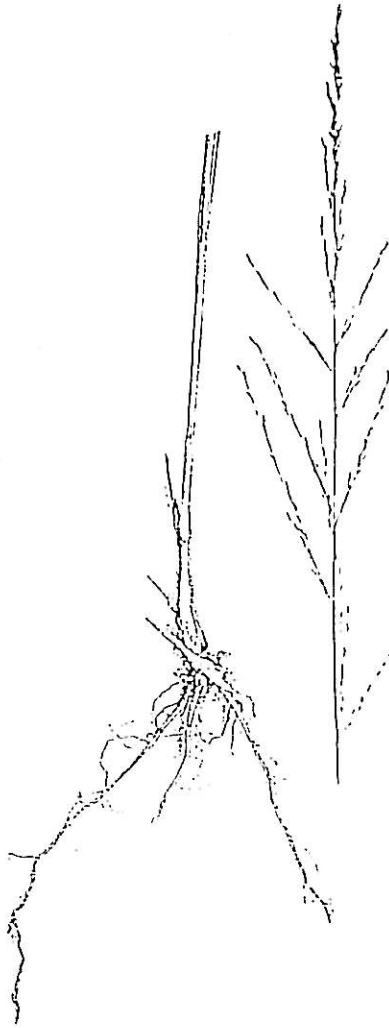


Bakalářská práce 1998

Vliv kosení a odstranění dominantního druhu *Molinia coerulea* na produkci kořenové biomasy společenstva svazu *Molinion* během vegetační sezóny 1997

21

porovnání změn některých morfologických aspektů u bázi druhu *Molinia coerulea* v závislosti na kosení porostu



Vypracoval: Štěpán Janeček

Vedoucí práce: Jan Lepš

Prohlašuji, že jsem uvedenou práci vypracoval samostatně, pouze s použitím uvedené literatury. V Českých Budějovicích, dne 16.8.1998.

  
Štěpán Janeček

## Úvod

*Molinia coerulea* je dominantní rostlinou zamokřených luk s výrazně kolísající hladinou půdní vody, kde určuje charakter celého společenstva (sv. *Molinion*), často ji však nacházíme i na slatinách a rašelinách. Její ekologická valence je však ještě širší. Kromě přizpůsobení k změně hladiny půdní vody je značně adaptována na extrémní změny pH, kdy kromě půd kyselých je schopna úspěšně růst i na substrátech alkalických (Abuslim et al., 1995). *M. coerulea* je však poměrně značně citlivá na kosení a pastvu (Grant et al., 1996). Poměrně dobře byly prostudovány její kompetiční vlastnosti (srovnání s druhem *Calluna vulgaris*) v souvislosti se zvýšenou hladinou živin (Heil & Bruggink, 1987) ukazující její schopnost využít mírnou eutrofizaci živinami chudých stanovišť.

Práce se zabývá dvěma opomíjenými složkami jejích kompetičních vlastností. Hlavním tématem práce je studium kořenové produkce společenstva svazu *Molinion* a studium vlivu odstranění dominantní *M. coerulea* a kosení na tuto produkci. Druhá část práce je pilotní studií kompetičního významu pokryvnosti bází *M. coerulea* na třech odlišných stanovištích a jejím úkolem je položit základy pro další studium kompetičních vlastností této pokryvnosti. Práce se nezabývá produkcí a složením nadzemní biomasy, která je souběžně na lokalitě studována (Lepš in prep.).

Kořenová produkce má velký význam v produkci biomasy všech rostlinných společenstev. U lučních porostů může být 3-4krát větší než produkce nadzemní (Fiala, 1987). Přesto existuje stále málo dat týkajících se podzemní biomasy. Nezájem rostlinných ekologů je dán zřejmě relativně velkou pracností vzhledem k dosaženým výsledkům. Při studiu podzemní biomasy dochází také k mnohem větším nepřesnostem (Singh et al., 1984). Dalším problémem při těchto pracích je neexistence standartní metody pro měření nárůstu podzemní biomasy. Používá se tak řada rozličných metod (Böhm, 1979; Jeník, 1954; Dykyová 1989), jejichž výsledky mají značně omezenou možnost porovnání, neboť každá tato metoda se soustřeďuje na určité aspekty problematiky růstu kořenů a opomíjí aspekty jiné.

## **Cílem studia bylo odpovědět na tyto otázky:**

**A/ Vliv kosení a odstranění dominanty na produkci kořenové biomasy společenstva svazu *Molinion* během vegetační sezóny.**

- 1/ Jaký vliv má kosení na produkci podzemní biomasy ?
- 2/ Do jaké míry je odlišná produkce kořenů u společenstva za nepřítomnosti dominantního druhu *Molinia coerulea*?

**B/ Porovnání změn některých morfologických aspektů u bází druhu *Molinia coerulea* v závislosti na kosení porostu.**

- 1/ Liší se celková pokryvnost bází, hustota a počet bází v trsu a jejich velikost na louce pravidelně kosené od louky nekosené při 100%ní listové pokryvnosti?
- 2/ Má kosení vliv na poměr sterilních a fertálních modulů?

### **Popis lokality:**

Lokalita leží jižně od obce Ohrazení v okrese České Budějovice 48°57' s.š., 14°36' z.d., 510 m.n.m. Lokalita je z východu, severu a západu obklopena lesem, jižně navazuje na pole, které zřejmě způsobuje živinový gradient (v této době je studován M. Haraštovou). Zdrojem vláhy je srážková voda, která způsobuje oglejení půdního horizontu.

## Vliv kosení a odstranění dominanty na produkci kořenové biomasy společenstva svazu *Molinion* během vegetační sezóny

### **Použitá metodika**

K pozorování dynamiky růstu kořenů byla použita metoda založená na prorůstání kořenů do drátěných kontejnerů během daného časového intervalu (Titlyanova, 1971). Drátěné kontejnery o průměru 5 cm a výšce 16-17 cm byly vyrobeny z pozinkovaného pletiva o velikosti ok 1 cm a tloušťce drátu 1 mm. Poté byly kontejnery vloženy do prostoru vykrojeného ocelovým válcem hlubokého 15 cm. Část kontejneru vyčnívající na povrch je nezbytná při manipulaci s kontejnerem. Před uložením do půdy byly kontejnery naplněny předem připravenou zeminou. Použitá zemina pocházela z odpovídajícího humusového půdního horizontu pokusné lokality a byla proseta sítím o velikosti ok 2 mm, tak došlo k oddělení větších kořínků, které by mohly zkreslovat výsledek. Půda byla vždy proseta minimálně 14 dní před ukládáním kontejnerů, což spolu s dobou expozice zabezpečovalo dostatečný čas pro rozklad dobře rozložitelných menších kořínků a detritu v proseté zemině.

Spolu s expozicí kontejnerů v pokusných plochách bylo exponováno 7-8 kontejnerů, u kterých bylo zabráněno vrůstu kořenů. Podobné podmínky pro rozkladné procesy v těchto kontejnerech byly zabezpečeny umístěním do igelitové tašky s prosetou zeminou a následným uložením tašky do půdního profilu na lokalitě. Důležitá komunikace tašky a okolního prostředí, která zabraňovala zapaření zeminy, byla zabezpečena hustým drobným proděravěním. Takto uložené kontejnery byly při vyhodnocení použity jako kontrolní.

Během dubna až listopadu 1997 bylo takto provedeno celkem pět odběrů zhruba v rozmezí 40 dnů. Kontejnery byly při vytahování obříznuty nožem, aby nebyly kořeny vtaženy zpět do vnějšího prostoru.

Následně byla zemina s rostlými kořeny vyklepána a kontejner pečlivě obrán do mikrotenového sáčku opatřeného identifikačním číslem. Poté byly kontejnery opět naplněny připravenou zeminou a vloženy zpět k další expozici do půdního profilu.

Vzorky byly promyty na síť o velikosti ok 0.33 mm, čímž došlo k oddělení drobných půdních částic a půdního tmelu. K oddělení větších půdních zrn bylo třeba kořeny vyplavit. Spolu s kořeny došlo k vyplavení i části nerozloženého detritu a minerálních nečistot. Obě tyto složky byly z konečných výsledků odfiltrovány po odečtení právě těchto komponent obsažených v kontrolních kontejnerech. Po izolaci byly kořeny sušeny po dobu minimálně 12 hodin při 80°C a zváženy na analytických vahách.

## Uspořádání pokusu

Pokus byl proveden ve společenstvu svazu *Molinion* na plochách J. Lepše, na kterých je již tři roky studován vliv kosení, odstranění dominanty (*Molinia*) a hnojení na druhovou skladbu porostu produkci biomasy (pokus byl založen roku 1994).

Jednotlivé čtverce o velikosti 2 x 2 m jsou uspořádány systémem úplných znáhodněných bloků. Uvnitř každého tohoto čtverce je umístěn menší čtverec o velikosti 0.5 x 0.5 m, který je hodnocen. Vrůstové kontejnery byly umístěny po stranách těchto menších čtverců. Z důvodů časové náročnosti nebyly do pokusu zahrnuty hnojené plochy (viz obr. 1).

K,P		*	*
P	K	*	*
*	*	K	P
*	*		K,P
P	*	*	K
K,P	*	*	

*K-Koseno; P-Pleto; \*-Hnojené nepoužité plochy*

Obr. 1: Uspořádání pokusu

## Statistické zpracování

Pro statistické zpracování byl vybrán program STATISTIKA. Pro vyhodnocení dynamiky růstu byla použita ANOVA, model pro opakovaná pozorování (repeated measurements), ve kterém byly srovnány dynamiky jednotlivých zásahů, což umožnilo porovnání tendencí růstu v jednotlivých kontejnerech. Kromě tendencí odpovídajících měnícím se podmínkám během roku byla hodnocena statistická rozdílnost přírůstků jednotlivých zásahů v jednotlivých odběrech. Pro znázornění změn prokazatelných rozdílů v jednotlivých obdobích bylo použito znázornění „box and whisker plot“ zobrazujícího medián, mezikvartilové rozpětí, přilehlé i odlehlé hodnoty.

## Výsledky

Naměřené hodnoty kořenových přírůstků se pohybovaly od neměřitelných hodnot až po 26 g/m<sup>2</sup>den. Průkazné rozdíly v dynamice růstu kořenů byly zaznamenány mezi kosenými a nekosenými plochami (p<0.05) a průkazný se ukázal i vliv interakce odstranění dominanty a kosení na dynamiku (p<0.01).

Obr. 2 ukazuje vliv kosení na produkci během roku, zde je zřejmý vůbec největší kořenový růst během roku v jarních měsících a začátkem léta. V období dubna a května byly průkazné nejenom růstové trendy, ale i rozdíl v celkové produkci (p<0.05) (obr. 3), kdy kosené plochy dosáhly produkce 15.55 g/m<sup>2</sup>den, zatímco plochy nekosené pouze 13.43 g/m<sup>2</sup>den. Maximum růstu u ploch nekosených se projevilo až v období června (16.41 g/m<sup>2</sup>den) a přesáhlo tak maximum ploch nekosených. V období července a srpna došlo k celkovému poklesu produkce, která v tomto období dosahovala průměrně 2.89 g/m<sup>2</sup>den, který byl poněkud menší u kosených ploch (4.08 g/m<sup>2</sup>den), průkazný rozdíl v celkové produkci (p<0.05) je znázorněn na obr. 4. Během září a října došlo opět k mírnému zvýšení produkce (celkový průměr byl 4.46 g/m<sup>2</sup>den). V polovině listopadu růst před zimním obdobím zřejmě definitivně zpomalil a poklesl na nejnižší hodnoty během roku (celkový průměr byl 1.77 g/m<sup>2</sup>den).

Obr. 5 znázorňuje vliv interakce kosení a pletí dominanty na produkci kořenů. Prokazatelný rozdíl v kombinacích zásahů (p<0.01) znázorňuje obr. 6, kde je zřejmá nízká produkce u pletých nekosených ploch (12.42 g/m<sup>2</sup>den). Na obr. 5 můžeme vidět u všech ploch kromě plochy nepleto - koseno nárůst produkce během června. Naopak u plochy nepleto - koseno došlo k poklesu produkce z 15.70 g/m<sup>2</sup>den na 12.56 g/m<sup>2</sup>den. Během července a srpna došlo k poklesu u všech zásahů, který se projevil nejvýrazněji u ploch nepletých - nekosených. V podzimních měsících je tendence zvýšení produkce a jejího následného velkého poklesu stejná. V listopadu, kdy růst klesl na minimální hodnoty, si poměrně velkou produkční schopnost zachoval zásah nekoseno - nepleto, který dosáhl průměrné produkce 3.32 g/m<sup>2</sup>den. Průkazné výsledky celkové produkce v říjnu a listopadu ukazuje obr. 7 (p<0.05).



## Diskuze

Použité metodě je často vyčítáno podhodnocení či nadhodnocení výsledků (Singh et al., 1984). Někteří autoři proto zvláště v posledních letech dávají přednost měření pomoci skleněné trubky vybavené kamerou (minirhizotronu) (Eissenstat et al., 1985; Aerts et al., 1989). Nevýhodou použité metody je bezesporu zanedbání odumírání kořenové biomasy během expozice kontejneru. Je zřejmé, že podíl této biomasy může být značný (Fiala, 1987; 1988; 1990). Další nevýhodou metody je její časová náročnost. Zatímco k získání jednoho údaje z minirhizotronu trvá 5-15 min. získání odpovídajícího údaje metodou kontejnerů trvá 45-60 min. (Aerts, 1989). Snad největší výhodou metody kontejnerů oproti metodám založeným na pozorování pomocí minirhizotronu je její destruktivní charakter, kdy můžeme alespoň v omezené míře studovat váhový přírůstek kořenové biomasy. Další výhodou použité metody je její finanční dostupnost. U minirhizotronových metod dochází podobně jako u metody kontejnerů k mechanickému porušení kořenů, což může vyvolat nežádoucí růstovou odpověď. Při měření produkce pomoci kontejnerů používáme pro expozici prosátou hlínu, u které mohlo dojít k uvolnění živin. Musíme tak připustit odlišné chování kořenů v těchto živinami bohatších místech (Robinson, 1994; Speidel, 1976), na tato místa mohou odlišně reagovat jednotlivé druhy, kdy se předpokládá větší schopnost růstu nedominantních druhů (Campbell et al., 1991). V úvahu se musí vzít i fyzikální změny půdy. Poměrně velká chyba může vzniknout při vyplavování kořenů, kdy mezi kořinky uvízne i určité množství minerálních nečistot. Někteří autoři proto doporučují máčet vzorek před plavením v  $H_2O_2$  či v jiném chemickém přípravku, aby došlo k lepšímu rozvolnění minerálních zrněk (Slavíková, 1968). Kromě diskutované metody minirhizotronu jsou často srovnávány výhody i nevýhody dalších používaných metod (Böhm, 1979; Carman, 1982; Baldwin, 1972; Neilson, 1964).

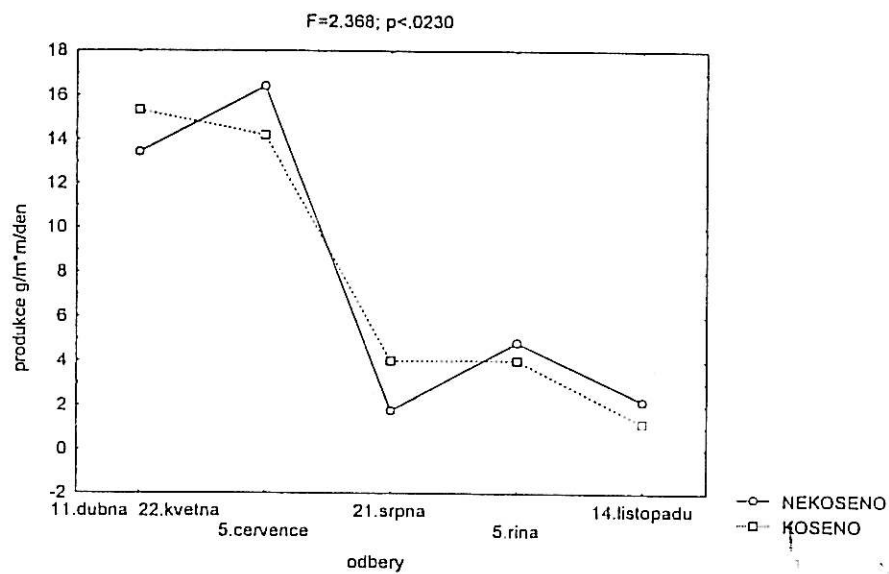
Relativně malá se zdá být chyba, která vznikla v důsledku odebrání pouze svrchní části půdního profilu, neboť právě zde je koncentrována převážná část biomasy (Dahlman & Kučera, 1965; Ellern et al., 1970; Klimešová & Šrůtek, 1995).

Výsledky prokázaly dva vrcholy růstu, jeden na jaře a druhý v září. Podobné vrcholy růstu byly prokázány v obdobných pracích (Fiala, 1979; Aerts et al., 1989). Oba tyto vrcholy jarního růstu a růstu na sklonku vegetační sezóny jsou modifikovány podle typu stanoviště a společenstva. Zajímavý je nepříznivý vliv kosení na společenstvo s dominantním druhem *M. coerulea*, který nedovolil u tohoto zásahu zvýšenou jarní produkci a naopak vůbec největší produkci kořenů u nekosených ploch s nevypletou dominantou. Nepříznivý vliv kosení na *M. coerulea* je v souladu s dosud provedenými pozorováními (Grant et al., 1996). Brzký nástup produkce kořenů *M. coerulea* může být důležitým kompetičním faktorem, díky kterému může brzy zjara ovládnout podzemní prostor. Zřejmě složitou otázkou je relativně velký přírůstek kořenů u kosených ploch v průběhu července a srpna, který má zřejmou souvislost s kosením v této době. Možná jde o celkový regenerační růst rostlin disturbovaných kosením. V tomto období však došlo k celkovému rapidnímu poklesu růstu a to jak u ploch bez dominanty tak i u ploch s dominantou. V tomto období mohly přispět k poklesu růstu i extrémní srážky, které způsobily vzestup hladiny půdní vody až k půdnímu povrchu (obr. 8). Ačkoli je známé přizpůsobení *M. coerulea* na kolísavou hladinu půdní vody (Grime et al., 1979; Dostál, 1989), byla pozorována i dosti negativní odpověď *M. coerulea* na stagnující vodu (Webster, 1961). Podzimní zvýšená produkce především u ploch s přítomnou dominantou zřejmě souvisí s morfologií kořenů druhu *M. coerulea*, které mohou sloužit jako zásobní orgány (Grant, 1996). K celkovému poklesu produkce během listopadu bezpochyby přispěly nízké teploty v tomto období (obr. 9).

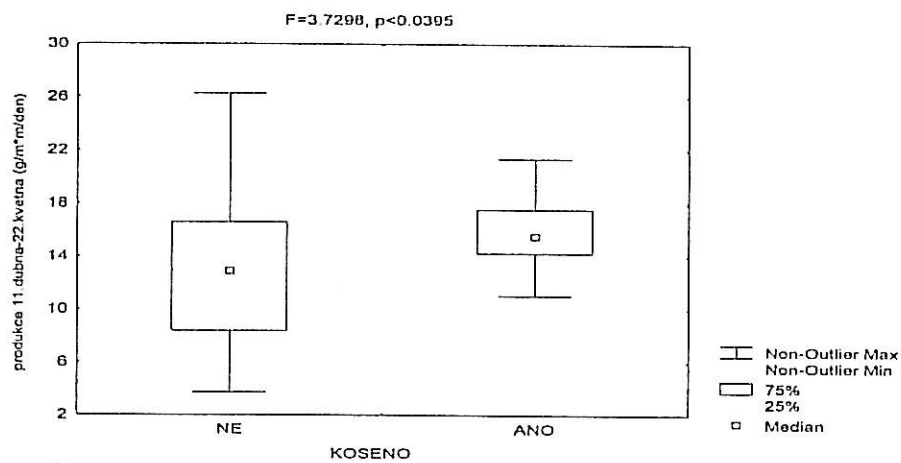
## Závěr

*Práce ukázala některé důležité charakteristiky kořenové produkce svazu Molinion:*

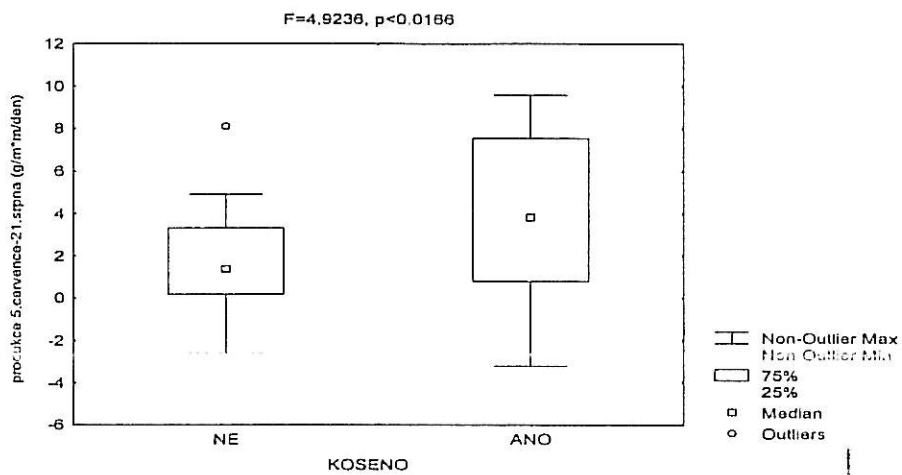
- 1/ Během roku byly pozorovány dva vrcholy produkce, jeden v dubnu a květnu a druhý v říjnu.
- 2/ Kosené plochy mají časnější jarní nástup kořenové produkce. Zde může jít o obecnější fenomén související s fenologickým posunem způsobeným především velkou vrstvou opadu u ploch nekosených.
- 3/ Byl prokázán bezprostřední pozitivní vliv kosení na produkci kořenů.
- 4/ Celkově největší jarní vzestup produkce kořenů u nepletých a nekosených ploch ukazuje na kompetiční zaplňování podzemního prostoru dominantním druhem *M. coerulea*.
- 5/ Pokles růstu na jaře u kosených ploch s dominantou ukazuje na značnou citlivost *M. coerulea* ke kosení.
- 6/ Relativně velká produkce u ploch s *M. coerulea* v říjnu a listopadu může souviset s ukládáním zásobních látek do kořenů a s tím souvisejícím rozvojem kořenového systému.



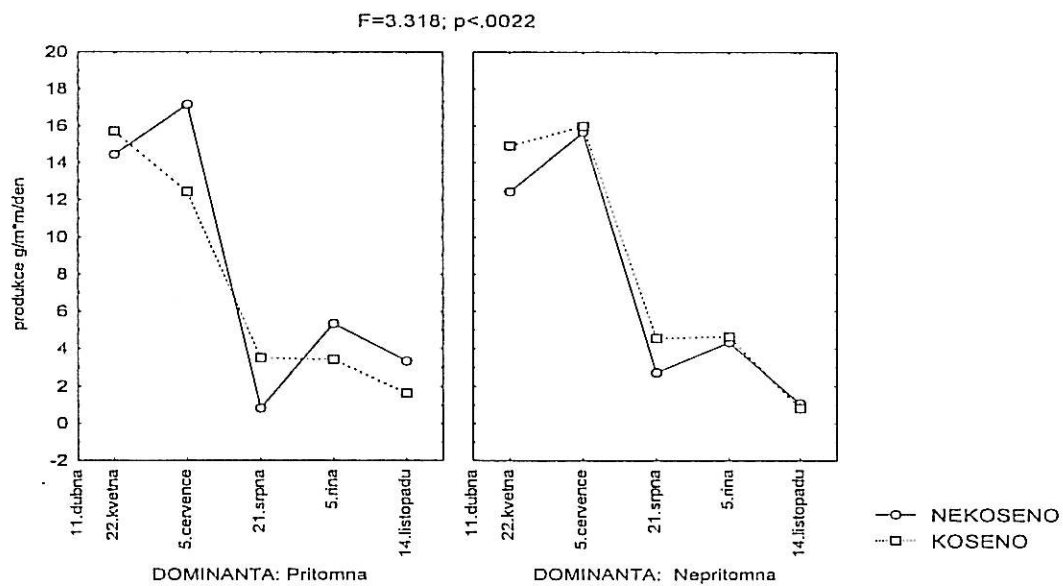
Obr. 2: Roční dynamika produkce kořenné biomasy v závislosti na kosení



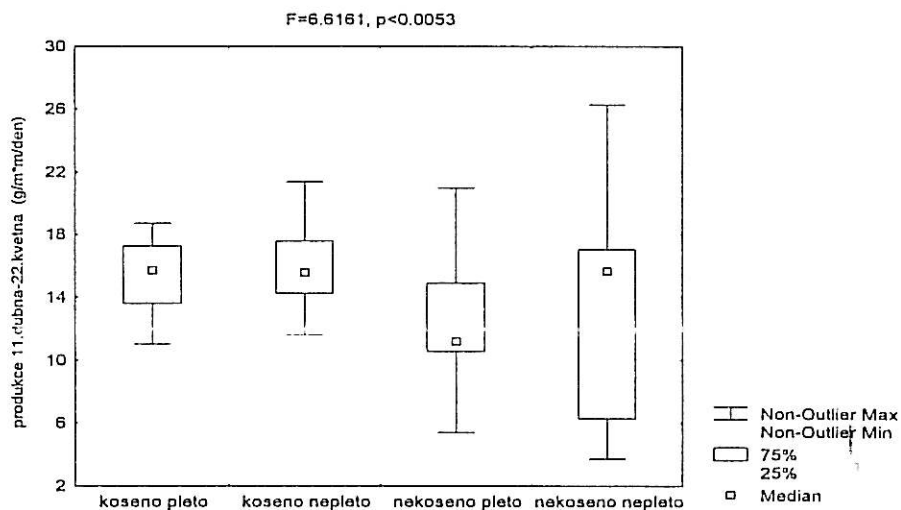
Obr. 3: Vliv kosení na kořenný přírůstek 11.dubna-22.května



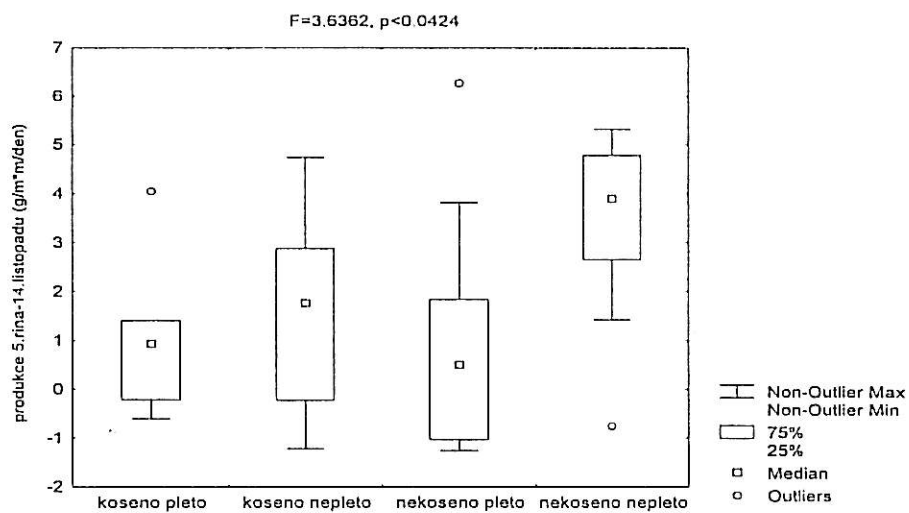
Obr. 4. Vliv kosení na kořenový přírůstek 5.července-21.srpna



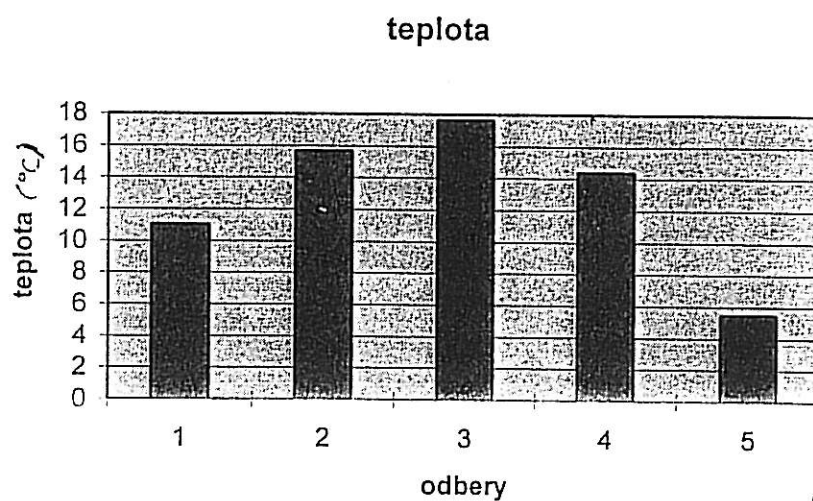
Obr. 5: Vliv interakce odstranění dominanty a kosení na produkci kořenové biomasy



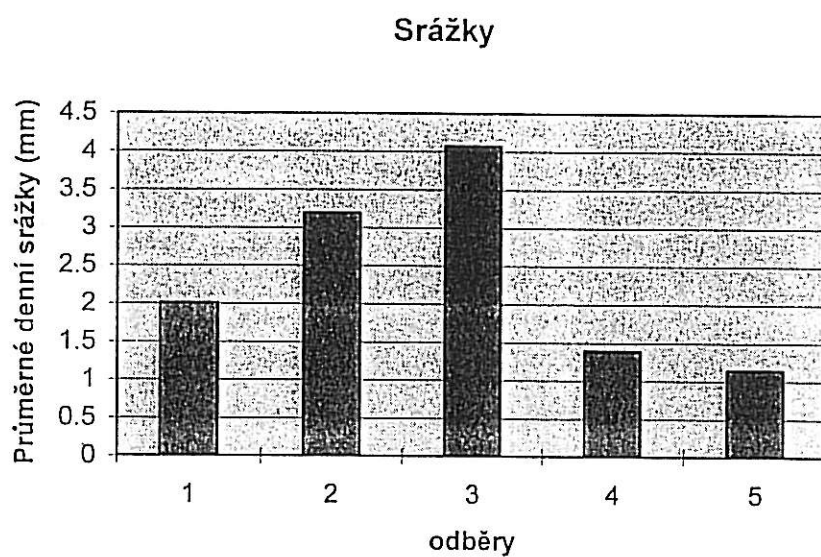
Obr. 6: Vliv jednotlivých zásahů na produkci kořenové biomasy 11.dubna-22.května



Obr. 7: Vliv jednotlivých zásahů na produkci kořenové biomasy 5.října-14.listopadu



Obr. 8: Průměrné teploty během jednotlivých expozičních kontejnerů



Obr. 9: Průměrné denní srážky během jednotlivých expozičních kontejnerů

*(Data ke grafům 8 a 9 poskytla meteorologická stanice České Budějovice)*

## Porovnání změn některých morfologických aspektů u bází druhu *M. coerulea* v závislosti na kosení porostu

### **Metodika**

Měření bylo provedeno v první polovině srpna 1997, na stejné lokalitě jako měření produkce kořenů. Na louce u Ohrazení byly vytyčeny čtyři transekty. Jeden na kosené ploše, další na ploše nekosené a dva nekosené srovnávací transekty v lese. U transektů mimo les byla podmínkou 100%ní pokryvnost listového patra *M. coerulea*. Transekty mimo les byly dlouhé 5 m a široké 30 cm, transekty v lese 30 m při stejné šířce. V transektech byly měřeny obvody jednotlivých trsů a destruktivním způsobem počítány jejich báze. V lesních transektech byly pouze zjištěny počty bází, měření obvodů bylo s ohledem na nesourodost lesních trsů vypuštěno. V transektech mimo les bylo u sedmi trsů odebráno po deseti bazích, změřena jejich výška a šířka a zaznamenána fertilita či sterilita jednotlivých modulů.

### **Statistické zpracování**

Soubory dat z jednotlivých transektů byly porovnávány pomocí analýzy variance v programu STATISTIKA .

### **Výsledky**

V mnoha směrech byla prokázána odlišnost charakteru pokryvnosti bází u kosených a nekosených ploch. Všechny tři typy transektů vykázaly odlišnost v počtu bází na trs ( $p < 0.01$ ), který klesá v řadě nekoseno - koseno - les (obr. 10). Průkazný rozdíl ( $p < 0.01$ ) vyšel při porovnání hustot trsů kosených a nekosených lučních transektů (obr. 11).



Průměrná hustota bází v trsu byla u nekosených ploch 4250 bází/m<sup>2</sup> zatímco u ploch kosených 6534 bází/m<sup>2</sup>. Rozdílná hustota je zjevně dána rozdílnou velikostí bází kosených a nekosených rostlin. Báze obou skupin se liší jak délkou ( $p < 0.01$ ), tak i šířkou ( $p < 0.05$ ). Šířka je větší u nekosených rostlin (obr. 12) a vysvětluje tak menší hustotu. Naopak rostliny na koseném lučním transektu mají báze delší (obr. 13), což souvisí s prokazatelně větším množstvím fertilních modulů ( $p < 0.05$ ), které jsou delší u kvetoucích rostlin ( $p < 0,01$ ) (obr. 14). U koseného transektu bylo zaznamenáno 55,7% fertilních modulů, zatímco u nekoseného transektu pouze 38,6% (obr. 15).

Z měření je zřejmý rozdíl ve velikosti trsů u obou skupin ( $p < 0.01$ ). Pokryvnost bází tak dosáhla 23% u ploch kosených a 36% u ploch nekosených.

## Diskuze

Ačkoli je zřejmé, že jednotlivé parametry se liší podle konkrétních podmínek, ve kterých rostliny rostou (Grant et al., 1996; Loach, 1968), přesto nastala v mnohém shoda s výsledky podobných prací. Grant (1996) ve své práci prokázal nepříznivý vliv kosení na váhu bází, to plně odpovídá zjištěným užším bázím u kosených transektů. Větší délka bází u kosených rostlin související s větším množstvím kvetoucích modulů, může být zčásti dána jakousi stresovou reakcí, při které se rostlina snaží vykvést. Silným kompetičním nástrojem je přízemní pokryvnost bází, které v trsu tvoří téměř neprostupnou vrstvu. Ze zjištěných pokryvností bází (23% u kosených a 36% u nekosených porostů) je zřejmé, jak velkou kompetiční úlohu tato pokryvnost hraje. Je však zřejmé, že se vlastnosti této neprostupné vrstvy během roku mění, především pak jde o změnu hustoty bází (Proffitt, 1985). Pokryvnost bází je však coby silný kompetiční nástroj tohoto a morfologicky podobných druhů často ekologicky podceňován.

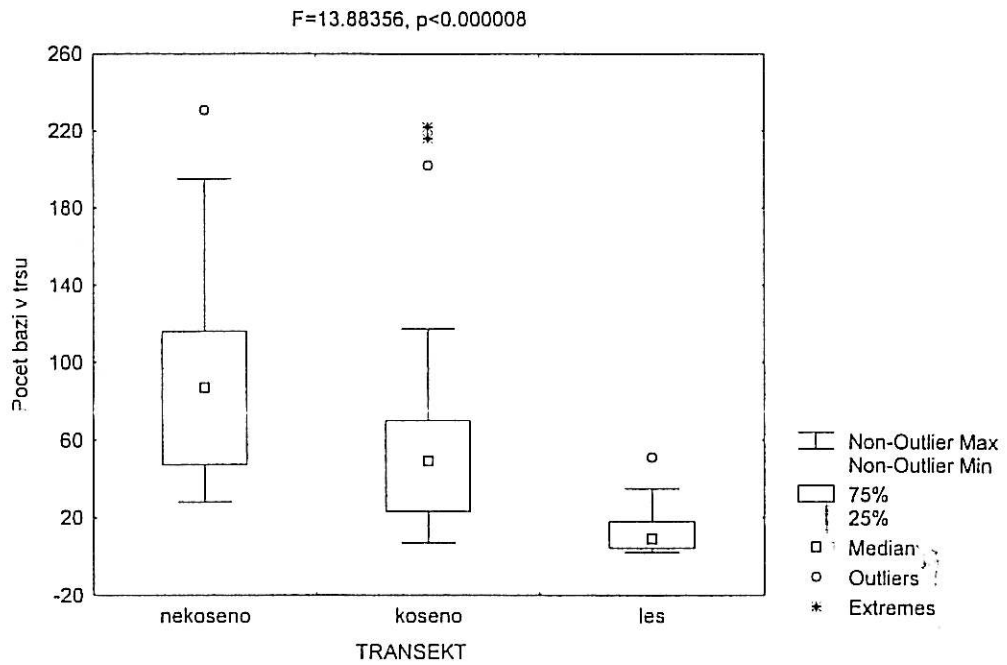
## Závěr

Pilotní práce ukázala množství zajímavých vlivů kosení na velikostní parametry bází druhu *M. coerulea*:

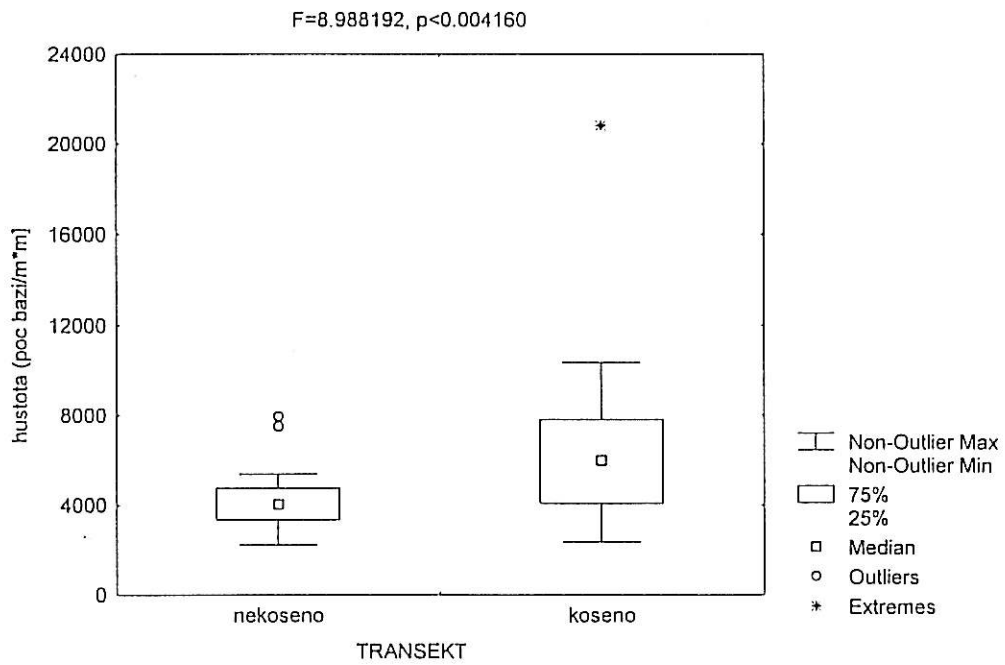
- 1/ Na kosených plochách je větší hustota užších bází.
- 2/ Nekosené plochy mají delší báze, což souvisí s větším procentem kvetoucích rostlin.
- 3/ Trsy na nekosených plochách mají větší základnu bází než na plochách kosených.
- 4/ Byla zaznamenána celkově větší pokrývnost bází na nekosených plochách.

## Poděkování

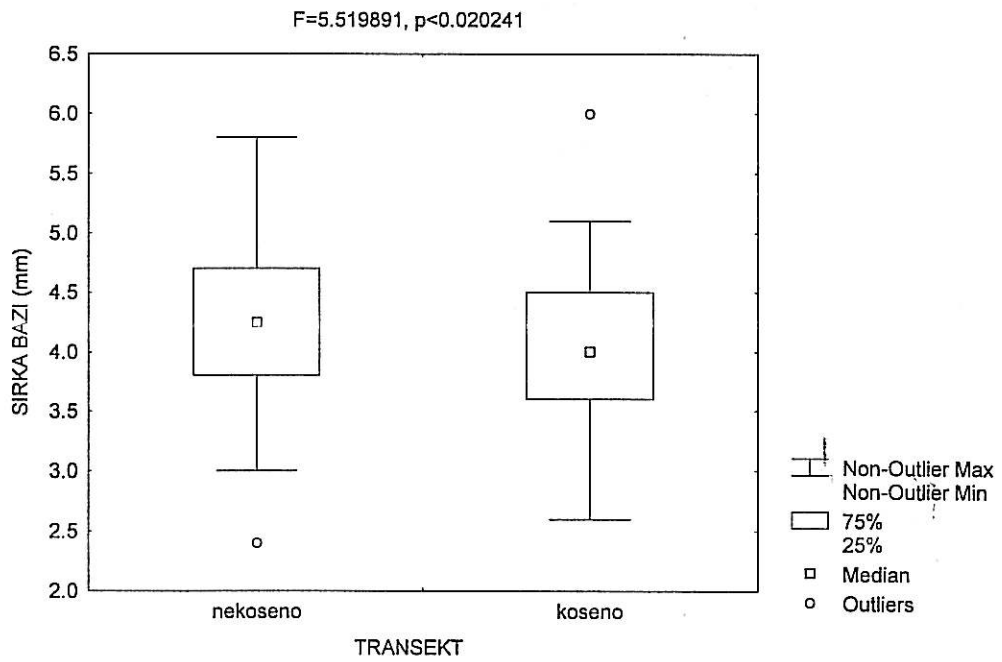
Rád bych poděkoval Doc. Lepšovi a manželům Šmilauerovým za odbornou pomoc při vedení práce a mnoha dalším za podnětné připomínky během mé práce.



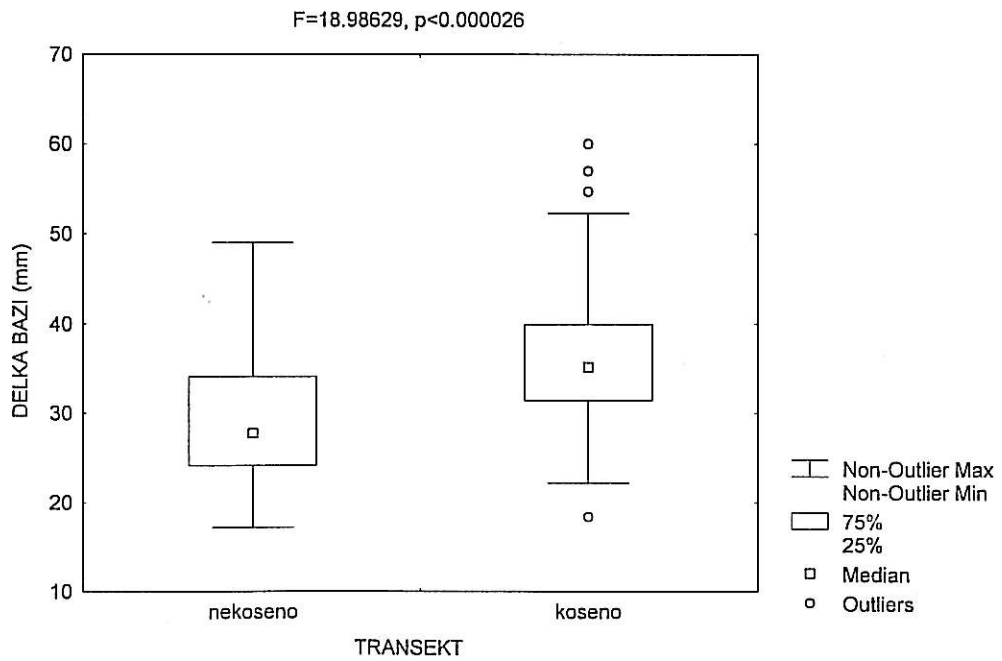
Obr. 10: Vliv kosení na počet bází v trsu



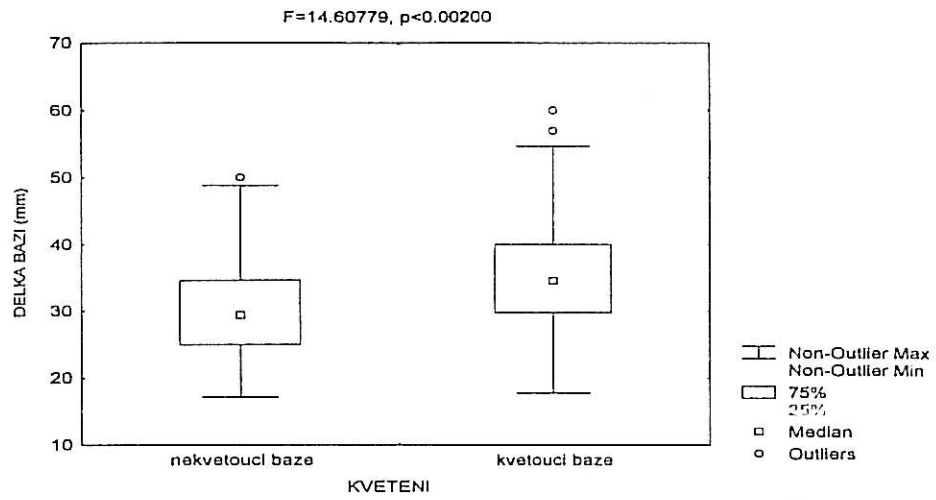
Obr. 11: Vliv kosení na hustotu bází



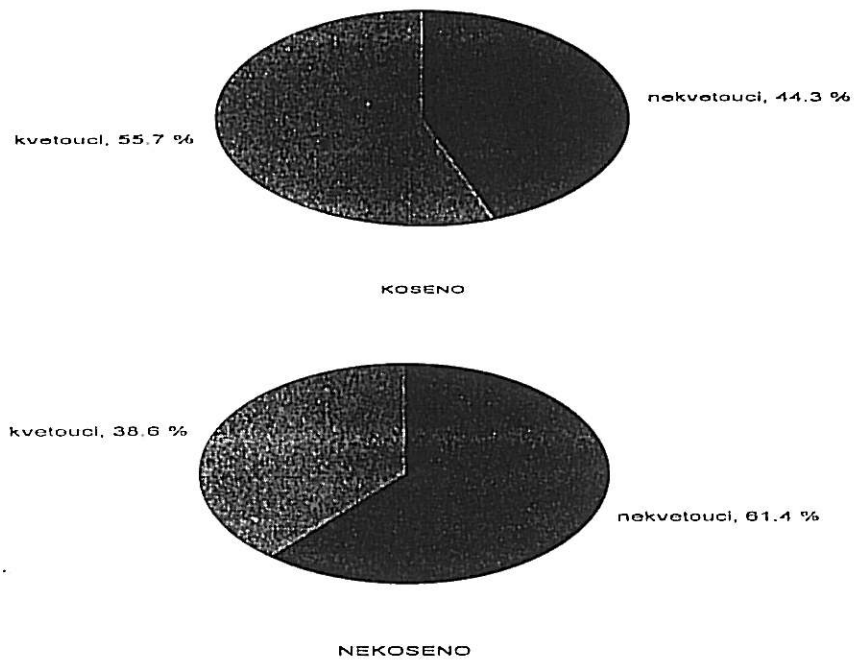
Obr. 12: Vliv kosení na šířku bází



Obr. 13: Vliv kosení na délku bází



Obr. 14: Vliv kvetení na délku bází



Obr. 15: Vliv kosení na fertilitu bází

## Literatura

- Abuslim K., Gordon D.B., Shaw S. & Smith S.A., 1995: Variation in *Molinia coerulea* (L) Moench, the purple moor-grass, in relation to edafic environments. *Annals of Botany* 75: 481-489.
- Aerts R., Barendse F., Klerk N.M. & Bakker C., 1989: Root production and root turnover in two dominant species of dominant species of wet heathlands. *Oecologia* 81: 374-378.
- Baldwin J.P., Tinker P.B., 1972: A method for estimating the lengths and spatial patterns of two interpenetrating root systems. *Plant and Soil* 37: 209-213.
- Böhm W., 1979: *Methods of studying root systems*. Springer-Verlag, Berlin.
- Campbell B.D., Grime J.P. & Mackey J.M.L., 1991: A trade-off between scale and precision in resource foraging. *Oecologia* 87: 532-538.
- Carman J.G., 1982: A nondestructive stain technique for investigating root growth dynamics. *Journal of Applied Ecology* 19: 873-879.
- Dahlman R.C. & Kučera C.L., 1965: Root productivity and turnover in native prairie. *Ecology* 46: 84-89.
- Dostál J., 1989: *Nová květena ČSSR*. Academia, Praha.
- Dykyjová D., 1989: *Metody studia ekosystémů*. Academia, Praha.
- Eissenstat D.M. & Caldwell M.M., 1988: Seasonal timing of root turnover in two dominant species of wet heathlands. *Oecologia* 81: 374-378.
- Ellern S.B., Harper J.L. & Sagar G.R., 1970: A comparative study of the distribution of the roots of *Avena fatua* and *A. strigosa* in mixed stands using a C(14)-labeling technique. *Journal of Ecology* 58: 865-868.
- Fiala K., 1979: Primary production of Kamenický grassland-underground in Function of grasslands in spring region-Kamenický project Rychnovská M.[ed.], BÚ ČSAV, Brno.
- Fiala K. & Studený V., 1987: Cutting and fertilization effect on the root system in several grassland stands (part 1). *Ekológia* 6: 389-402.
- Fiala K. & Studený V., 1988: Cutting and fertilization effect on the root system in several grassland stands (part 2). *Ekológia* 7:27-42.
- Fiala K., 1990: Live and dead underground plant biomass in natural meadow hydrosere. *Folia Geobot. Phytotax.* 25:113-135.

- Grant S.A., Torvell L., Common T.G., Sim E.M. & Small J.L., 1996: Controlled grazing studies on *Molinia* grassland: effects of different seasonal patterns and levels of defoliation on *Molinia* growth and responses of swards to controlled grazing by cattle. *Journal of Applied Ecology* 33: 1267-1280.
- Grime J.P., Hodgson J.G. & Hunt R., 1987: Comparative plant ecology: a functional approach to common British species. Unwin Hyman, London.
- Heil G.W. & Bruggink M., 1987: Competition for nutrients between *Calluna vulgaris* and *Molinia coerulea*. *Oecologia* 73: 105-107.
- Jeník J., 1954: Metodika výzkumu kořenů. in: Praktikum fytoecologie, ekologie, klimatologie a půdoznalectví. Klika J & Novák V [ed.]. Praha: 91-100.
- Klimešová J. & Šrůtek M., 1995: Vertikální distribuce podzemních orgánů *Phalaris arundinacea* a *Urtica dioica* v říční nivě: srovnání dvou metod. *Preslia* 67: 47-53.
- Lepš J.Š. 1996: Biostatistika. Jihočeská univerzita, České Budějovice.
- Neilson J.A., 1964: Autoradiography for studying individual root systems in mixed herbaceous stands. *Ecology* 43: 644-649.
- Parrish J.A.D. & Bazzaz F.A., 1976: Underground niche separation in successional plants. *Ecology* 57: 1281-1288.
- Proffitt G.W.H., 1985: The biology and ecology of *Molinia coerulea* (L) with special reference to the root system. PhD dissertation, University College of Wales, Aberystwyth [non vidi].
- Robinson D., 1994: The responses of plants to non-uniform supplies of nutrients. *New Phytol.* 125:575-580.
- Rychnovská M., 1987: Metody studia travinných ekosystémů. Academia, Praha.
- Singh J.S., Lauenroth W.K., Hunt H.W. & Swith D.M., 1984: Bias and random errors in estimators of net root production: A simulation approach. *Ecology* 65: 1760-1764.
- Slavíková J., 1968: Zrychlené vymývání kořenů v kvantitativní rhizologii. *Rostlinná Výroba* 14: 991-992.
- Speidel B., 1976: Primary production and root activity of a golden oat meadow with different fertilizer treatment. *Polish Ecological Studies* 2: 77-89.

- Taub D.R. & Goldberg D., 1996: Root system topology of plants from habitats differing in soil resource availability. *Functional Ecology* 10: 258-264.
- Titlyanova A.A., 1971: Izučenie biologičeskogo krugovorota v biogeocenzach (metodičeskoje rukovodstvo). Novosibirsk.
- Webster J.R. 1962: The composition of wet-heath vegetation in relation to aeration of the ground-water and the soil. 2. Responses of *Molinia coerulea* to controlled conditions of soil aeration and ground-water movement. *Journal of Ecology* 50: 639-650.