup>2</sup><sub>adj</sub>/ a dosažená hladina významnosti /p/ - průkaznost na hladině významnosti 0,05 je vyznačena hvězdičkou.

<b>proměnná</b>	<b>n</b>	<b>R<sup>2</sup><sub>adj</sub></b>	<b>p</b>
rozklad opadu 1.sběr /% původní váhy/	12	0.386	0.018 *
rozklad opadu 2.sběr /% původní váhy/	15	0.133	0.099
rozklad opadu 3.sběr /% původní váhy/	13	0.075	0.187
rychlost rozkladu opadu /*10 <sup>3</sup> den <sup>-1</sup> /	15	0.112	0.120



**Obr. 3:** Grafické znázornění výsledků lineární regrese palatability na rozkladu opadu v 1. sběru. Zobrazena je míra žraní druhů /palatabilita/ v procentech a množství nerozloženého opadu sledovaných druhů při prvním sběru /rozklad opadu 1.sběr/ v procentech původní váhy.



**Obr. 4:** Grafické znázornění výsledků lineární regrese palatability na rychlosti rozkladu opadu. Zobrazena je míra žraní druhů /palatabilita/ v procentech a úbytek opadu jednotlivých druhů /rychlost rozkladu opadu/ v  $10^3 \text{ den}^{-1}$ .

#### 4.4. Ověření vztahu palatability a obsahu uhlíku a dusíku v rostlinách a v opadu rostlin

Výsledky lineární regrese míry žraní rostlin na obsahu uhlíku a dusíku v těchto rostlinách a v jejich opadu udává tabulka Tab. 4.

Průkazná ( $p < 0,05$ ) je závislost palatability na obsahu uhlíku v opadu, o něco slabší vysvětlující proměnnou (již těsně za hranicí průkaznosti,  $p = 0,058$ ) je obsah uhlíku v živé biomase rostlin. Vztah sledovaných proměnných je nepřímo úměrný – s rostoucím obsahem uhlíku (jak v živé biomase rostlin, tak v jejich opadu) klesá palatabilita rostlin (viz obrázky Obr. 5 a Obr. 6). Model s vysvětlující proměnnou obsah uhlíku v opadu objasňuje 19,1% variability hodnot míry žraní rostlin herbivory, pakliže je vysvětlující

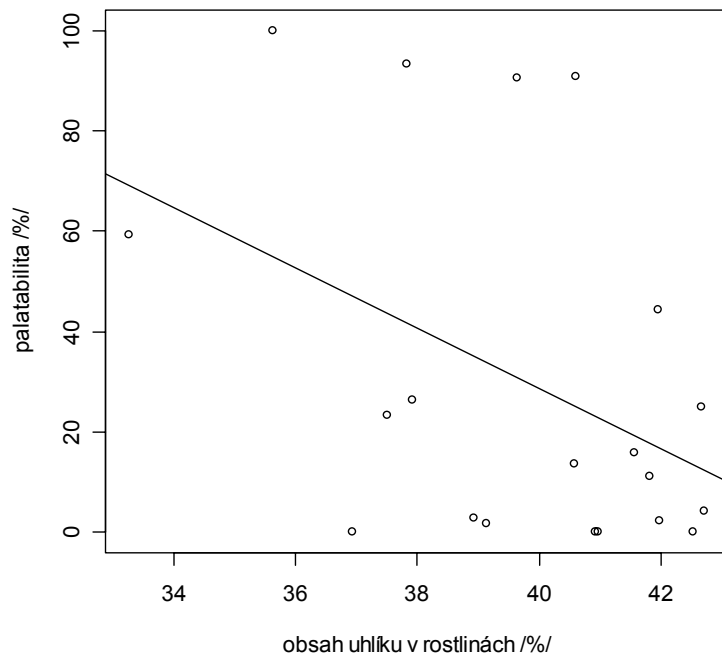
proměnnou obsah uhlíku v rostlinách, objasněno je 14% variability hodnot vysvětlované proměnné.

Vazbu mezi mírou žraní rostlin a obsahem dusíku v těchto rostlinách či jejich opadu se mi prokázat nepodařilo ( $p=0,588$ ;  $p=0,482$ ) a přímá úměrnost jmenovaných proměnných - kdy s obsahem dusíku roste také palatabilita dané rostliny - není téměř viditelná (viz obrázky Obr. 7 a Obr. 8).

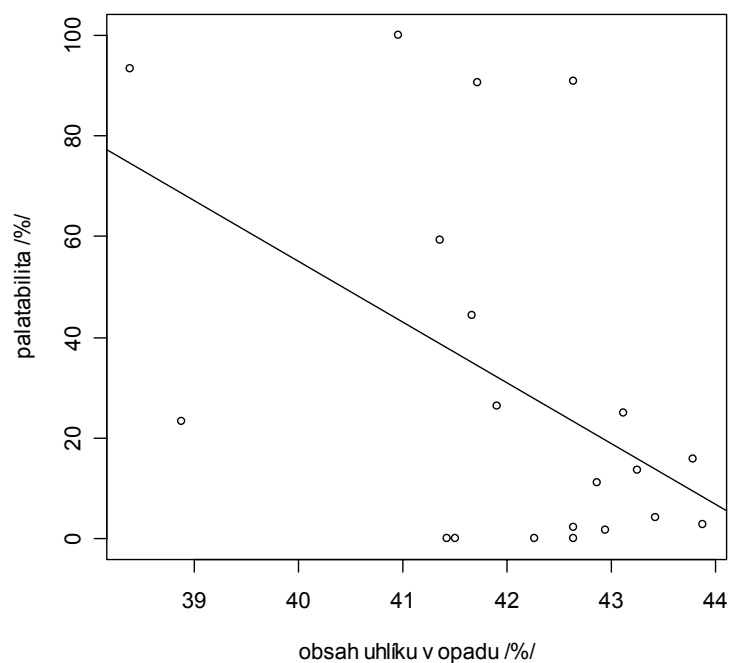
Testovala jsem rovněž model ve kterém vystupoval obsah jednoho prvku jako vysvětlující proměnná a obsah prvku druhého v podobě kovariáty, avšak výsledek také nebyl statisticky významný ( $p>0,05$ ), podobně i pro poměr uhlík/dusík v roli vysvětlující proměnné ( $p>0,05$ ).

**Tab. 4:** Shrnutí výsledků lineární regrese palatability na obsahu uhlíku resp. dusíku /v %/ v živé biomase rostlin a v opadu. Pro každou vysvětlující proměnnou /proměnná/ je uveden počet pozorování tj. počet analyzovaných druhů /n/, upravený koeficient determinace / $R^2_{adj}$ / a dosažená hladina významnosti /p/ - průkaznost na hladině významnosti 0,05 je vyznačena hvězdičkou.

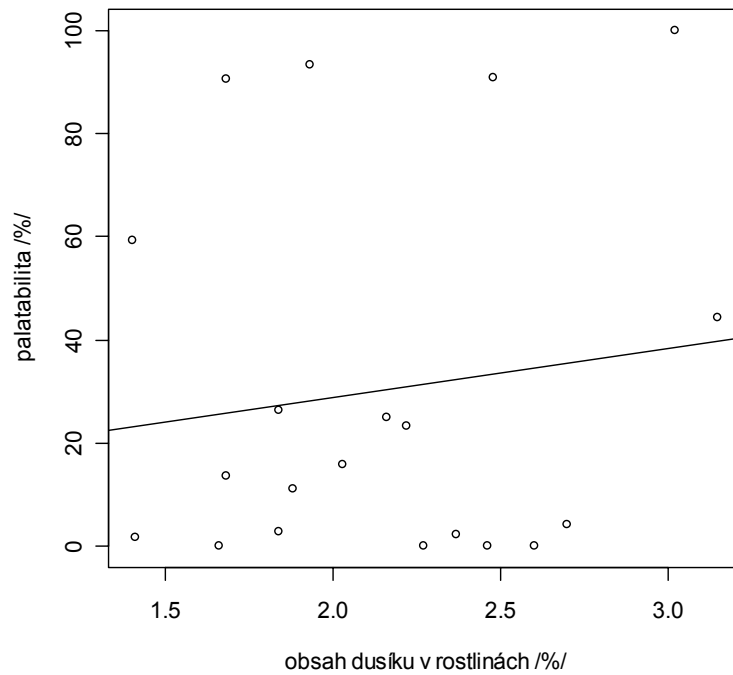
proměnná	n	$R^2_{adj}$	p
obsah C v rostlinách /%/	20	0.140	0.058
obsah C v opadu /%/	20	0.191	0.031 *
obsah N v rostlinách /%/	20	-0.038	0.588
obsah N v opadu /%/	20	-0.026	0.482



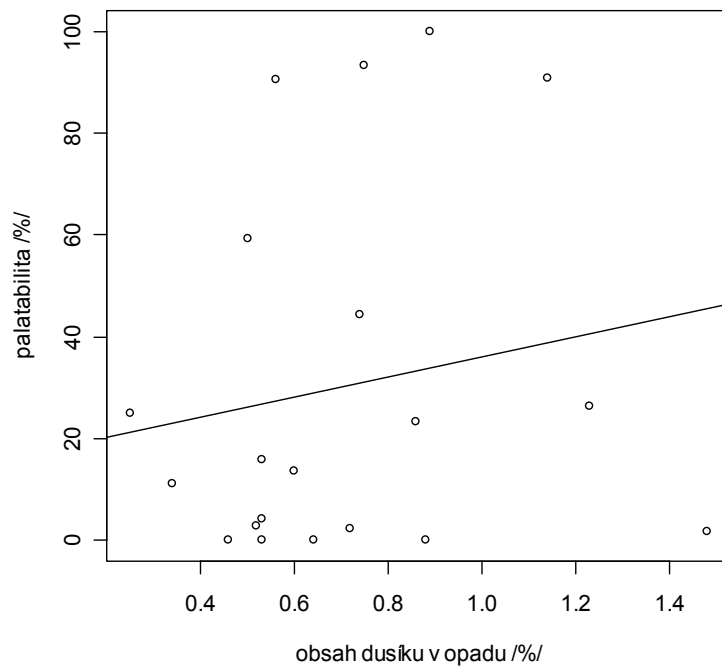
**Obr. 5:** Grafické znázornění výsledků lineární regrese míry žraní rostlinných druhů /palatabilita, v %/ na obsahu uhlíku v živé biomase těchto druhů /obsah uhlíku v rostlinách, v %/.



**Obr. 6:** Grafické znázornění výsledků lineární regrese míry žraní rostlinných druhů /palatabilita, v %/ na obsahu uhlíku v opadu sledovaných druhů /obsah uhlíku v opadu, v %/.



**Obr. 7:** Grafické znázornění výsledků lineární regrese míry žrání rostlinných druhů /palatabilita, v %/ na obsahu dusíku v živé biomase těchto druhů /obsah dusíku v rostlinách, v %/.



**Obr. 8:** Grafické znázornění výsledků lineární regrese míry žrání rostlinných druhů /palatabilita, v %/ na obsahu dusíku v opadu sledovaných druhů /obsah dusíku v opadu, v %/.



#### 4.5. Ověření vztahu palatability a rychlosti rozkladu detritu a vztahu palatability a obsahu uhlíku a dusíku v rostlinách a v opadu rostlin za použití fylogenetické korekce (PIC)

Po spočtení lineární regrese s použitím fylogenetických kontrastů se zvýšila predikční schopnost všech vysvětlujících proměnných popisujících rozklad opadu (všechny výsledky jsou signifikantní na hladině významnosti  $p < 0,05$ , modely vysvětlují 25,7-43,5 % variability v palatabilitě rostlin). Výsledky uvádím v tabulce Tab. 5., grafická podoba výsledků je na obrázku Obr. 9 a Obr. 10 - kvůli velké podobnosti grafů zde pro ilustraci prezentuji jen zobrazení lineární regrese PIC palatability na PIC rozkladu opadu v 1. sběru a na PIC úbytku hmotnosti opadu v čase.

Naopak poté, co jsem provedla fylogenetickou korekci lineární regrese palatability na obsahu uhlíku v rostlinách a v opadu rostlin, přestal být původně (bez korekce) průkazný výsledek na dané hladině významnosti signifikantní a to u obou vysvětlujících proměnných (viz tabulka Tab. 6). Pro možnost porovnání grafického zobrazení s výsledky bez použití korekce (Obr. 5, Obr. 6) uvádím obrázky Obr. 11 a Obr. 12.

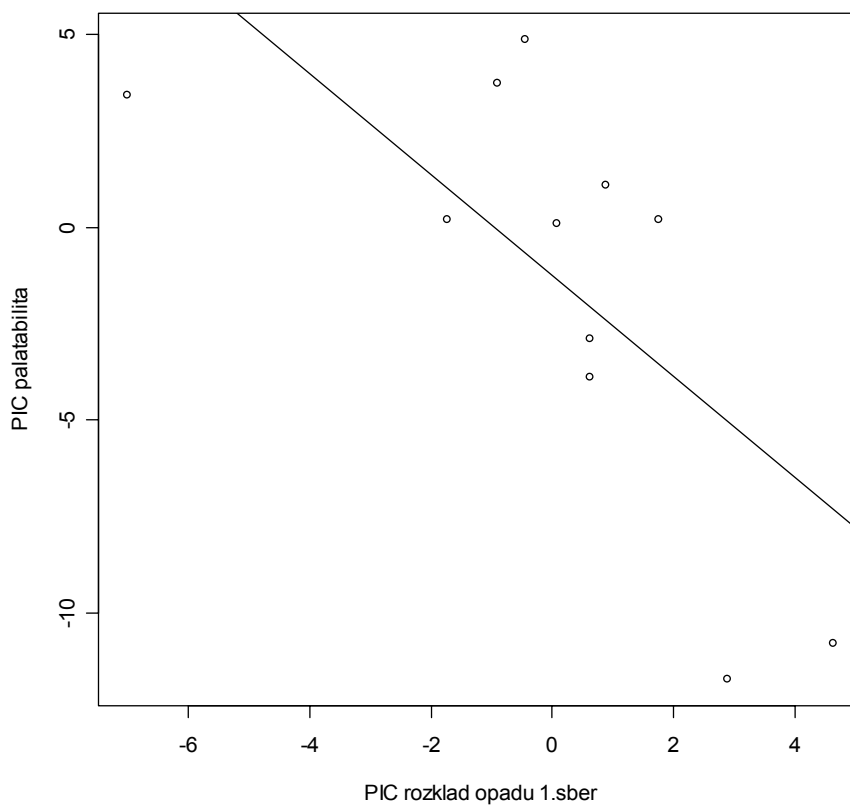
Výsledky analýzy lineární regrese PIC palatability na PIC obsahu dusíku v rostlinách i v jejich opadu zůstávají nadále neprůkazné (viz tabulka Tab. 6).

**Tab. 5:** Shrnutí výsledků lineární regrese PIC palatability na PIC rozkladu opadu zvlášť pro všechny tři sběry a na PIC rychlosti rozkladu opadu. Pro každou vysvětlující proměnnou /proměnná/ je uveden počet pozorování tj. počet srovnávaných druhů /n/, upravený koeficient determinace  $R^2_{adj}$  a dosažená hladina významnosti /p/ - průkaznost na hladině významnosti 0,05 je vyznačena hvězdičkou.

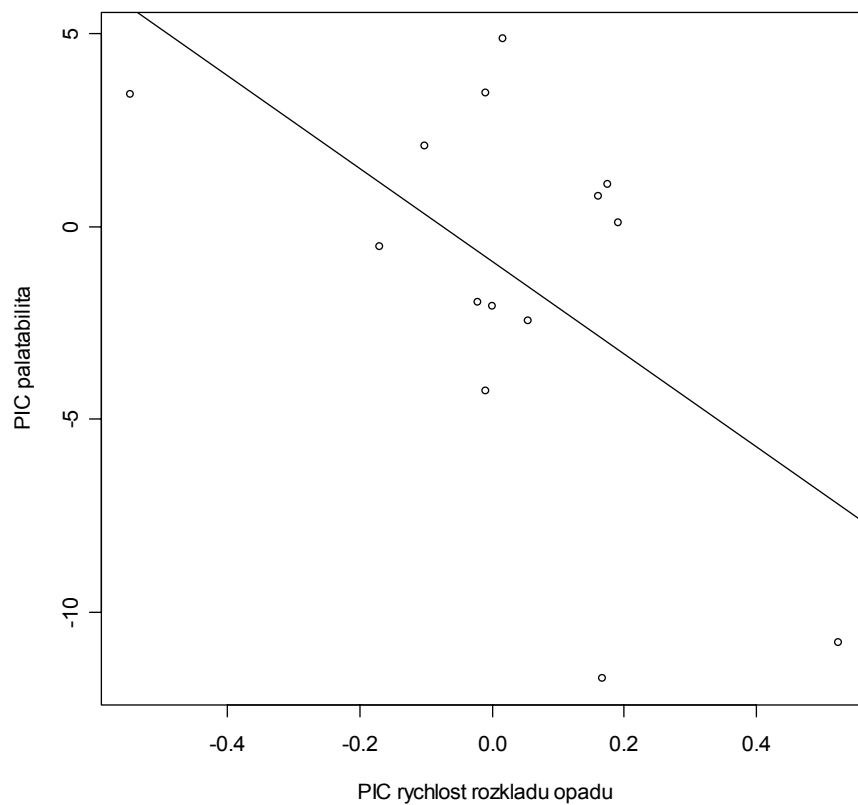
proměnná	n	$R^2_{adj}$	p
PIC rozkladu opadu 1.sběr	12	0.435	0.016*
PIC rozkladu opadu 2.sběr	15	0.257	0.037 *
PIC rozkladu opadu 3.sběr	13	0.268	0.049 *
PIC rychlosti rozkladu opadu	15	0.276	0.031 *

**Tab. 6:** Shrnutí výsledků lineární regrese PIC palatability na PIC obsahu uhlíku resp. PIC obsahu dusíku v živé biomase rostlin a v opadu. Pro každou vysvětlující proměnnou /proměnná/ je uveden počet pozorování tj. počet analyzovaných druhů /n/, upravený koeficient determinace / $R^2_{adj}$ / a dosažená hladina významnosti /p/ - průkaznost na hladině významnosti 0,05 je vyznačena hvězdičkou.

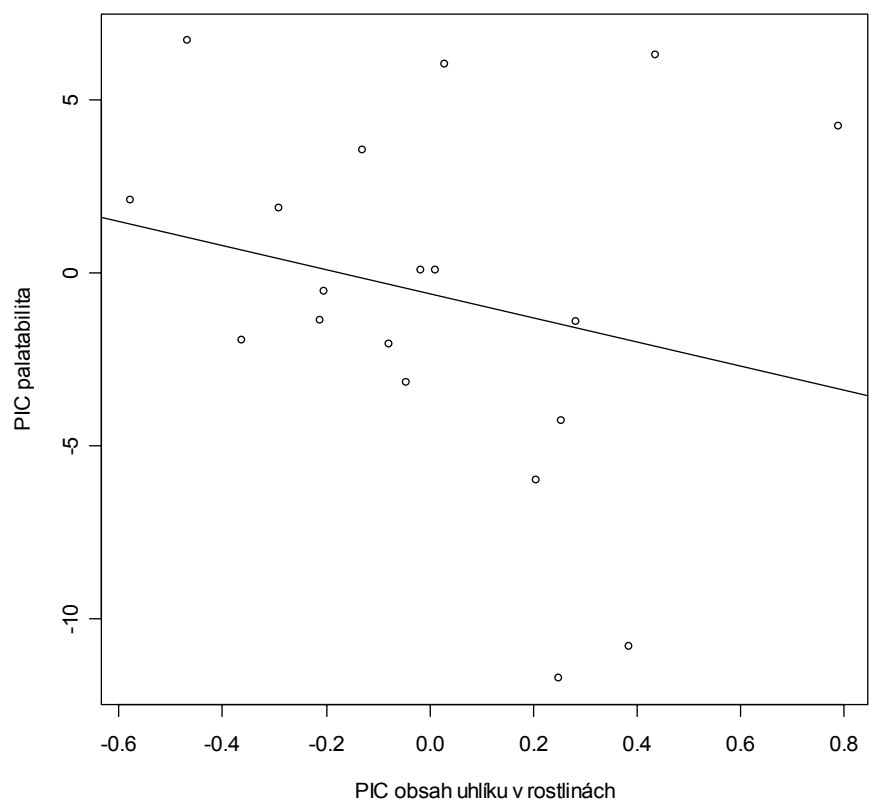
proměnná	n	$R^2_{adj}$	p
PIC obsahu C v rostlinách	20	-0.003	0.342
PIC obsahu C v opadu	20	-0.031	0.511
PIC obsahu N v rostlinách	20	-0.054	0.790
PIC obsahu N v opadu	20	-0.057	0.856



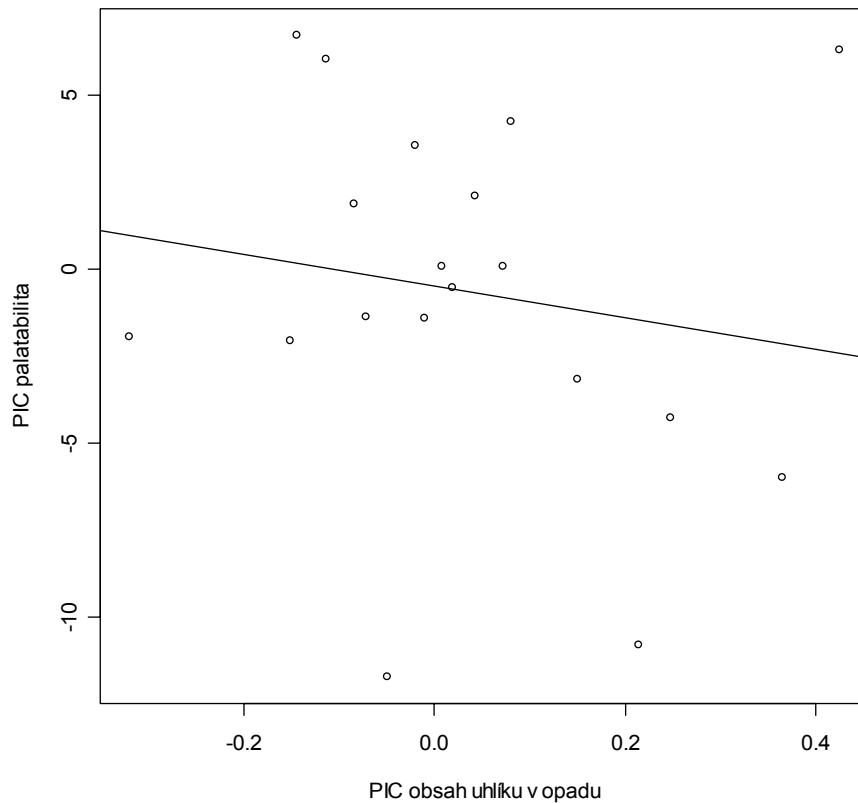
**Obr. 9:** Grafické znázornění výsledků lineární regrese PIC palatability na PIC rozkladu opadu v 1. sběru. Zobrazeny jsou fylogeneticky nezávislé kontrasty míry žraní druhů / PIC palatabilita/ a kontrasty množství nerozloženého opadu sledovaných druhů při prvním sběru /PIC rozklad opadu 1.sběr/.



**Obr. 10:** Grafické znázornění výsledků lineární regrese PIC palatability na PIC rychlosti rozkladu opadu. Zobrazeny jsou fylogenetické kontrasty míry žraní druhů /PIC palatabilita/ a kontrasty úbytku opadu jednotlivých druhů /rychlost rozkladu opadu/.



**Obr. 11:** Grafické znázornění výsledků lineární regrese nezávislých fylogenetických kontrastů míry žraní rostlinných druhů /PIC palatabilita/ na kontrastech obsahu uhlíku v živé biomase těchto druhů /obsah uhlíku v rostlinách/.



**Obr. 12:** Grafické znázornění výsledků lineární regrese nezávislých fylogenetických kontrastů míry žraní rostlinných druhů /palatabilita/ na kontrastech obsahu uhlíku v opadu sledovaných druhů /obsah uhlíku v opadu/.

#### 4.6. Predikce hodnot palatability a rozkladu detritu na základě vlastností rostlin („traits“) metodou regresních stromů

Regresní strom pro vysvětlovanou proměnnou palatabilita

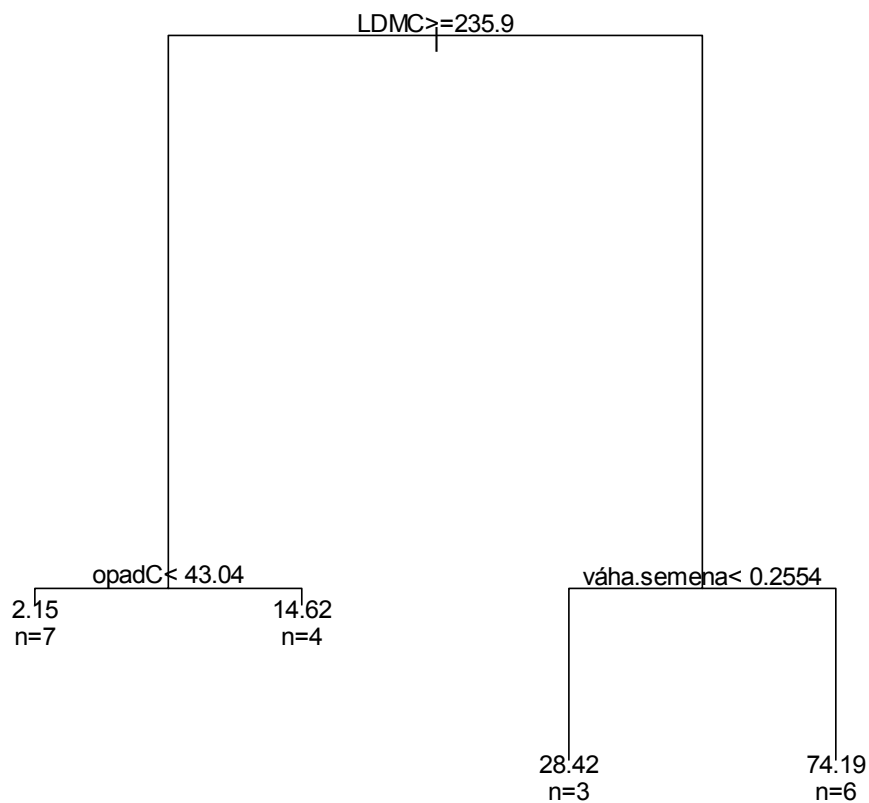
Jako první dělicí pravidlo byl vybrán obsah sušiny v listu, který objasní asi 52 % variability vysvětlované proměnné. Je-li tedy v listu rostliny více než 236 mg/g sušiny, přejdeme do levé větve stromu do skupiny méně žraných rostlin. Druhým kompetujícím pravidlem v prvním nódu stromu byla výška rostliny, avšak ta vyjasňuje už jen 37 % variability dat. Dělení na základě obsahu sušiny v listu nejlépe interpretuje proměnná počet děloh rostliny. Podobně se hlavním dělicím pravidlem v levé části stromu stalo množství

uhlíku v opadu a v pravé části stromu váha semena. Na základě vzniklého stromu tedy mohou shrnout, že mezi nejvíce žrané rostliny budou pravděpodobně patřit ty druhy, které mají méně než uvedené množství sušiny v listu a váhu semena větší než 0,26 mg. Naopak v nejméně spásané skupině se vyskytují rostliny s větším než uvedeným množstvím sušiny a obsahem uhlíku v opadu menším než 43 %. Přehled prvních dvou kompetujících a náhradních proměnných pro každý nód podává tabulka Tab. 7, grafická podoba regresního stromu je na obrázku Obr.13.

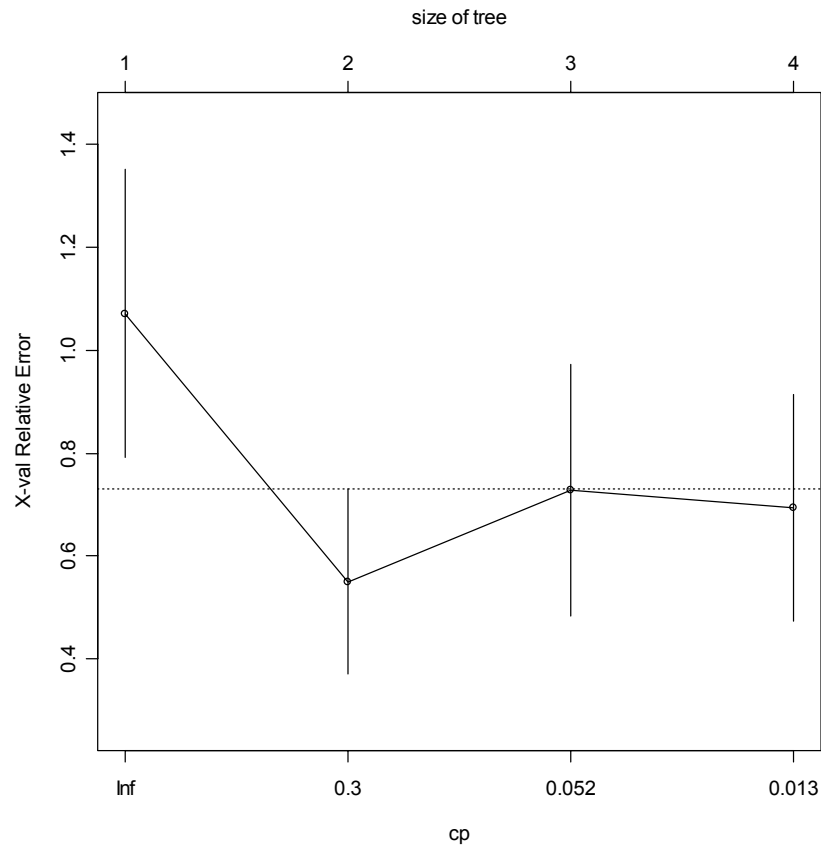
Hlavními vysvětlujícími proměnnými, které rozhodují o míře žraní rostliny se tedy staly: množství sušiny v listu, obsah uhlíku v opadu a váha semena, avšak při zohlednění výsledků krosvalidace by bylo vhodné získaný strom „proklestit“ až na dvě koncové větvičky, tedy až po první nód – při použití ostatních pravidel je třeba počítat s rostoucí chybou predikce (viz Obr. 14).

**Tab. 7:** Tabulka udávající pro každé nódum/dělení stromu /nód/ vždy první dvě vybrané proměnné /proměnná/ z primary splits/kompetujících pravidel a surrogate splits/náhradních pravidel /PS/SS split/. Pro každou proměnnou je uvedeno pravidlo v daném nódu /pravidlo/ a snížení hodnoty residuální sumy čtverců či míra shody s vybranou proměnnou /imp/agr/. Užití proměnné: obsah sušiny v listu /LDMC, v mg/g/, výška rostliny /výška, v cm/, počet děloh /dělohy/, obsah uhlíku v rostlině /C, v %/, obsah uhlíku v opadu /opadC, v %/, obsah dusíku v rostlině /N, v %/, váha semena /váha semena, v mg/, obsah dusíku v opadu /N, v %/.

nód	PS/SS split	proměnná	pravidlo	imp/agr
1.	PS	LDMC	$\geq 235,9$	0,516
		výška	$\geq 19,6$	0,371
	SS	dělohy	1	0,842
		C	$\geq 39,0$	0,789
2.	PS	opadC	$< 43,0$	0,552
		N	$\geq 2,2$	0,370
	SS	výška	$\geq 24,5$	0,818
		C	$< 42,6$	0,818
3.	PS	váha semena	$< 0,3$	0,396
		LDMC	$< 153,0$	0,371
	SS	opadN	$< 0,5$	0,889
		N	$< 1,8$	0,778



**Obr. 13:** Regresní strom předpovídající míru žraní dané rostliny na základě jejích vlastností („traits“). Čísla na koncích „větviček“ udávají predikovanou hodnotu vysvětlované proměnné, „n“ informuje o počtu pozorování spadajících do příslušné skupiny. Znárodněné vlastnosti: obsah sušiny v listu /LDMC, v mg/g/, obsah uhlíku v opadu /opadC, v %/, váha semena /váha.semena, mg/.



**Obr. 14:** Diagram zobrazující výsledky krosvalidace. Vysvětlivky: velikost stromu – počet koncových větviček /size of tree/, parametr složitosti /cp/, chyba předpovědi /x-val Relative Error/. Tečkovaná čára vyznačuje nejmenší hodnotu krosvalidované chyby s přičtenou střední chybou odhadu.

### Regresní strom pro vysvětlovanou proměnnou rychlost rozkladu opadu

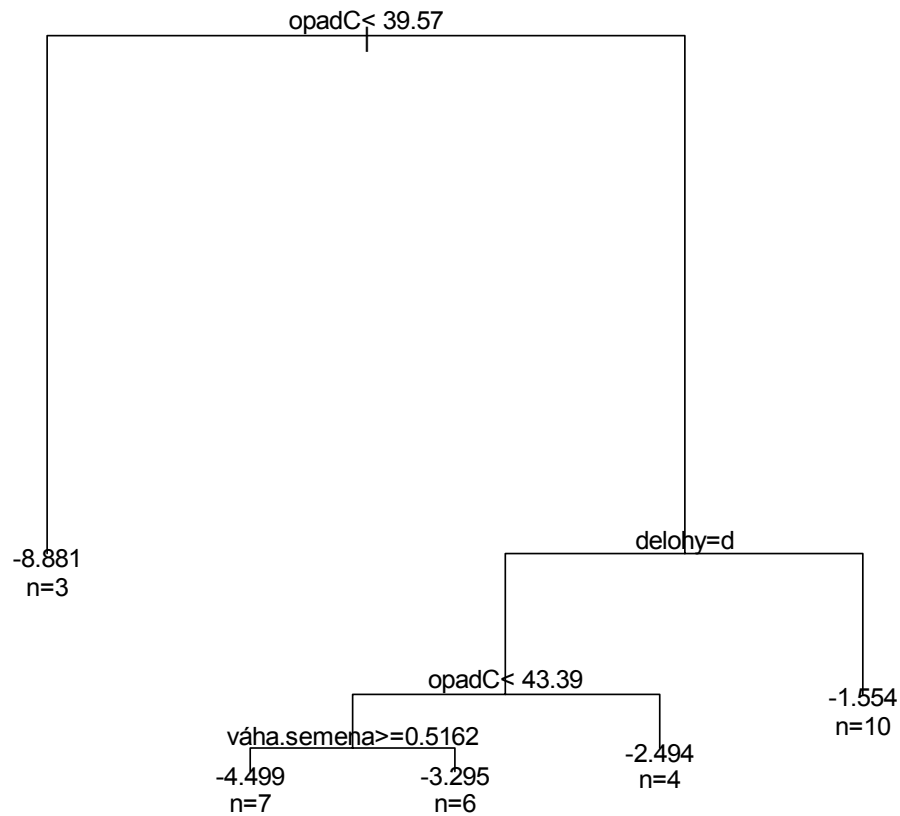
Hlavním dělicím prediktorem rychlosti rozkladu opadu se stal obsah uhlíku v listu – na základě zjištěných hodnot se budou nejlépe rozkládat rostliny s obsahem uhlíku menším než 40 %. Obsah uhlíku v opadu vysvětluje přibližně 47 % variability v souboru dat vysvětlované proměnné. Strom se dále větvil dle uvedeného pořadí následujících pravidel: počet děloh rostliny, obsah uhlíku v opadu a váha semena. Sledováním pravidel dojdeme k závěru, že nejpomaleji se budou rozkládat jednoděložné rostliny s větším než uvedeným množstvím uhlíku. Souhrn prvních dvou kompetujících a náhradních proměnných pro každý nód uvádím v tabulce Tab. 8, grafickou podobu regresního stromu zachycuje obrázek Obr.15.



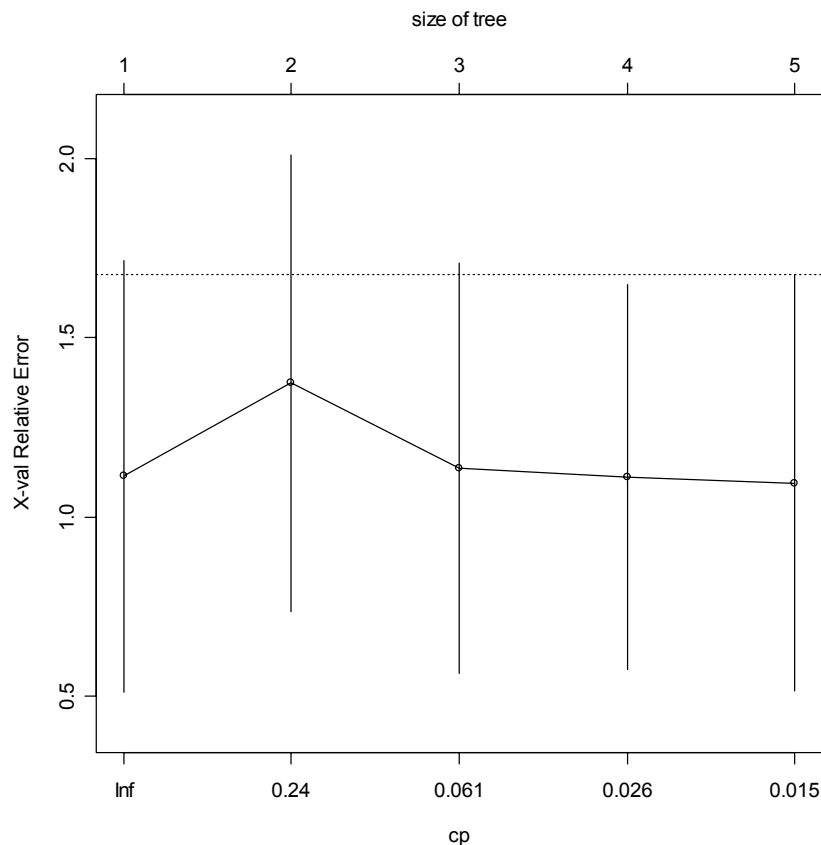
Diagram s výsledky krosvalidace (viz Obr. 16) doporučuje „prořezání“ stromu na čtyři koncové větvičky - použití dělicího pravidla váha semene mírně zvyšuje pravděpodobnost chybné předpovědi.

**Tab. 8:** Tabulka udávající pro každé nódum/dělení stromu /nód/ vždy první dvě vybrané proměnné /proměnná/ z primary splits/kompetujících pravidel a surrogate splits /náhradních pravidel /PS/SS split/. Pro každou proměnnou je uvedeno pravidlo v daném nódu /pravidlo/ a snížení hodnoty residuální sumy čtverců či míra shody s vybranou proměnnou /imp/agr/. Užití proměnné: obsah uhlíku v opadu /opadC, v %/, počet děloh /dělohy/, výška rostliny /výška, v cm/, biomasa /g/m<sup>2</sup>/, obsah sušiny v listu /LDMC, v mg/g/, obsah uhlíku v opadu /opadC, v %/, váha semena /váha semena, v mg/, obsah dusíku v opadu /opadN, v %/.

nód	PS/SS split	proměnná	pravidlo	imp/agr
1.	PS	opadC	< 39,6	0,471
		dělohy	2	0,252
	SS	-	-	-
		-	-	-
2.	PS	dělohy	2	0,575
		výška	< 20,1	0,407
	SS	biomasa	< 22,5	0,778
		LDMC	< 252,6	0,778
3.	PS	opadC	< 43,4	0,331
		váha semena	$\geq 0,5$	0,282
	SS	opadN	$\geq 0,5$	0,800
		váha semena	$\geq 0,2$	0,800
4.	PS	váha semena	$\geq 0,5$	0,464
		opadC	$\geq 41,6$	0,296
	SS	LDMC	< 219,0	0,692
		výška	< 27,4	0,615



**Obr. 15:** Regresní strom předpovídající rychlost rozkladu opadu  $/\cdot 10^3 \text{ den}^{-1}/$  na základě vlastností rostliny („traits“). Čísla na koncích „větviček“ udávají predikovanou hodnotu vysvětlované proměnné, „n“ informuje o počtu pozorování spadajících do příslušné skupiny. Znázorněné vlastnosti: obsah uhlíku v opadu /opadC, v %/, počet děloh /dělohy d/j=2/1/, váha semena /váha.semena, mg/.



**Obr. 16:** Diagram zobrazující výsledky krosvalidace. Vysvětlivky: velikost stromu – počet koncových větviček /size of tree/, parametr složitosti /cp/, chyba předpovědi /x-val Relative Error/. Tečkovaná čára vyznačuje nejmenší hodnotu krosvalidované chyby s přičtenou střední chybou odhadu.

Porovnáním společných vysvětlujících proměnných pro oba regresní stromy můžeme uzavřít, že hlavním prediktorem podmiňujícím jak míru žraní rostliny, tak rychlost rozkladu opadu je obsah uhlíku v opadu, méně spolehlivá je váha semena rostliny a na základě výsledků „primary splits“ lze uvažovat i o vlivu výšky rostliny.

#### 4.7. Odchyt herbivorního hmyzu

Níže uvedený seznam shrnuje výsledky odchytu herbivorního hmyzu na lokalitě Ohrazení. Zařazení do vyšších taxonomických kategorií jsem upravila podle publikace Sedlák (2006). Jako nejvyšší taxonomickou skupinu uvádím řád, následuje postupné řazení až k nejnižší kategorii, kterou se podařilo pro chyceného jedince identifikovat. Čísla udávají počty jedinců, jež se v dané nejnižší zjištěné jednotce vyskytují, není-li uveden

přímo druh. V případě, že jsem pozorovala, jak hmyz na určité rostlině žere, uvedla jsem tento rostlinný druh na kterém hmyz žral do závorky.

Bohužel, kvůli ohromné diverzitě hmyzu nebylo vždy možné lapeného jedince přesně určit. Do vyšších kategorií hmyz roztřídili M. Klímová a Š. Vodka, pakliže byl pro danou taxonomickou jednotku dostupný specialista, který hmyz blíže identifikoval, uvádím jeho jméno v závorce za skupinou. Odborník také zkontroloval (a případně rozšířil – pokud je místo druhu rostliny v závorce uvedena vyšší taxonomická jednotka) živné rostliny druhu.

Sestavený seznam si nečiní nároky na úplnost a měl by být nahlížen spíše jako ilustrační. Pravděpodobně byly odchyceny především na lokalitě se běžně vyskytující hojné druhy herbivorního hmyzu.

## **Řád: Coleoptera**

### Podřád: Polyphaga

Čeledě:

- *Chrysomelidae* (L. Sekerka): *Cassida rubiginosa* (*Cirsium palustre*), *Chrysolina* sp.(dvouděložné rostliny), *Chrysomela populi* (*Salicaceae*), *Lythriaria salicariae*, *Oulema gallaeciana* (pyl *Poaceae*), *Plateumaris consimilis* (*Cyperaceae*)
- *Apionidae* (R. Čtvrtečka): *Ceratapion onopordi onopordi* (*Cirsium palustre*), *Oxystoma subulatum* (*Lathyrus pratensis*-semena)
- *Curculionidae* (R. Čtvrtečka): *Larinodontes turbinatus* (*Cirsium palustre*)

## **Řád: Hemiptera**

### Podřád: Auchenorrhyncha

- *Centrotus cornutus* (*Cirsium palustre*), nezařazeno: 15 (*Lysimachia vulgaris*, 4x *Molinia caerulea*, *Ranunculus acris*-semena)
- *Cercopidae*: *Cercopis* sp.

### Podřád: Heteroptera

Čeledě:

- *Miridae*: 5 (*Anthoxanthum odoratum*, *Carex hartmanii*, *Lysimachia vulgaris*)
- *Pentatomidae*: 10 (*Betonica officinalis*, *Carex nigra*, 4x *Cirsium palustre*)

- *Reduvidae*: 3 (2x *Cirsium palustre*, *Carex hartmanii*)
- nezařazeno: 22 (*Anthoxanthum odoratum*, 2x *Carex hartmanii*-2x mošničky, *Carex panicea*, *Carex pilulifera*, 5x *Cirsium palustre*, *Deschampsia cespitosa*, 2x *Epilobium palustre*, *Galium uliginosum*, 2x *Juncus effusus*, *Molinia caerulea*, *Ranunculus acris*-semena, *Selinum carvifolia*, *Succisa pratensis*)

Podřád: Sternorrhyncha (J. Havelka)

Čeledě:

- *Aphididae*: *Aphis fabae* (*Lysimachia vulgaris*), *Aulacorthum solani* (*Lysimachia vulgaris*), *Brachycaudus cardui* (*Cirsium palustre*)

**Řád: Hymenoptera**

Podřád: Apocrita

- žlabatka (*Cirsium palustre*-semena)

Podřád: Symphyta

Čeledě:

- *Tenthredinidae*: 3 (*Molinia caerulea*, *Carex hartmanii*)

**Řád: Lepidoptera** (Z. Fric)

Čeledě:

- *Arctiidae*: *Arctia caja* (*Lysimachia vulgaris*), *Diacrisia sannio* (*Galium uliginosum*), *Parasemia plantaginis* (*Carex leporina*)
- *Geometridae*: *Eupithecia* sp. (*Betonica officinalis*, *Cirsium palustre*-květy), nezařazeno: 1 (*Galium uliginosum*)
- *Noctuidae*: *Acronicta rumicis* (*Lysimachia vulgaris*), nezařazeno: 1
- *Tortricidae*: 1 (*Cirsium palustre*)
- *Zygaenidae*: *Zygaena filipendulae* (*Betonica officinalis*)
- nezařazeno: 1 (*Lysimachia vulgaris*-vrcholový pupen)

**Řád: Thysanoptera**

- nezařazeno: 1 (*Galium uliginosum*-vrcholový pupen)

## 5. DISKUSE

### 5.1. Stanovení palatability jednotlivých druhů rostlin

Palatabilita zúčastněných druhů, tak jak je zachycena v tabulce Tab. 1, dobře koresponduje s výsledky porovnání palatability jednoděložných a dvouděložných rostlin (viz Tab. 2).

Nežranějším (100% palatabilita) druhem pokusu je *Angelica sylvestris*. Tento výsledek přičítám obsahu uhlíku a dusíku rostliny. Ze zúčastněných druhů má *Angelica sylvestris* téměř nejnižší obsah uhlíku (35,6 %) a zároveň jeden z nejvyšších obsahů dusíku (3,0 %). Rovněž obsah sušiny v listu není vysoký (187,4 mg/g). Druhou nejvyšší palatabilitu (93,2%) měla *Scorzonera humilis*, kterou lze v porovnání s ostatními druhy také charakterizovat menším obsahem uhlíku (37,8 %) a nízkým obsahem sušiny (158,3 mg/g) v listu. Obrana druhu proti herbivorům v podobě mléčení se zřejmě uplatňuje na úrovni hmyzu, u slimáků jsem snížený zájem o rostlinu jako reakci na vytékání latexu nezpozorovala. Na základě kombinace tří výše zmíněných vlastností můžeme vysvětlit i umístění druhů *Prunella vulgaris* a *Succisa pratensis*, jejichž palatabilita dosáhla 90 %. U druhu *Succisa pratensis* považuji za zajímavé, že ačkoli se jedná o druh s nejnižším obsahem dusíku (ze sledovaných druhů) a mírně nadprůměrným obsahem uhlíku, dosáhl tak vysoké míry žraní. Důvod vidím v nízkém obsahu sušiny v listu rostliny – 164,8 mg/g oproti průměru skupiny 239,1 mg/g. Obsah sušiny zřejmě hraje při výběru rostliny herbivory podstatnou úlohu, což vyplývá i z výsledků predikce hodnot palatability metodou regresních stromů (viz Obr. 13).

Mezi nejméně konzumované respektive nežrané druhy patří tři jednoděložné rostliny – *Carex leporina*, *Holcus lanatus* a *Nardus stricta*. Všechny mají nadprůměrný až (v případě *Carex leporina*) velmi vysoký (330,9 mg/g) obsah sušiny v listu. Tyto druhy vykazují nejnižší palatabilitu i přesto, že obsahují velké množství dusíku – to potvrzuje výsledky lineární regrese palatability na obsahu dusíku (viz Tab. 4, Obr. 7), jehož vliv na míru žraní rostlin se nepodařilo prokázat. Podobně ani velká specifická listová plocha druhu *Holcus lanatus* zde zřejmě nehraje roli, přestože ji někteří autoři považují za významný prediktor (např. Schädler et al. 2003; Díaz et al. 2001).

Ke druhům s nulovou palatabilitou se zařadil i druh *Cerastium holosteoides*, za hlavní příčinu považují obsah sušiny v listu, který zde dosáhl maxima (343,8 mg/g) v rámci sledované skupiny rostlin. *Cerastium holosteoides* má také nízký obsah dusíku – 1,7 %. Opět se tedy jako směrodatný ukázal obsah sušiny v listu.

Stejným způsobem vysvětlují i zařazení *Galium boreale* na spodních řádcích tabulky (Tab. 1), avšak zmíněnou kombinací vlastností se mi nepodařilo objasnit palatabilitu druhu *Epilobium palustre*. Přestože dospělé rostliny (přesněji řečeno jejich opad) dosahují maxima obsahu uhlíku (43,9 %) v rámci sledované skupiny, jedinci konzumovaní slimáky obsahovali pouze průměrné množství uhlíku. Možností může být obsah sekundárních metabolitů.

(Naměřené hodnoty obsahu uhlíku resp. dusíku v rostlinách a v opadu rostlin a hodnoty obsahu sušiny v listu uvádím v příloze Příloha IV.)

Postavení druhu *Plantago lanceolata* téměř ve středu hierarchie se shoduje s výsledky, které publikoval Grime et al. (1996), kdy na stupnici od 0 do 100 tomuto druhu přiřadil hodnotu 58. Při porovnání umístění společných druhů (zmněné *Plantago lanceolata*, dále *Anthoxanthum odoratum*, *Briza media* a *Holcus lanatus*) a s větší opatrností také rodů (*Carex*, *Deschampsia*, *Epilobium*, *Galium*) v rámci tabulky a ku druhu *Plantago lanceolata* bych shrnula, že uvedené výsledky jsou víceméně podobné, výjimkou jsou druhy *Anthoxanthum odoratum* a *Briza media*, které v pokusu Grime et al. (1996) vůbec žrány nebyly. Rozdíly je samozřejmě potřeba vidět s nadhledem vzhledem k odlišnosti podmínek. Neshoda může být způsobena různými herbivory, přestože se jedná o relativně příbuzné druhy (Molusca: Pulmonata). Za hlavní příčinu považují odlišné uspořádání experimentu. Grime et al. (1996) hlemýžďům podávali pouze definovanou část listu od každého druhu, kdežto zde bylo slimákům umožněno si ke spásání vybrat libovolnou část pěstované, přirozeně vyrůstající a bezprostředně čerstvé rostliny. Naopak nevýhodu svého pokusu spatřuji v menší přesnosti ve stanovení množství sežrané biomasy. Výsledky obou jmenovaných prací je třeba nahlížet s odstupem, jelikož experiment Pérez-Harguindeguy et al. (2003) potvrdil, že míra herbivorie zaznamenaná u stejných rostlinných druhů v terénním a skleníkovém pokusu může být odlišná vzhledem k působení více faktorů prostředí.

Velký rozdíl ve velikostech variancí dvou souborů hodnot – souboru hmotností biomas všech vzorků sledovaných druhů konzumovaných slimáky a souboru hmotností biomas kontrolního druhu *Plantago lanceolata* konzumovaného slimáky – potvrzuje, že sledované druhy se v míře žraní herbivory-slimáky skutečně liší.

## 5.2. Porovnání palatability jednoděložných a dvouděložných rostlin

Analýza dvouvýběrovým t-testem jasně prokázala rozdíly v palatabilitě jednoděložných a dvouděložných rostlin (viz Tab. 2).

Průměrně o 38 % nižší míra žraní jednoděložných rostlin slimáky ukazuje na hlavní rozdíly v tělesné stavbě. Jednoděložné rostliny zde byly zastoupeny čeleděmi *Cyperaceae*, *Juncaceae* a především *Poaceae*. Společným znakem zástupců uvedených skupin jsou úzké listy se souběžnou žilnatinou. Právě souběžné uspořádání cévních svazků s malými odstupy propůjčuje listům těchto rostlin pevnost, případně tuhost. Dutá stébla s kolénky čeledi *Poaceae* jistě nebudou vyhledávanou pochoutkou – již samotný poměr délky ku šířce stébla poukazuje na kvalitní výztuž. Charakteristickým znakem zástupců čeledi *Cyperaceae* je ukládání pevné formy kyseliny křemičité v podobě nestravitelných krystalů. Na základě uvedených skutečností lze tedy uzavřít, že se jedná o skupinu dobře vybavenou kvantitativními chemickými strukturami, které na jedné straně znesnadňují konzumaci rostlin a na straně druhé zdatelně prodlužují dobu rozkladu. Průměrný obsah sušiny v listu zde dosahuje hodnoty 298,8 mg/g oproti hodnotě 204,3 mg/g, které průměrně dosahuje soubor dvouděložných rostlin. Je ovšem třeba pamatovat na to, že horší dostupnost živin se nerovná jejich nízkému obsahu. Zatímco průměrný obsah dusíku konzumovaných dvouděložných rostlin byl stanoven na 2,0 %, množství dusíku v jednoděložných rostlinách dosáhlo 2,3 % (avšak je třeba poznamenat, že se jednalo o dvouměsíční rostliny).

V souboru dvouděložných druhů panuje mnohem větší variabilita co se tělesné stavby a obecně také sekundárních metabolitů (např. alkaloidy, glykosidy, taniny) týče. Nebudu se zde rozepisovat o zpevňovacích a obranných vymoženostech rozsáhlé a diverzifikované skupiny dvouděložných rostlin, jen zmíním, že mezi povrchovými strukturami sledovaných jedinců se nejčastěji objevovaly chlupy a ostny. Rostliny se velmi lišily svým habitem, typem listů a značně i jejich obsahem sušiny a obsahem dusíku (a jistě



mnoha dalšími ekologickými charakteristikami). Jednalo se o několik funkčních skupin rostlin. Tímto zdůvodňuji velký rozptyl hodnot v palatabilitě pokusných druhů.

Zároveň je třeba si uvědomit, že vylišení palatability na základě taxonomického oddělení skupin nepromítá výsledek adaptace druhů na podmínky vnějšího prostředí, nýbrž společnou fylogenezi druhů.

### **5.3. Ověření vztahu palatability a rychlosti rozkladu detritu**

Hypotézu, že palatabilita druhů je pozitivně korelovaná s rychlostí rozkladu detritu se podařilo prokázat především v časnějších fázích rozkladu opadu (viz Tab. 3), směrem s narůstající dobou rozkladu opadu tato závislost slábne. Rané fáze dekompozice jsou zároveň ty ve kterých dochází k rozkladu měkkých, více nezpevněných pletiv a jiných dobře rozložitelných částí rostliny. Takovéto partie si zároveň vybírají slimáci při své pastvě, silně vyztužené oporné a obranné struktury zůstávají. Proto zkoumanou palatabilitu nejlépe vysvětluje výsledek nejčasnějšího sběru – obě proměnné se vztahují ke stejnému typu pletiv. Během pokročilejších fází dekompozice pak dochází k rozkladu struktur, které již slimáci nekonzumovali a tudíž svým zásahem vzájemně nerozlišili.

Tato úvaha odpovídá i průkazným výsledkům, které při testování vztahu palatability a rychlosti rozkladu opadu získali Grime et al. (1996) a Schädler et al. (2003), kdy doba trvání rozkladu opadu v jejich experimentech nepřekročila 8 a 20 týdnů.

Tuto změnu závislosti proměnných v čase se podařilo nalézt díky samostatnému vnesení výsledků jednotlivých sběrů v čemž spatřuji výhodu oproti shrnutí získaných údajů do podoby jednočíselné (ale jistě praktické) charakteristické rychlosti rozkladu opadu.

Na grafickém znázornění (viz Obr.3, Obr. 4) vidíme, že hledaná závislost mezi palatabilitou a rozkladem detritu se zřetelně projevila u špatně rozložitelných druhů, které jsou současně i málo žrané, ovšem u druhů lépe se rozkládajících je patrný rozptyl hodnot vysvětlované proměnné – lépe se rozkládající druhy jsou více i méně žrané. Bohužel, druhů v této oblasti je méně a tak nelze posoudit, zda zachycená variabilita nevznikla zařazením druhů s krajními hodnotami palatability. Nejednotnou skupinu tvoří hlavně dvouděložné rostliny, které jsou oproti jednoděložným rostlinám více rozrůzněné ve svých

strukturách a architektuře i v obsahu případných sekundárních metabolitů (viz kapitola 5.2.). Dle práce Cornelissen & Thompson (1997) mají na obecně lepším rozkladu opadu dvouděložných rostlin podíl i bazické kationty (Ca, Mg, K), kterých tato skupina obsahuje díky vyšší kationtové výměnné kapacitě kořenů znatelně více. Tyto kationty snižují kyselost opadu a tak jej zpřístupňují rozkladačům. Obsah kationtů se projevuje i v rámci dílčích skupin.

#### **5.4. Ověření vztahu palatability a obsahu uhlíku a dusíku v rostlinách a v opadu rostlin**

Herbivoři svým spásáním ovlivňují cyklus uhlíku a dusíku (Cornelissen et al. 2004) skrze sklizenou biomasu a odpadní produkty, které vracejí zpět do koloběhu. Poměr jmenovaných prvků mohou změnit i indukcí tvorby sekundárních metabolitů (Schädler et al. 2003).

Obsah uhlíku v rostlinách odráží obsah strukturních sacharidů (Chapman et al. 2003) a je tedy vhodným prediktorem palatability rostlin – u rostlin s vyšším obsahem tohoto prvku je předpokládána nižší míra žraní herbivory. Toto tvrzení se zde podařilo prokázat především pro obsah uhlíku v opadu, vliv obsahu uhlíku v rostlinách se pohybuje těsně za hranicí průkaznosti (viz Tab. 4). To může být způsobeno odlišným stářím rostlin použitých pro stanovení palatability a pro stanovení rychlosti rozkladu. Rostliny ze kterých jsem získala opad byly starší a měly pravděpodobně lépe vyvinuté své podpurné a obranné struktury, čímž mohlo dojít k většímu prohloubení rozdílů v obsahu uhlíku mezi sledovanými druhy a zvýšení síly testu.

Naopak množství obsaženého dusíku je zpravidla chápáno jako přímá úměra palatability rostliny (Schädler et al. 2003). Obsah dusíku je pozitivně korelovaný s růstovou rychlostí rostliny a specifickou listovou plochou (Cornelissen et al. 1997). Mezi těmito charakteristikami a palatabilitou pak existuje kompromis – trade off. Jedinci investující do vysoké růstové rychlosti nemohou mít zároveň silně vyztužená a chráněná pletiva. Uvedenou teorii podporují např. výsledky práce Belovsky & Slade (2000). V mé práci se vztah mezi palatabilitou a obsahem dusíku ať v rostlinách či jejich opadu prokázat nepodařilo. Ke stejnému výsledku došli i Cornelissen et al. (2004), kteří hledali vhodné biochemické prediktory rychlosti trávení rostlin v bachoru krav. Zatímco samotný obsah

dusíku neměl valnou vysvětlující hodnotu, v poměru s obsahem ligninu či fenolických sloučenin jeho výpovědní hodnota výrazně vzrostla. Podobně i Wardle et al. (2002) na základě pozorování spásání velkými obratlovci uzavírají, že k výběru potravy dochází na základě množství uhlíku a nikoli obsahu živin (N, P). Špatné predikční schopnosti dusíku z opadu rostlin mohl zapříčinit také fakt, že různé rostliny v odlišné míře vstřebávají živiny před opadem zpět do přezimujících orgánů (Cornelissen et al. 2004).

### **5.5. Ověření vztahu palatability a rychlosti rozkladu detritu a vztahu palatability a obsahu uhlíku a dusíku v rostlinách a v opadu rostlin za použití fylogenetické korekce (PIC)**

Všechny druhy koexistující ve společenstvu kdysi sdílely společného předka. Jejich nynější rozdíly jsou výsledkem větší či menší míry modifikace tohoto předka (Webb et al. 2002). Pokud mají jednotlivé druhy podobné kombinace vlastností, pak je příčinou společná fylogeneze a působení podobných sil přírodní selekce (Westoby 1999). Odstraněním rozdílů vysvětlitelných společnou vývojovou minulostí druhů získáme ty rozdíly, které vznikly evoluční diferenciací druhů v různých prostředích (Šmilauer, úst. sděl.). Průkazný výsledek lineární regrese palatability na rychlosti rozkladu opadu po provedení fylogenetické korekce proměnných (viz Tab. 5) tedy znamená, že dobrý rozklad opadu určité rostliny je spolehlivým prediktorem žraní této rostliny, nezávislým na její příslušnosti k určité vývojové skupině. Naopak neprůkaznost výsledků lineární regrese PIC palatability na PIC obsahu uhlíku v rostlinách a opadu rostlin (viz Tab. 6) poukazuje, že vztah větší míry žraní rostlin s menším obsahem uhlíku je příliš závislý na taxonomické příslušnosti, což jej činí těžce zobecnitelným pro jiný soubor rostlin.

Ani analýza za použití fylogenetické korekce neprokázala vazbu mezi palatabilitou a obsahem dusíku (viz Tab. 6), což potvrzuje skutečnost, že větší míra žraní není přímým důsledkem zvýšeného množství dusíku v rostlině. K podobným výsledkům došel i Cornelissen et al. (2004), kdežto v pokusu, který provedli Schädler et al. (2003) zůstala nalezená pozitivní závislost mezi palatabilitou a obsahem dusíku průkazná i po započítání vlivu fylogeneze. Dle Ackerly (2000) je výsledek testu s PIC velmi závislý na zohlednění informace o délce větví, avšak v experimentu Schädler et al. (2003) použili fylogenetický strom bez zadání údajů o délkách větví tohoto fylogenetického stromu.

## 5.6. Predikce hodnot palatability a rozkladu detritu na základě vlastností rostlin („traits“) metodou regresních stromů

Jako hlavní dělicí proměnné v regresním stromu předpovídajícím palatabilitu rostlin byly vybrány: obsah sušiny v listu, obsah uhlíku v opadu a váha semena. Skutečnost, že rostliny s větším množstvím sušiny – a tedy i různých zpevňujících a obranných struktur a menším množstvím vody v listu budou méně vyhledávány herbivory – slimáky je vcelku pochopitelná. Zajímavější je, že dle předpovědi by měly být ještě méně žrány rostliny s větším množstvím sušiny, ale menším množstvím uhlíku. Tento fakt si vysvětlují tím, že tyto druhy obsahují oproti většímu obsahu uhlíku ještě hůře stravitelnější prvky či sloučeniny - například křemík. Domněnku potvrzuje to, že do této skupiny spadá *Carex leporina*, *Deschampsia cespitosa* a jiné. Naopak mezi druhy s největší palatabilitou by měly spadat rostliny s menším množstvím sušiny a větší vahou semena. Váhu semena jsem do analýzy zařadila, jelikož větší a těžší semena patří mezi charakteristiky připisované C-stratégům. Druhy, které soustředí své zdroje do boje proti kompetitivnímu vyloučení již nemohou investovat do fyzických či chemických obranných struktur (Grime 2001). Avšak protipólem této teorie jsou druhy produkující velké masy malých semínek – jedná se o R-stratégy. Snahou ruderalů je co nejvíce urychlit svůj životní cyklus a tak stěží mohou vystavět mohutný systém obran. U těchto druhů se předpokládá vysoká palatabilita a velká rychlost rozkladu nevyztužených tkání (Grime 2001). Jak se zdá, váha semene může být dvojakou charakteristikou a záleží na studovaném souboru druhů. Zde do skupiny rostlin s těžkými semeny spadají např.: *Angelica sylvestris*, *Cirsium palustre*, *Betonica officinalis* – tedy druhy, které přestože mají pevné vyztužené lodyhy, mají zároveň i větší listy s menším obsahem sušiny. Některé spojitosti mezi vlastnostmi lze s pomocí náhradních proměnných („surrogate splits“) vypořádat i v tabulce Tab. 8.

Výsledný regresní strom predikující hodnoty rychlosti rozkladu detritu řadí na základě pravidla prvního nódu mezi nejlépe se rozkládající druhy ty s obsahem uhlíku v opadu menším než 39,6 % (zde se jedná o *Myosotis nemorosa*, *Ranunculus nemorosus* a *Viola palustris*). Naopak do skupiny s nejodolnějším opadem patří jednoděložné rostliny s vyšším než udaným množstvím uhlíku v opadu. Vzhledem k výše jmenovaným

charakteristikám zastoupených druhů této skupiny (viz kapitola 5.2.) to považují za odůvodnitelné.

Z porovnání výsledků regresních stromů vyplynuly tři společné prediktory palatability a rozkladu opadu rostlin. Jedná se o obsah uhlíku v opadu rostliny, váhu semena a výšku rostliny. V literatuře zabývající se spásáním rostlin a rychlostí rozkladu detritu jsem našla následující práce diskutující společné vysvětlující proměnné jmenovaných charakteristik. Díaz et al. (2001) považují za nejlepší prediktor míry spásání rostliny (dobytkem) její výšku a obsah sušiny v listu. Avšak v citované práci byla velká výška rostliny spojena s větší preferencí spásáčů. To je pravděpodobně způsobeno skutečností, že malá výška rostliny znemožňuje velkým obratlovcům uškubnutí. V mé práci je výška rostliny především odrazem množství oporných struktur obsažených v těle rostliny a proto jsou nižší rostliny spásáči-slimáky preferovány. K podobným výsledkům vztahu výšky a spásání rostlin dobyt看 jako Díaz et al. (2001) došli také de Bello et al. (2005), kteří navíc varují před zobecňováním získaných výsledků pro různé typy podmínek lišící se svým vegetačním typem, produktivitou a režimem spásání. Wardle et al. (2002), kteří sledovali pastvu vysoké zvěře a koz v podrostu lesa, zjistili korelaci mezi pastvou a obsahem uhlíku v rostlině – což potvrzuje výsledky zde provedené analýzy. Naopak k rozdílným závěrům došli Schädler et al. (2003), jež našli průkazný vztah mezi obsahem dusíku v opadu, specifickou listovou plochou a množstvím vody v listu jak u palatability, tak u rychlosti rozkladu opadu. Ačkoliv jsem obsah dusíku v opadu a specifickou listovou plochu do analýzy rovněž zařadila, žádnou ze zmíněných proměnných se mi prokázat nepodařilo. U proměnné specifická listová plocha mohla výsledek ovlivnit neúplnost dat - chybějící hodnoty této proměnné u některých sledovaných druhů. Diskuze ke vztahu palatability a obsahu dusíku v opadu rostliny viz kapitola 5.4.

Přestože analýza metodou regresního stromu poskytla zajímavé možnosti hodnocení vlastností druhů, je třeba být s interpretací těchto výsledků obezřetní. Příkladem může být výsledek uvedený v kapitole 5.5., kdy po přehodnocení původně průkazného vlivu obsahu uhlíku v opadu na palatabilitu rostliny po zohlednění fylogeneze původně průkazný vztah vyprchal (viz Tab. 4 a Tab. 6). Podobně by to mohlo dopadnout i s jinými proměnnými vztaženými k obsahu prvků, zvláště pak s proměnnou počet děloh, která je na

samotném základě rozdělení dvou vývojových linií definována. I zde by bylo řešením odstranění rozdílů mezi druhy způsobenými jejich vývojovou minulostí spočtením PIC všech zúčastněných proměnných, ze kterých by se poté vytvořil již „fylogeneticky korigovaný“ regresní strom (Šmilauer, úst. sděl.). Rozlišení adaptivních a fylogeneticky konzervativních vlastností rostlin bych se ráda věnovala ve své další práci.

Dalším podnětem k opatrnosti při zobecňování výsledků je relativně malý soubor analyzovaných druhů. Také dělicí hodnoty vysvětlujících proměnných v jednotlivých nódech stromu (tj. kritérium pro zařazení druhu) jsou vypočteny na základě tohoto omezeného souboru, proto shledávám užitečnějším soustředit se spíše na celkový trend ve vztahu vysvětlovaná-vysvětlující proměnná než na konkrétní čísla. Za užitečné považuji využít získané výsledky především jako inspiraci k rozsáhlejšímu ohodnocení.

## 5.7. Odchyt herbivorního hmyzu

Při pohledu do seznamu zaznamenaných živných rostlin hmyzu narazíme na velký rozdíl. Hmyz oproti slimákům či obecně plžům (preferance slimáků odhaduji na základě stanovené palatability) více využívá jednoděložné rostliny (toto zjištění potvrzuje i Grime 1996), zde se často jedná o zástupce čeledi *Cyperaceae* a *Poaceae*. Významně je také konzumovaná dominanta lokality – *Molinia caerulea*, což může být způsobeno právě její dostupností. Vyhledávání živné rostliny stojí spásáče energii a proto je výhodné živit se na hojném druhu (Begon et al. 1997). Avšak nejvíce odchycených druhů a troufám si říct, že i taxonomických skupin, se živilo na *Cirsium palustre*. Tento druh byl značně spásán i slimáky v akvariálním pokusu (ovšem jednalo se o mladší jedince), rovněž na lokalitě jsem nepozorovala (s výjimkou vzrostlých, dobře vyvinutých jedinců) menší zájem plžů o tuto rostlinu z důvodu opatření ostny. Tedy hrozivá obrana pravděpodobně plní svůj účel až v přítomnosti velkých herbivorů. Dalšími preferovanými rostlinami (dle uvedeného pořadí) byly: *Lysimachia vulgaris*, *Galium uliginosum* a *Betonica officinalis*. U *Lysimachia vulgaris* jsem narazila na častou deformaci vrcholového pupenu způsobenou zástupcem řádu Lepidoptera (housenka vyžírala vrcholovou část stonku s pupenem), bohužel, „viníka“ se nepodařilo blíže určit. Toto poškození dokonce v jedné sezóně dosáhlo takových rozměrů, že většině rostlin buď kvetení zkomplikovalo (změnou architektury) či úplně znemožnilo. V menší míře je také napadán a deformován vrcholový pupen druhu

*Galium uliginosum*. U rodu *Ranunculus* často dochází ke spásání přízemních listů – avšak jedná se především o spásání slimáky. Ale i to vyvolává otázku, na jaké úrovni (živočichů) funguje známá chemická obrana alkaloidy.

S drobnější velikostí hmyzu vzrostl počet stanovišť, které na rostlině rozlišuje. Hmyz, narozdíl od plžů, již nespásá rostlinu pouze okusováním, nýbrž zde existuje obrovská pestrost všemožného využití. Podle typu poškození jsou rozlišovány čtyři hlavní typy spásání rostliny hmyzem: externí spásání olistění (okus), minování, tvorba hálek a sání šťávy (Wilf et al. 2001). Sající hmyz tvořil převážnou část úlovků na lokalitě. Mimo toto členění jsem ve větší míře pozorovala konzumaci semen a to jak formou sání, tak vyžírání. K sání, především zástupci ploštic (podřád Heteroptera), docházelo často na semenech ostřic uzavřených v mošničkách. Vyžírání jsem ve větší míře zaznamenala např. na semenech druhů *Cirsium palustre* a *Lathyrus pratensis*. Oba druhy byly žraním značně ovlivněny, jelikož pouze malé procento semen zůstalo netknutých. Na semenech druhu *Lathyrus pratensis* se živí larva nosatce *Oxystoma subulatum*. Během sběru semen (určených na výsevy do akvárií) jsem si pro zajímavost zapisovala počty sesbíraných lusků a počty lusků, ze kterých jsem získala alespoň jedno použitelné semeno: výsledný poměr byl 81/20. (Navíc se část semen v lusku ani nevyvine – při vývoji zakrní.) Z tohoto pohledu je výhodnější strategie tvorby rozvolněného květenství s následně odděleným umístěním semen (např. okolíky *Apiaceae*), ačkoliv ta naopak znevýhodňuje rostlinu z hlediska opylovačů (Lepš, úst. sděl.).

Rozdílné způsoby využití rostliny se jistě odrazí ve větší škále rostlinných charakteristik a míře do jaké mohou tyto charakteristiky ovlivnit či zabránit negativnímu dopadu spásání. Tedy různé rostlinné vlastnosti se mohou lišit svým významem coby prediktory palatability v závislosti na druhu hmyzu (či skupině) a především na způsobu využití dané rostliny tímto hmyzem. Možnost využití hostitelské rostliny koresponduje s morfologickým uzpůsobením hmyzu (Karban & Agrawal 2002), např. tuhé listy se dají úspěšně zpracovávat stříháním, ale tkáň měkkých ochablejších listů je lepší odtrhávat (Hochuli 2001), ukládání křemíku do listů může zabránit okusu, ale neovlivní vysávání semen.

Na základě uvedených skutečností bych uzavřela, že oproti testovaným slimákům hmyz ke spásání více využívá jednoděložné rostliny a volí své stanoviště jak mezi druhy,

tak zároveň i v rámci daného rostlinného jedince, což se rozdílně odráží v závažnosti poškození.



## 6. ZÁVĚR

1. Ve své práci jsem stanovila palatabilitu 21 lučních druhů lokality Ohrazení, což umožnilo sledované druhy vzájemně porovnat a analyzovat vztah proměnné palatabilita k ostatním vysvětlujícím proměnným - vlastnostem rostlin („species traits“).
2. Srovnáním palatability jednoděložných a dvouděložných rostlin jsem dospěla k závěru, že jednoděložné rostliny mají menší palatabilitu než dvouděložné rostliny.
3. Analýza vztahu palatability a rychlosti rozkladu opadu ukázala, že druhy s dobře rozložitelným opadem mají zároveň vyšší míru žraní herbivory, přičemž tento vztah je průkazný především pro rané fáze rozkladu opadu a s rostoucí dobou rozkladu opadu slábne.
4. Vztah mezi palatabilitou a obsahem uhlíku v rostlinách a v opadu rostlin se podařilo prokázat především u obsahu uhlíku v opadu. Vazba mezi palatabilitou a obsahem uhlíku v rostlinách se pohybuje na hranici průkaznosti. Vztah mezi palatabilitou a obsahem dusíku v rostlinách i v opadu rostlin se prokázat nepodařilo.
5. Analýza zohledňující fylogenetické vztahy sledovaných druhů potvrdila závislost mezi palatabilitou a rychlostí rozkladu opadu, avšak původně (před fylogenetickou korekcí) průkazný vztah mezi palatabilitou a obsahem uhlíku v rostlinách a v opadu rostlin se již prokázat nepodařilo. Výsledek analýzy vztahu palatability a obsahu dusíku v rostlinách a v opadu rostlin zůstal neprůkazný.
6. Jako nejlepší vysvětlující proměnná byl na základě predikce pomocí vlastností rostlin („traits“) metodou regresních stromů vybrán obsah sušiny v listu rostliny, s pravděpodobností větší chyby predikce lze jako vysvětlující proměnné užít také obsah uhlíku v opadu a váhu semena. Hlavními dělicími proměnnými v regresním stromu předpovídajícím rychlost rozkladu opadu se staly obsah uhlíku v opadu, počet děloh a váha semena. Společnými prediktory palatability a rychlosti rozkladu opadu jsou obsah uhlíku v opadu, váha semena a výška rostliny.

7. Na základě odchytu herbivorního hmyzu vyskytujícího se na jednotlivých družích rostoucích na sledované lokalitě jsem došla k závěru, že narozdíl od slimáků, hmyz ke spásání více využívá jednoděložné rostliny a volí své stanoviště jak mezi jednotlivými druhy, tak zároveň i v rámci daného rostlinného jedince, což se rozdílně odráží v závažnosti poškození.

## 7. LITERATURA

- **Ackerly D. D.** (2000): Taxon sampling, correlated evolution, and independent contrasts. – *Evolution* 54: 1480-1492.
- **Begon M., Harper J. L., Townsend C. R.** (1997): *Ekologie: jedinci, populace a společenstva*. - Vydavatelství Univerzity Palackého, Olomouc.
- **Belovsky G. E., Slade J. B.** (2000): Insect herbivory accelerates nutrient cycling and increases plant production. – *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 97: 14 412-14 417.
- **BioFlor** (2007): Dept. Community Ecology, UFZ - Centre for Environmental Research Leipzig-Halle, Theodor-Lieser-Str. 4, 06120 Halle, <http://www.ufz.de/bioflor/index.jsp> (ke dni 12. 2. 2007).
- **Breen J. P.** (1994): *Acremonium* endophyte interactions with enhanced plant resistance to insects. - *Annual Reviews of Entomology* 39: 401-423.
- **Bremer B., Bremer K., Heidari N., Erixon P., Olmstead R. G., Anderberg A. A., Källersjö M., Barkhordarian E.** (2002): Phylogenetics of asterids based on 3 coding and 3 non-coding chloroplast DNA markers and the utility of non-coding DNA at higher taxonomic levels. – *Molecular Phylogenetics and Evolution* 24: 274-301.
- **Bryant J. P., Provenza F. D., Pastor J., Reichardt P. B., Clausen T. P., Toit J. T.** (1991): Interactions between woody plants and browsing mammals mediated by secondary metabolites. – *Annual Reviews of Ecology and Systematics* 22: 431-436.
- **Buschmann H., Keller M., Porret N., Dietz H., Edwards P. J.** (2005): The effect of slug grazing on vegetation development and plant species diversity in an experimental grassland. – *Functional Ecology* 19: 291-298.
- **Cingolani A. M., Posse G., Collantes M. B.** (2005): Plant functional traits, herbivore selectivity and response to sheep grazing in Patagonian steppe grasslands. – *Journal of Applied Ecology* 42: 50-59.
- **Cornelissen J. H. C.** (1996): An experimental comparison of leaf decomposition rates in a wide range of temperate plant species and types. – *Journal of Ecology* 84: 573-582.

- **Cornelissen J. H. C., Lavorel S., Garnier E., Díaz 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.
- **Cornelissen J. H. C., Quested H. M., Gwynn-Jones D., Van Logtestijn R. S. P., De Beus M. A. H., Kondratchuk A., Callaghan T. V., Aerts R.** (2004): Leaf digestibility and litter decomposability are related in a wide range of subarctic plant species and types. – *Functional Ecology* 18: 779-786.
- **Cornelissen J. H. C., Thompson K.** (1997): Functional leaf attributes predict litter decomposition rate in herbaceous plants. – *New Phytologist* 135: 109-114.
- **Cornelissen J. H. C., Werger M. J. A., Castro-Díez P., van Rheenen J. W. A., Rowland A. P.** (1997): Foliar nutrients in relation to growth, allocation and leaf traits in seedlings of a wide range of woody plant species and types. – *Oecologia* 111: 460-469.
- **de Bello F., Lepš J., Sebastia M.-T.** (2005): Predictive value of plant traits to grazing along a climatic gradient in the Mediterranean. – *Journal of Applied Ecology* 42: 824-833.
- **Díaz S., Noy-Meir I., Cabido M.** (2001): Can grazing response of herbaceous plants be predicted from simple vegetative traits? – *Journal of Applied Ecology* 38: 497-508.
- **Dvořák L., Horsák M.** (2003): Současné poznatky o plzáku *Arion lusitanicus* (*Mollusca: Pulmonata*) v České republice. – *Časopis Slezského Muzea Opava (A)* 52: 67-71.
- **Edwards G. R., Crawley M. J.** (1999): Herbivores, seed banks and seedling recruitment in mesic grassland. – *Journal of Ecology* 87: 423-435.
- **Elger A., Barrat-Segretain M. H.** (2004): Plant palatability can be inferred from a single-date feeding trial. – *Functional Ecology* 18: 483-488.
- **Fenner M., Hanley M. E., Lawrence R.** (1999): Comparison of seedling and adult palatability in annual and perennial plants. – *Functional Ecology* 13: 546-551.
- **Garnier E., Lavorel S., Ansquer P., Castro H., Cruz P., Doležal J., Eriksson O., Fortunel C., Freitas H., Golodets C., Grigulis K., Jouany C., Kazakou E.,**

- Kigel J., Kleyer M., Lehsten V., Lepš J., Meier T., Pakeman R., Papadimitriou M., Papanastasis V. P., Quested H., Quétier F., Robson M., Roumet C., Rusch G., Skarpe Ch., Sternberg M., Theau J.-P., Thébault A., Vile D., Zarovali M. P.** (2007): Assessing the effects of land-use change on plant traits, communities and ecosystem functioning in grasslands: A standardized methodology and lessons from an application to 11 european sites. – *Annals of Botany* 99: 967-985.
- **Grime J. P.** (1979): *Plant strategies and vegetation processes*. - John Wiley & Sons, Chichester.
  - **Grime J. P.** (2001): *Plant strategies, vegetation processes and ecosystem properties*. - John Wiley & Sons, Chichester.
  - **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.
  - **Grubb P. J.** (1977): The maintenance of species–richness in plant communities: the importance of the regeneration niche. – *Biological Reviews* 52: 107-145.
  - **Herms D. A., Mattson W. J.** (1992): The dilemma of plants: To growth or defend. - *Quart. Rev. Biol.* 67: 283 - 335.
  - **Hochuli D. F.** (2001): Insect herbivory and ontogeny: How do growth and development influence feeding behaviour, morphology and host use? – *Austral Ecology* 26: 563-570.
  - **Hulme P. E.** (1996): Herbivory, plant regeneration, and species coexistence. – *Journal of Ecology* 84: 609-615.
  - **Huntly N.** (1991): Herbivores and the dynamics of communities and ecosystems. – *Annual Reviews of Ecology and Systematics* 22: 477-503.
  - **Chapman S. K., Hart S. C., Cobb N. S., Whitham T. G., Koch G. W.** (2003): Insect herbivory increases litter quality and decomposition: an extension of the acceleration hypotheses. – *Ecology* 84: 2867-2876.
  - **Janssen T., Bremer K.** (2004): The age of major monocot groups inferred from 800+ *rbcL* sequences. – *Botanical Journal of the Linnean Society* 146: 385-398.
  - **Karban R., Agrawal A. A.** (2002): Herbivore offense. – *Annual Reviews of Ecology and Systematics* 33: 641-664.

- **Kellog E. A.** (2001): Evolutionary history of the grasses. – *Plant Physiology* 125: 1198-1205.
- **Kotorová I., Lepš J.** (1999): Comparative ecology of seedling recruitment in an oligotrophic wet meadow. - *Journal of Vegetation Science* 10: 175-186.
- **Kubát K., Hrouda L., Chrtek J. jun., Kaplan Z., Kirschner J., Štěpánek J.** (eds) (2002): Klíč ke květeně České republiky. - Academia, Praha.
- **Lepš J.** (1999): Nutrient status, disturbance and competition: an experimental test of relationships in a wet meadow. - *Journal of Vegetation Science* 10: 219-230.
- **McClure M. S.** (1983): Competition between herbivores and increased resource heterogeneity. In: *Variable plants and herbivores in natural and managed systems*, Denno R. F., McClure M. S. (eds), Academic Press, London: 125-153.
- **Miller T. E., Burns J. H., Munguia P., Walters E. L., Kneitel J. M., Richards P. M., Mouquet N., Buckley H. L.** (2005): A critical review of twenty years' use of the resource-ratio theory. – *The American Naturalist* 165: 439-448.
- **Olofsson J., Oksanen L.** (2002): Role of litter decomposition for the increased primary production in areas heavily grazed by reindeer: a litterbag experiment. – *Oikos* 96: 507-515.
- **Omacini M., Chaneton E. J., Ghersa C. M., Müller Ch. B.** (2001): Symbiotic fungal endophytes control insect host-parasite interaction webs. – *Nature* 409: 78-81.
- **Palmer M. V.** (1994): Variation in species richness – towards a unification of hypothesis. – *Folia Geobotanica & Phytotaxonomica* 29: 511-530.
- **Pastor J., Dewey B., Naiman R. J., McInnes P. F., Cohen Y.** (1993): Moose browsing and soil fertility in the boreal forests of Isle Royale National Park. – *Ecology* 74: 467-480.
- **Pérez-Harguindeguy N., Díaz S., Vendramini F., Cornelissen J. H. C., Gurvich D. E., Cabido M.** (2003): Leaf traits and herbivore selection in the field and in cafeteria experiments. – *Austral Ecology* 28: 642-650.
- **Price P. W., Bouton C. E., Gross P., McPherson B. A., Thompson J. N., Weis A. E.** (1980): Interactions among three trophic levels: influence of plants on interactions between insect herbivores and natural enemies. – *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 11: 41-65.

- **Prittinen K., Pusenius J., Koivunoro K., Roininen H.** (2003): Genotypic variation in growth and resistance to insect herbivory in silver birch (*Betula pendula*) seedlings. – *Oecologia* 137: 572-577.
- **Purrington C. B.** (2000): Cost of resistance. – *Current Opinion in Plant Biology* 3: 305-308.
- **Rhoades D. F.** (1983): Herbivore population dynamics and plant chemistry. In: *Variable plants and herbivores in natural and managed systems*, Denno R. F., McClure M. S. (eds), Academic Press, London: 155-204.
- **Ritchie M. E., Tilman D., Knops J. M. H.** (1998): Herbivore effects on plant and nitrogen dynamics in oak savanna. – *Ecology* 79: 165-172.
- **Sedlák E.** (2006): *Zoologie bezobratlých*. – Masarykova Univerzita, Brno.
- **Schädler M., Jung G., Auge H., Brandl R.** (2003): Palatability, decomposition and insect herbivory: patterns in a successional old-field plant community. – *Oikos* 103: 121-132.
- **Schädler M., Jung G., Brandl R., Auge H.** (2004): Secondary succession is influenced by belowground insect herbivory on a productive site. – *Oecologia* 138: 242-252.
- **Stevens P. F.** (2001 onwards): Angiosperm Phylogeny Website, version 7.0, May 2006. <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>.
- **Strauss S. Y., Agrawal A. A.** (1999): The ecology and evolution of plant tolerance to herbivory. – *Trends in Ecology and Evolution* 14: 179-185.
- **Strauss S. Y., Rudgers J. A., Lau J. A., Irwin R.E.** (2002): Direct and ecological costs of resistance to herbivory. – *Trends Ecol. Evol.* 17: 278-285.
- **Šmilauer P.** (2007): *Moderní regresní metody*. – Biologická fakulta, Jihočeská univerzita, České Budějovice.
- **Wardle D. A., Bonner K. I., Barker G. M.** (2002): Linkages between plant litter decomposition, litter quality, and vegetation responses to herbivores. – *Functional Ecology* 16: 585-595.
- **Webb C. O., Ackerly D. D., McPeck M. A., Donoghue M. J.** (2002): Phylogenies and community ecology. – *Annual Reviews of Ecology and Systematics* 33: 475-505.

- **Westoby M.** (1999): Generalization in functional plant ecology: the species-sampling problem, plant ecology strategy schemes, and phylogeny. In: Handbook of functional plant ecology, Pugnaire F. I., Valladares F. (eds), M. Dekker, New York: 847-872.
- **Whitham T. G.** (1983): Host manipulation of parasites: within-plant variation as a defense against rapidly evolving pests. In: Variable plants and herbivores in natural and managed systems, Denno R. F., McClure M. S. (eds), Academic Press, London: 15-41.
- **Wilf P., Labandeira C. C., Johnson K. R., Coley P. D., Cutter A. D.** (2001): Insect herbivory, plant defense, and early Cenozoic climate change. – Proceedings of the National Academy of Sciences USA 98: 6221-6226.



## PŘÍLOHY

### **Příloha I**

Letecký snímek lokality Ohrazení (48°57'11.35" severní šířky, 14°35'33.99" východní délky ), zdroj: <http://amapy.atlas.cz>.



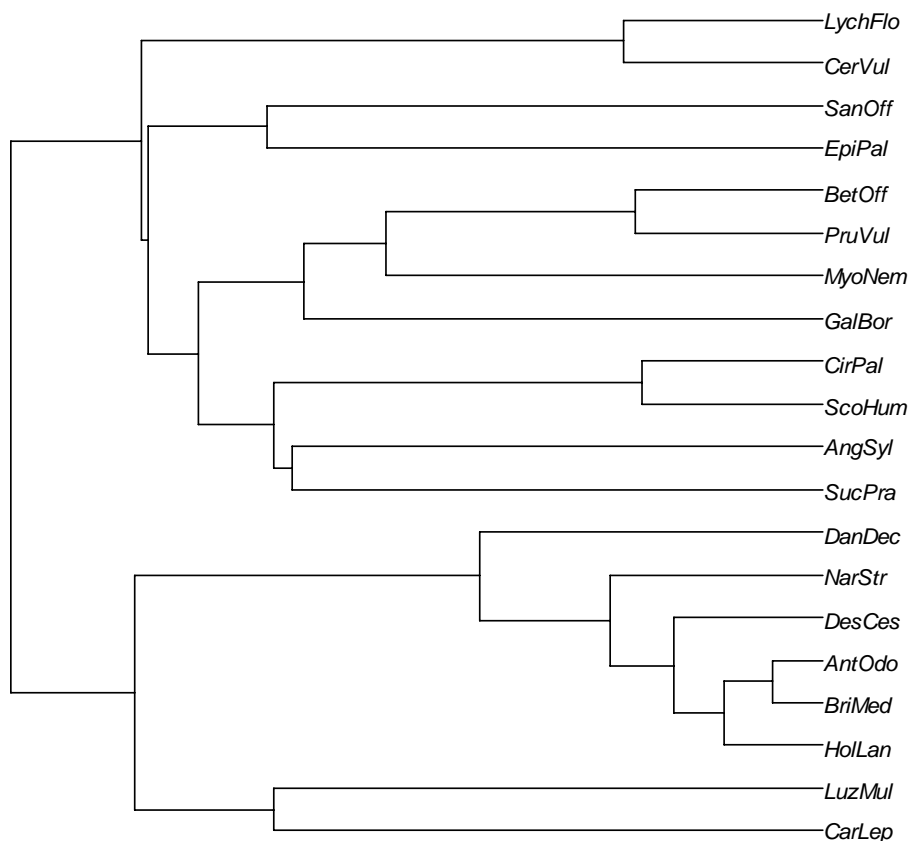
## Příloha II

Tabulka výsledků testů klíčivosti. Pro daný druh /druh/ je vždy zobrazen počet dní od začátku pokusu, při kterém začala semena tohoto druhu klíčit /den/ a skladovací teplota, při které semena klíčila nejlépe /teplota, ve °C/, symbol „x“ vyjadřuje, že semena nevyklíčila.

druh	den /počet dní/	teplota /°C/
<i>Agrostis capillaris</i>	x	x
<i>Angelica sylvestris</i>	18	4
<i>Anthoxanthum odoratum.</i>	7	4; -14
<i>Betonica officinalis</i>	10	-14
<i>Briza media</i>	11	20; 4
<i>Carex echinata</i>	45	-14
<i>Carex hartmanii</i>	x	x
<i>Carex leporina</i>	20	20
<i>Carex pallescens</i>	70	4
<i>Carex panicea</i>	x	x
<i>Cerastium holosteoides</i>	3	20; 4
<i>Cirsium palustre</i>	10	20
<i>Danthonia decumbens</i>	21	20
<i>Deschampsia cespitosa.</i>	8	20
<i>Epilobium palustre</i>	16	20
<i>Eriophorum angustifolium</i>	x	x
<i>Galium boreale</i>	15	4
<i>Galium uliginosum</i>	80	20
<i>Holcus lanatus</i>	10	4
<i>Juncus effusus</i>	50	4
<i>Lathyrus pratensis</i>	95	4
<i>Luzula multiflora</i>	14	20
<i>Lychnis flos-cuculi</i>	7	20
<i>Lysimachia vulgaris</i>	75	4
<i>Molinia caerulea</i>	x	x
<i>Myosotis nemorosa</i>	7	4
<i>Nardus stricta</i>	19	20; 4
<i>Plantago lanceolata</i>	2	20
<i>Potentilla erecta</i>	x	x
<i>Prunella vulgaris</i>	15	20
<i>Ranunculus acris</i>	15	4
<i>Ranunculus nemorosus</i>	55	4
<i>Sanguisorba officinalis</i>	17	20
<i>Scorzonera humilis</i>	10	4
<i>Selinum carvifolia</i>	x	x
<i>Succisa pratensis</i>	16	4
<i>Tephrosieris crispa</i>	x	x
<i>Valeriana dioica</i>	30	4

### Příloha III

Fylogenetický strom užitý při výpočtu fylogeneticky nezávislých kontrastů (PIC).



Vysvětlivky: *AngSyl* – *Angelica sylvestris*, *AntOdo* - *Anthoxanthum odoratum*, *BetOff* – *Betonica officinalis*, *BriMed* - *Briza media*, *CarLep* - *Carex leporina*, *CerVul* – *Cerastium holosteoides*, *CirPal* – *Cirsium palustre*, *DanDec* - *Danthonia decumbens*, *DesCes* - *Deschampsia cespitosa*, *EpiPal* – *Epilobium palustre*, *GalBor* - *Galium boreale*, *HolLan* - *Holcus lanatus*, *LuzMul* – *Luzula multiflora*, *LychFlo* – *Lychnis flos-cuculi*, *MyoNem* – *Myosotis nemorosa*, *NarStr* - *Nardus stricta*, *PruVul* - *Prunella vulgaris*, *SanOff* – *Sanguisorba officinalis*, *ScoHum* – *Scorsonera humilis*, *SucPra* – *Succisa pratensis*.

## Příloha IV

Tabulka naměřených hodnot obsahu dusíku v rostlinách /N, v %/ a v opadu rostlin /opadN, v %/, obsahu uhlíku v rostlinách /C, v %/ a v opadu rostlin /opadC, %/ a obsahu sušiny v listech /LDMC, v mg/g/ pro druhy, u kterých byla stanovována palatabilita /druh/.

<b>druh</b>	<b>N /%/</b>	<b>C /%/</b>	<b>opadN /%/</b>	<b>opadC /%/</b>	<b>LDMC /mg/g/</b>
<i>Angelica sylvestris</i>	3,02	35,64	0,89	40,95	187,4
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	1,88	41,83	0,34	42,87	322,0
<i>Betonica officinalis</i>	3,15	41,95	0,74	41,67	217,1
<i>Briza media</i>	2,16	42,67	0,25	43,12	254,5
<i>Carex leporina</i>	2,46	40,93	0,88	41,42	330,9
<i>Cerastium holosteoides</i>	1,66	36,94	0,46	41,51	343,8
<i>Cirsium palustre</i>	1,84	37,92	1,23	41,90	147,3
<i>Danthonia decumbens</i>	2,70	42,72	0,53	43,43	-
<i>Deschampsia cespitosa</i>	2,37	41,98	0,72	42,64	337,8
<i>Epilobium palustre</i>	1,84	38,93	0,52	43,88	147,6
<i>Galium boreale</i>	1,41	39,14	1,48	42,95	250,7
<i>Holcus lanatus</i>	2,27	40,97	0,53	42,64	267,0
<i>Luzula multiflora</i>	2,03	41,56	0,53	43,79	260,8
<i>Lychnis flos-cuculi</i>	1,40	33,27	0,50	41,36	142,6
<i>Myosotis nemorosa</i>	2,22	37,51	0,86	38,87	175,4
<i>Nardus stricta</i>	2,60	42,53	0,64	42,26	318,5
<i>Prunella vulgaris</i>	2,48	40,61	1,14	42,64	221,0
<i>Sanguisorba officinalis</i>	1,68	40,59	0,60	43,25	295,9
<i>Scorzonera humilis</i>	1,93	37,84	0,75	38,38	158,3
<i>Succisa pratensis</i>	0,56	41,72	0,56	41,72	164,8