

Česká zemědělská univerzita v Praze  
Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra pícninářství a trávnickářství



## **Závislost mezi počtem druhů a výnosy nadzemní biomasy na ovsíkové louce**

**Diplomová práce**

**Autor práce: Jindřiška Bláhová**

**Vedoucí práce: Ing. Zuzana Hrevušová, Ph.D.**

**2015**

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma  
Závislost mezi počtem druhů a výnosy nadzemní biomasy na ovsíkové louce  
vypracovala samostatně a použila jen pramenů, které cituji a uvádím v přiložené  
bibliografii.

V Praze dne: 10. 4. 2015

## **Poděkování**

Na tomto místě bych chtěla poděkovat vedoucí své diplomové práce Ing. Zuzaně Hrevušové, Ph.D., za odborné vedení, poskytnutí materiálů, cenných rad a připomínek, pomoc při zpracování dat z terénu, trpělivost, vstřícnost, ochotu a čas, díky nimž mohla tato práce vzniknout.

## Souhrn

Předmětem práce je zhodnotit vztah mezi počtem druhů a výnosy biomasy na lučním porostu typu *Arrhenatherion elatioris*. Zkoumán je vliv NPK hnojení na celkové počty druhů a na počty druhů v jednotlivých agrobotanických skupinách: trávy, jeteloviny a ostatní dvouděložné. Dále jsou hodnoceny výnosy ze tří sečí a celkové výnosy biomasy na jednotlivých variantách hnojení. Dlouhodobý luční pokus je umístěn nedaleko obce Senožaty (49°34'6"N, 15°11'49"E), o kres Pelhřimov. Pokus obsahuje varianty dotované: 50, 100, 150, 200 N + 40 P, 100 K kg.ha<sup>-1</sup> ročně, variantu PK a nehnojenou kontrolu, všechny ve čtyřech opakováních. Aplikace rozdílných dávek hnojiv na jednotlivých variantách má průkazný vliv: na počty druhů celkem, počty druhů jetelovin a počty druhů ostatních dvouděložných; na celkové výnosy biomasy, výnosy z první a třetí seče. Pouze mezi počty druhů trav a výnosy z druhé seče nebyly shledány průkazné rozdíly. Mezi počtem druhů a výnosy biomasy na jednotlivých variantách hnojení není průkazná závislost. Závislost není ani mezi počtem druhů a výnosy biomasy pouze z první seče. Nejvyšší počty druhů byly nalezeny ve variantách se střední úrovní dusíkatého hnojení. Tyto varianty obsahovaly více druhů než varianty bez hnojení, ale ve variantách s největší dávkou dusíku bylo rostlinných druhů nejméně. Výnosy byly nejnižší ve variantách bez hnojení a nejvyšší ve variantách nejvíce hnojených. Mezi všemi variantami se více odlišovala pouze varianta s největší dotací dusíku, N200PK, která obsahovala výrazně nižší počet druhů a poskytovala nejvyšší výnosy biomasy ze všech variant.

Klíčová slova: trvalé travní porosty, *Arrhenatheretum*, druhová diverzita, funkční skupiny, výnosy biomasy

## Summary

The subject of this study is the relation between the number of species and the production of biomass of the meadow dominated by *Arrhenatherion elatioris*. Studied is the influence of fertilisation on the total number of species and the number of species in the agrobotanical groups: grasses, leguminous plants and

other dicotyledonous plants. Next the production of biomass from the three cuts and the total biomass production in the treatments are studied. The permanent experiment is in the locality of Senožaty (49°34'6" N, 15°11'49"E), Pelhřimov district. The experiment contains the plots of 50, 100, 150, 200 N + 40 P, 100 K kg.ha<sup>-1</sup> per year, the plot of PK, and non-fertilised control, all in the four replications. Different level of fertiliser application in the treatments has significant influence on: the total number of species, the number of species of leguminous plants and dicotyledonous plants; on the total biomass production, the production from the first and the third cuts. Only the differences between the number of grasses and the biomass production from the second cut were not significant. The relation between the number of species and the production of biomass in the various treatments was not significant. Also the relation between the number of species and the production from only the first cut was not significant. The highest number of species were found in the treatments with the medium level of fertilisation by nitrogen. These treatments contain more species than the treatments without fertiliser application, but the least of plant species were found in the treatments with the highest level of nitrogen fertilisation. In the treatments without fertiliser application the biomass production was the least and the highest it was in the treatments with the highest level of fertilisation by nitrogen. Only the plot with the highest nitrogen fertiliser application, N200PK, was more different from the others. There were found less plant species and the biomass production there was higher than in the other treatments.

Key words: permanent grasslands, *Arrhenatheretum*, species diversity, agrobotanical groups, biomass production

## Obsah

1. Úvod.....	8
2. Cíl práce.....	9
3. Přehled literatury.....	10
3. 1. Trvalé travní porosty.....	10
3. 1. 1. Luční porosty.....	10
3. 1. 1. 1. Počet druhů v porostu v závislosti na intenzitě ošetřování.....	11
3. 1. 1. 2. Význam druhově bohatých lučních porostů.....	11
3. 1. 2. Příčiny poklesu počtu druhů v lučních porostech.....	12
3. 1. 2. 1. Zanechání ošetřování porostů.....	12
3. 1. 2. 2. Dopady intenzivního hospodaření na skladbu porostu.....	12
3. 1. 3. Ekologie lučního porostu.....	13
3. 1. 3. 1. Populační strategie jednotlivých druhů.....	14
3. 1. 3. 2. Formy rostlinné kompetice.....	15
3. 1. 3. 3. Možnosti zvýšení diverzity v druhově chudých porostech.....	15
3. 1. 4. Hnojení lučních porostů.....	16
3. 1. 4. 1. Vliv hnojení travních porostů na organickou hmotu půdy.....	16
3. 1. 4. 2. Odlišnosti zisku živin kořeny mezi skupinami lučních rostlin...	17
3. 1. 4. 3. Reakce rostlin na hnojení živinami.....	18
3. 1. 4. 4. Složení biomasy ovlivněné termínem sklizně.....	18
3. 1. 5. Koloběh dusíku v lučním ekosystému.....	18
3. 1. 5. 1. Účinky dusíkatého hnojení.....	19
3. 1. 6. Změny lučního porostu v souvislosti s hnojením jednotl. živinami...	20
3. 1. 6. 1. Vztah mezi počtem druhů a výnosy biomasy.....	21
3. 2. Ovsíkové louky.....	22
3. 2. 1. Subtypy ovsíkových luk.....	22
3. 2. 2. Dominantní travní druhy jednotlivých biotopů.....	23
3. 2. 3. Převládající bylinné druhy.....	24
3. 2. 4. Faktory snižující druhovou bohatost ovsíkových luk.....	24
4. Materiál a metody.....	25
4. 1. Stanoviště pokusu.....	25
4. 2. Historie pokusu a hnojení.....	26

4. 3. Hodnocení druhového složení.....	27
4. 4. Sledování výnosů nadzemní biomasy.....	29
4. 5. Statistické vyhodnocení dat.....	29
5. Výsledky.....	30
5. 1. Celkové počty druhů a počty druhů jednotl. agrobotanických skupin.....	30
5. 1. 1. Počet druhů trav.....	30
5. 1. 2. Počet druhů jetelovin.....	31
5. 1. 3. Počet druhů ostatních dvouděložných.....	32
5. 1. 4. Celkové počty druhů.....	33
5. 2. Celkové výnosy nadzemní biomasy a výnosy biomasy z jednotl. sečí...34	
5. 2. 1. Výnosy z 1. seče.....	34
5. 2. 2. Výnosy ze 2. seče.....	35
5. 2. 3. Výnosy ze 3. seče.....	36
5. 2. 4. Výnosy celkem.....	37
5. 3. Vztah mezi počtem druhů a výnosy nadzemní biomasy.....	38
5. 3. 1. Vztah mezi počtem druhů a výnosy biomasy z 1. seče.....	38
5. 3. 2. Vztah mezi počtem druhů a výnosy biomasy celkem.....	40
6. Diskuze.....	42
6. 1. Počty druhů jednotlivých agrob. skupin a celkové počty druhů.....	42
6. 2. Výnosy biomasy z jednotl. sečí a celkové výnosy nadzemní biomasy....	43
6. 3. Vztah mezi počtem druhů a výnosy nadzemní biomasy.....	43
7. Závěr.....	45
8. Seznam literatury.....	46

## 1. Úvod

Louky jsou velmi významnou součástí krajiny a výrazně přispívají k její biodiverzitě. Zároveň v dnešní krajině plní významnou funkci náhradních stanovišť pro ohrožené druhy přirozeného bezlesí a světlých lesů. Protože vznik těchto stanovišť je spojen s činností člověka, jejich setrvání v krajině je podmíněno pravidelným obhospodařováním. Louky a pastviny po staletí sloužily jako zdroj píce pro hospodářská zvířata. Teprve před několika desetiletími si člověk uvědomil i jejich velký biologický význam a začal usilovat o jejich ochranu. Původní zemědělské hospodaření zaměřené téměř výhradně na produkci tak na mnoha územích nahradil management, který zohledňuje na prvním místě požadavky rostlin, živočichů i hub.

Diverzita luční a pastvinné vegetace odráží nejen abiotické faktory prostředí, ale také způsob, intenzitu i historii obhospodařování. Současný způsob obhospodařování, pastva a sečení, není tím zásadním prvkem, který ovlivňuje druhovou skladbu travinobylinné vegetace. Hlavními faktory, které určují druhové složení lučních porostů, jsou dostupnost živin v kombinaci s vlhkostí, kontinentalita a půdní reakce. Tedy variabilita pastvinné vegetace je určena zejména historií daného území a dlouhodobým způsobem obhospodařování, který má vliv na dostupnost živin, a biotickými charakteristikami stanoviště. Posílení druhové diverzity travních porostů v krajině je jednou z možností řešení zemědělské nadprodukce a zároveň konzervace půdního fondu.



## 2. Cíl práce

Cílem práce je zhodnotit závislost mezi počtem druhů a výnosy nadzemní biomasy na lučním porostu typu *Arrhenatheretum*. Zkoumán je vliv aplikace hnojiv na počty druhů celkem a v rámci jednotlivých agrobotanických skupin: trávy, jeteloviny a ostatní dvouděložné; na plochách dotovaných 50, 100, 150, 200 kg N + 40 P , 100 K kg.ha<sup>-1</sup> ročně, variantě PK a nehnojené kontrole. Dále jsou hodnoceny výnosy ze tří sečí a celkové výnosy biomasy na jednotlivých variantách hnojení. A následně je porovnáván vztah mezi počtem druhů celkem a celkovými výnosy, a výnosy pouze z první seče, která proběhla v termínu botanického hodnocení.

Hypotézy:

Aplikace rozdílných dávek NPK hnojiv má průkazný vliv:

- na počty druhů v jednotlivých agrobotanických skupinách a na počty druhů celkem
- aplikace rozdílných dávek NPK hnojiv má průkazný vliv na celkové výnosy biomasy a na výnosy z jednotlivých sečí
- mezi počtem druhů a výnosy biomasy na jednotlivých variantách hnojení je závislost

### 3. Přehled literatury

#### 3. 1. Trvalé travní porosty

Trvalé travní porosty představují náhradní typ lesní vegetace a nezbytnou podmínkou k její stabilizaci je dlouhodobé pravidelné vkládání dodatekové energie. Hlavním ekologickým gradientem, který ovlivňuje druhové složení travinobylinné vegetace je vlhkost půdy, a druhým nejvýznamnějším faktorem je kombinace gradientu pH a dostupnosti živin. Přibližně od poloviny 19. století, kdy se ve větší míře začala používat minerální hnojiva, docházelo k výraznějšímu oddělení luk a pastvin a ke vzniku vyhraněných lučních vegetačních typů tak, jak je známe dnes (Rychnovská et al., 1985). Jejich původní hospodářský význam jako zdroj píce pro hospodářská zvířata v současné ekonomické situaci sice klesá, ale do popředí vstupují jejich funkce protierozní, krajinnotvorné, rekreační, i význam pro ochranu biodiverzity. Tyto louky je potřeba udržovat obhospodařováním tradičního typu, např. podle charakteru stanoviště sečením luk jednou až dvakrát ročně se středně intenzivním až žádným hnojením nebo extenzivní pastvou (Kvítek, 1997).

##### 3. 1. 1. Luční porosty

Výrazné změny v zemědělském hospodaření druhé poloviny 20. stol. vedou k výraznému narušení po staletí se vyvíjející mezidruhové rovnováhy v lučních společenstvech. Dochází k ohrožení travních porostů v důsledku příliš intenzivního hospodaření (hnojení, odvodňování, dosévání porostů), nebo naopak v důsledku degradace travních porostů způsobené ukončením hospodaření. Výsledkem je v obou případech snížení diverzity, které vede ke zhoršování produkčních i mimoprodukčních funkcí současných polopřirozených travních porostů. Zachování druhově pestrých travních porostů nespočívá tedy jen v zakládání lučních rezervací a ochraně před hnojením a intenzifikací, ale především v cíleném managementu. Vzhledem k existenci řady typů travních porostů se i jejich nároky

na udržitelný management různí (Chytrý *et al.*, 2001).

### 3. 1. 1. 1. Počet druhů v porostu v závislosti na intenzitě ošetřování

U luk, které se začaly extenzivněji využívat, je možné sledovat zvyšující se druhovou diverzitu. Složení společenstva se zvýšilo o několik druhů v závislosti na době, ve které proběhla změna v hospodaření (Fiala *et al.*, 1998). Podle Klimeše (1999) je proces převodu úživných trvalých travních porostů na druhově pestřejší porosty pomalejší a mnohdy proběhne i neúplně než proces opačný, kdy druhově bohaté a málo úživné louky se intenzivním hnojením a sečí dají převést během pouhých dvou tří let na louky produkční, ale druhově chudé. Teprve po pozvolném vyčerpání zásob živin v půdě se mohou rozšířit druhy typické pro květnaté louky a pastviny. Jongepierová *et al.* (2008) uvádí, že úspěšnost snížení úživnosti lučních porostů závisí také na půdním typu, dalších vlastnostech půdy (např. chemických) a na způsobu a četnosti užívání. Na písčitéch půdách lze po ukončení hnojení očekávat rychlejší snížení úživnosti než u slatinných půd.

### 3. 1. 1. 2. Význam druhově bohatých lučních porostů

Předpokladem vývoje druhově bohatých rostlinných společenstev z druhově chudých travních porostů je výrazné snížení celkových výnosů, k čemuž by měla směřovat i zvolená opatření, hnojení a frekvence seče. Extenzivní hospodaření není přitažlivé pro majitele luk, protože vynaložená práce nepřináší efektivní výdělek, a hospodaření je tak často až ekonomicky neudržitelné. Pro zemědělce má přitom ale druhové bohatství luk velký význam. Tráva či seno pro domácí zvířata bývá výživnější v druhově bohatých porostech (Zeiter *et al.*, 2006). Druhově rozmanité louky pak mají o 10 % větší pórovitost zeminy než orná půda a udrží srážkovou či záplavovou vodu, snižují erozi půdy a další. Takové luční porosty jsou důležité i pro celou krajinu, protože se podílejí na udržení rovnováhy v krajině (Bakker, 1989).

### 3. 1. 2. Příčiny poklesu počtu druhů v lučních porostech

Aplikace vysokých dávek statkových hnojiv redukuje počet druhů trav a bylin, což vede k snižování druhové diverzity travních porostů a následně i ke snížení diverzity druhů živočichů. Současně ale i nedostatečné hnojení může redukovat počet druhů, kdy pak vznikají sekundární oligotrofní společenstva (Ložek, 2004). Všechny zásahy je proto nutno posuzovat individuálně a citlivě. Hospodaření na loukách a pastvinách by mělo navodit heterogenitu ve fenofázích luční vegetace a dlouhodobě také heterogenitu vlastní vegetace (Cousins *et* Ericsson, 2008).

#### 3. 1. 2. 1. Zanechání ošetřování porostů

Galvánek *et* Lepš (2012) uvádí, že druhově bohaté, extenzivně obhospodařované louky ztrácejí druhovou bohatost opuštěním, tj. zanecháním pravidelného obhospodařování. Pravidelné obhospodařování v závislosti na jeho charakteru (pravidelné sečení, hnojení nepříliš vysokými dávkami, pastva) zajišťuje dobré podmínky pro soužití mnoha druhů. Když ale pak dojde k přerušení nebo zanechání pravidelného obhospodařování, druhová rozmanitost se obvykle sníží. V mnohých případech lze degradované trvalé luční porosty obnovit zavedením vhodného managementu (obnova seče nebo pastvy, popřípadě i doprovodným hnojením).

#### 3. 1. 2. 2. Dopady intenzivního hospodaření na skladbu porostu

Ve stavu druhově chudého ekosystému jsou porosty udržovány zejména kvůli přehnojování, které prospívá kompetičně zdatným jedincům. Několik kompetičně zdatných druhů využívá dostatek živin například k růstu do výšky, čímž brání dostatečnému přísunu světla okolním rostlinám. Následky působení ubírání světla se liší v různých vývojových stádiích rostlin okolních i těch, které na okolní rostliny

působí (Violle *et al.*, 2009). Do druhově chudých lučních porostů kvůli mezidruhové interakci nebo jinému vztahu mezi jedinci nepřibývají druhy samovolně, protože rostliny z míst dobře zásobených živinami mají vyšší nadzemní biomasu a výnosy (Gross *et al.*, 2007). Craine *et al.* (2001) uvádí, že vzrůstnější rostliny investují více do tvorby podzemních vegetativních orgánů určených k šíření, které zároveň znamenají následné větší investice rostliny do nadzemní biomasy zajišťující fotosyntézu, i generativní rozmnožování.

Trávy jsou skupina rostlin, u které je vliv hnojení na zvětšení výšky výraznější než u dvouděložných druhů. Po pohnojení dochází ke zvýšení kompetice druhů o světlo, trávy však dokáží svou výšku zvětšit efektivněji než dvouděložné (Lepš, 1999). Podle Grime (2001) je výška spjata s kompetiční silou druhu, v travinných ekosystémech jsou trávy úspěšnější a dominující skupinou. Vzájemné vztahy rostlin v lučním společenstvu jsou dány skutečností, že rostliny se dostávají do vzájemných vztahů jak v podzemních, tak v nadzemních částech.

### 3. 1. 3. Ekologie lučního porostu

Luční ekosystém je funkční soubor živých a neživých složek životního prostředí, které jsou spolu spojeny a navzájem se ovlivňují. Jedná se tedy o soubor rostlinného společenstva – fytocenózy, půdy, půdotvorného substrátu, vody a klimatu (Cousins *et Ericsson*, 2008). Fiala *et al.* (1998) uvádí, že travní ekosystém se vyvíjí jednak v závislosti na daných přírodních podmínkách a jednak v závislosti na množství energie dodané člověkem. Pokud je ekosystém schopen vyrovnávat změny, způsobené dodatkovou energií a vnějšími činiteli, a přitom zachovávat své přirozené vlastnosti a funkce, je stabilní a mluvíme pak o ekologické stabilitě travního porostu. Pro ekologickou stabilitu porostu má rozhodující význam jeho schopnost vyrovnávat a snižovat destabilizující antropogenní vlivy. Ty spočívají většinou v extrémech: vysoké dávky hnojiv, počet sečí, obnova, přísevy nebo naopak ponechání porostu ladem (Fiala *et al.*, 1998).

Podle Ložka (2004) má každý travní porost snahu přizpůsobit se stanovištním podmínkám, zachovávat svou přirozenou strukturu, vlastnosti a funkce.

Přiměřenou dodatkovou energií (mulčování, sečení s odstraněním hmoty), popř. při využití na píci přiměřenou výživou a počtem sečí, lze tuto přirozenou snahu porostu podpořit a udržet tak ekologickou stabilitu. Čím více se od tohoto optima vzdalujeme (ponecháním ladem, extrémní výživou, obnovou), tím se stává porost labilnější co do struktury, výnosu, vytrvalosti a plnění mimoprodukčních funkcí (Ložek, 2004). Obnova intenzivně využívaných a často silně hnojených (eutrofizovaných) luk je procesem spíše dlouhodobým. Poté, co se přestane hnojit a intenzita seče či pastvy se sníží, velmi záleží na tom, jaké luční druhy rostou v blízkém okolí (to ostatně vždy, když spoléháme na spontánní sukcesí). Tyto druhy pak mohou postupně dosycovat obnovující se porost (Cousins *et* Ericsson, 2008).

### 3. 1. 3. 1. Populační strategie jednotlivých druhů

Způsob, jakým rostlina s živinami nakládá, je odrazem její životní strategie. Životní strategie jsou seskupení podobných genových charakteristik, které jsou časté u rostlinných druhů nebo populací a díky nimž pak rostlinné druhy a populace vykazují podobnou ekologii. Grime (2001) u rostlin rozpoznává tři rozdílné životní strategie: kompetitory, stres-tolerující rostliny a rudreály. Kompetitoři prosperují v prostředí s malou intenzitou stresu a bez častých disturbancí. Genetická výbava kompetitorů jim zprostředkovává vysoký přísun živin i přes hustý zápoj porostu. Stres-tolerující rostliny jsou typické dlouhověkostí a specifickými adaptacemi, které jim umožňují přežít období nízké produktivity. Grime (2001) uvádí, že poslední skupinou rostlin jsou rudreály, které prosperují v prostředí s častými disturbancemi. Jedná se většinou o jednoleté rostliny se schopností rychlého využití zdrojů a s tím spojeného rychlého růstu. Podle Lepše (1999) může zařazení druhu rostliny k určité životní strategii predikovat, jakým způsobem bude reagovat na dostupnost živin v prostředí. Druhy stejné růstové formy jsou si podobné v odpovědi na změny zdrojů (světlo, živiny), ale liší se v odpovědi na změny teplot. Množství dusíku a dalších prvků v biomase tedy u různých růstových forem a životních strategií rostlin se může lišit.

### 3. 1. 3. 2. Formy rostlinné kompetice

S rostoucí produktivitou stanoviště klesá limitace nedostatkem živin a vody, což má za následek větší produkci biomasy. Díky zvýšenému objemu nadzemní biomasy sílí vliv kompetice o světlo. Kompetice o světlo má na pokles diverzity radikálnější vliv než kompetice o živiny a vodu (Lepš, 1999). Podle Kahmen *et* Poschlod (2004) je zastínit ostatní druhy totiž snazší, než se zmocnit většiny dostupných půdních živin a vody. Živiny a vlhkost jsou v půdě přítomny v trojrozměrném prostoru a pro jejich plný zisk by jedinci populace vítězné v kompetici museli prokořenit celý půdní prostor. Pro zisk většiny světla ale stačí jen přerůst ostatní druhy a zastínit je dostatečným množstvím biomasy. Živiny a voda jsou navíc v půdě rozloženy velmi nerovnoměrně. Podle Grime (1981) je pokles počtu druhů na hnojených plochách spojen s výskytem vyšších druhů trav a bylin solistěným stonkem a s vyšší kompeticí o světlo, ve které jsou znevýhodněny druhy s přizemní růžicí listů. Kahmen *et* Poschlod (2004) uvádí, že dalším vlivem omezujícím výskyt širšího spektra druhů je vyšší vrstva opadu a stařiny na neobhospodařovaných plochách. Tato vrstva znemožňuje výskyt druhů s generativním rozmnožováním a také spolu s vyšší výškou a hustotou neobhospodařovaného porostu snižuje šance druhů na osídlení volných plošek.

### 3. 1. 3. 3. Možnosti zvýšení diverzity v druhově chudých porostech

Výběr vhodného managementu závisí na příčinách poklesu druhové diverzity porostu. Je-li porost druhově chudý kvůli příliš velkému obsahu živin v půdě a s tím spojenou výhodou pro kompetičně silné druhy, odstraňováním biomasy se živiny z plochy odebírají. Kdyby totiž biomasa nebyla odstraněna, při jejím rozkladu se znovu využijí živiny, které v sobě obsahuje. Co se týče redukce živin na ploše, zdá se tedy sečení ideální. Přesto při správném načasování a správné frekvenci sečení a s tím spojenou změnou struktury porostu se začne zvyšovat druhová bohatost porostu, aniž by docházelo k nadměrnému ochuzení půdy o

živiny. Tento způsob hospodaření samozřejmě nesmí být spojen s dodatečným hnojením (Kahmen *et Poschold*, 2004). Ilavská *et al.* (2003) potvrzují, že tento způsob managementu vede ke zvýšení nebo zachování počtu druhů na ploše. Pouze frekvence sečení udává, zda bude počet druhů vyšší a mezi druhy vyrovnaný.

#### 3. 1. 4. Hnojení lučních porostů

U sečně využívaných porostů dochází k odstraňování velkého množství minerálních živin z půdy, zejména dusíku, fosforu, draslíku, hořčíku, vápníku a síry. Tyto živiny jsou s pící odstraňovány v desítkách kilogramů na hektar ročně. U dusíku dochází k obohacování půdy atmosférickými depozicemi a biologickou fixací vzdušného dusíku bakteriemi žijícími na kořenech bobovitých rostlin. Ostatní živiny musí rostliny doplňovat z produktů zvětrávání půdních minerálů, to však z dlouhodobého hlediska většinou nestačí pro zajištění rentabilní zemědělské produkce, a proto je nezbytné chybějící živiny do půdy dodávat v podobě hnojiv (Mikola *et al.*, 2006). Důležité je dodržení přijatelných dávek hnojiv a také způsobu a termínu hnojení, aby nedocházelo ke zbytečným ztrátám živin vyplavováním a k nežádoucím změnám v druhové skladbě porostu. Vápnění neslouží primárně jako dodání rostlinné živiny, ale k úpravě chemických, fyzikálních a biologických vlastností půdy (Conant *et al.*, 2001).

##### 3. 1. 4. 1. Vliv hnojení travních porostů na organickou hmotu půdy

Travní ekosystémy mají poměrně vysokou primární produkci, což přispívá k vysokému obsahu půdní organické hmoty díky níž jsou travní ekosystémy velmi významným zásobníkem v globálním koloběhu živin (Úlehlová, 1989). Obsah i kvalitu půdní organické hmoty ovlivňuje způsob obhospodařování luk. Při nevhodném managementu a zejména hnojení může dojít k porušení rovnováhy mezi poutáním organické hmoty v půdě a její mineralizací, a ke snížení



produktivity ekosystému. Naopak vhodně zvolený management (kosení nebo řízená pastva, organické hnojení, závlahy) může vést k většímu poutání živin do půdní organické hmoty travinných ekosystémů (Stašiov *et al.*, 2006).

### 3. 1. 4. 2. Odlišnosti zisku živin kořeny mezi skupinami lučních rostlin

Asociace lučních rostlin s arbuskulárními mykorhizními houbami (AM) ovlivňuje zásobení rostlin živinami, především se prokázala účinnou při získávání fosforu rostlinami, ale také dusíku a jiných látek (Larcher, 1995). Titus *et Lepš* (2000) dodávají, že vztah jednotlivých druhů rostlin s AM houbami je různý v závislosti na druhu rostliny, ontogenetickém stupni vývoje, lokálních podmínkách a roční době. Tyto vztahy se liší také u funkčních skupin rostlin. Dvouděložné rostliny jsou obvykle více závislé na AM houbách a mají tedy kořeny více kolonizované než travní druhy. Některé druhy nebo (taxonomické) skupiny rostlin AM vztahy tvoří velmi omezeně nebo vůbec. Gryndler *et al.* (2004) uvádí, že v živinami dobře zásobených místech, především s dobrou dostupností fosforu, se snižuje závislost rostlin na vztazích s AM houbami a ty mají tedy míru kolonizace kořenů nižší.

Volný vzdušný dusík mohou vázat jen některé mikroorganismy, nazývané vazači (fixátoři) dusíku, mezi které patří skupiny půdních bakterií z čeledi *Rhizobioaceae* symbioticky žijící v hlízách na kořenech bobovitých rostlin. Proces biologické fixace dusíku (ať již jde o fixaci symbiotickou či volnou) je pro svoji důležitost v koloběhu dusíku srovnatelný s významem fotosyntézy při koloběhu uhlíku (Rice *et al.*, 1996). Využití biologické fixace dusíku umožňuje jeho efektivní hospodaření bez použití minerálních dusíkatých hnojiv, na jejichž výrobu je potřeba velké množství energie z fosilních paliv. Fixace N jednak obohacuje dusíkem nadzemní orgány hostitelských rostlin, a také se vznikající amonné ionty rozptylují v prostou difuzi v půdě. Přítomnost dusíku se také projevuje vysokou koncentrací proteinů a jiných dusíkatých látek v bobovitých rostlinách, což má velký význam pro býložravce a následně pro řadu organismů nacházejících se výše v potravních řetězcích, včetně člověka (Uhlířová *et al.*, 2004).

### 3. 1. 4. 3. Reakce rostlin na hnojení živinami

Koncentrace určitého prvku indikuje, zda se rostlina nachází nebo nenachází v závažném deficitu dané živiny. Pro metabolismus rostliny je důležité právě procentuální zastoupení určité živiny, nikoli celková hmotnost. Symptomy deficitu určitého prvku se pak častokrát rozvíjí v případě mimořádně rychlého růstu. Larcher (1995) dále uvádí, že obsah dusíku je pozitivně korelován s obsahem fosforu v nadzemní i pozemní biomase. Koncentrace dusíku tedy indikuje především fotosyntetickou kapacitu pletiva a efektivitu využití dusíku rostlinou, případně deficit dusíku. Nadbytek dusíku vyvolává také živinovou nerovnováhu, špatné vyžívání rostlin a snížení jejich odolnosti vůči klimatickým výkyvům a rostlinným škůdcům (Lepš, 1999).

### 3. 1. 4. 4. Složení biomasy ovlivněné termínem sklizně

Galvánek *et* Lepš (2012) popisují, že stárnutí píce významně ovlivňuje morfologii rostlin a určuje kvalitu píce. Během stárnutí rostlin se kvalita biomasy postupně snižuje, zatímco výnos stoupá, proto ekonomicky výhodná sklizeň je vždy kompromisem mezi kvalitou a výnosem. U druhově bohatých porostů, s vyšším podílem dvouděložných rostlin, neklesá obsah dusíkatých, minerálních látek ani stravitelnost tak rychle jako u intenzivně využívaných porostů. Na počátku metání dominantních druhů trav se poměry živin srovnávají. Obsah stravitelných živin v píci do doby květu klesá pomaleji než se zvyšuje výnos (Skládanka *et* Hrabě, 2008).

### 3. 1. 5. Koloběh dusíku v lučním ekosystému

V lučním ekosystému se dusík pohybuje po typických cestách, prochází mnoha přeměnami a setrvává nesterjně dlouhou dobu v různých zásobnících, hovoří se tedy o charakteristickém koloběhu dusíku (Tate, 2000). Podle Míky (1973) je

zřejmé, že do celkového koloběhu zasahuje na úrovni vstupů velmi významně člověk, emise N látek, hnojiva, zatímco kontrola výstupů, vyplavování a úniky dusíku v plynné podobě, je pro člověka omezená, ne-li nemožná. Naprostá většina dusíku se recykluje uvnitř ekosystému a vazba vnitřních procesů na vstupy a výstupy představuje v rámci daného roku pouze zlomek množství dusíku protékajícího uvnitř. Kočí *et al.* (2000) uvádí, že dlouhodobá zátěž dusíkem má za následek vyčerpání akumulací kapacity ekosystému a ztrátu stability ekosystému, která je provázána zvýšeným množstvím N vystupujícím z ekosystému jednak ve formě dusičnanů do podzemních vod a jednak ve formě plynných emisí do ovzduší. Dusík opouštějící luční ekosystém je tak velmi dobrým indikátorem narušených vazeb v koloběhu N.

V přirozených nebo v přírodě blízkých lučních ekosystémech jsou rostliny odkázány pouze na vstupy dusíkatých sloučenin s odumřelými rostlinnými látkami a na vstupy dusíku z atmosféry ať už přímo, v podobě různých redukovaných a oxidovaných dusíkatých látek, anebo zprostředkovaně fixací molekulárního dusíku zvláštní skupinou půdních mikroorganismů, fixátorů atmosférického dusíku (Úlehlová, 1989). Kroon *et Visser* (2003) uvádí, že v přirozených nebo přírodě blízkých ekosystémech je v organické půdní frakci vázáno až 99% půdního dusíku. Jeho část může rostlinám posloužit jako klíčová živina jen tehdy, dostanou-li půdní mikroorganismy od rostliny dostatečné množství jednoduchých, snadno rozložitelných uhlíkatých látek pro rozvoj vlastních aktivit. Nadbytek snadno rozložitelných uhlíkatých látek vede k poptávce po odpovídající dostupnosti dusíku a ke stimulaci mikrobiální mineralizace organického dusíku. Schnyder *et de Visser* (1999) navazují, že podle výše uvedeného schématu dochází k uvolňování minerálního dusíku v míře, která je proporcionální rostlinné stimulaci. V takovém prostředí je možnost vyplavování minerálního dusíku silně omezena.

### 3. 1. 5. 1. Účinky dusíkatého hnojení

Dusík je nezbytnou součástí bílkovin a nukleových kyselin a tím je i klíčovým

prvkem pro vše živé. Na přídavek minerálního dusíku reagují rostliny bujným růstem. Ale dodávat rostlinám minerální dusík např. ve formě minerálních hnojiv, je žádoucí pouze v takové míře, aby nedocházelo k jeho ztrátám. Rostlinami nevyužitý minerální dusík stimuluje totiž všudypřítomné půdní mikroorganismy, dochází k úbytku organické hmoty a nadbytečný dusík je mikrobiálně nitrifikován (Bardgett *et* McAlister, 1999). Podle Klementa (2003) není však možné zajistit nepřetržité, každodenní mikrodávkování dusíku na rozhraní rostlinného kořene a půdy. Aby se minerální dusík dostal ke kořenům cílové rostliny, je zapotřebí hnojit v mírném nadbytku a to v několika dávkách za rok podle ekonomické únosnosti. Tím jsou v půdě uměle navozovány periody dusíkového luxusu střídané jeho postupným vyčerpáváním. Proto je velmi obtížné stanovit a zajistit hranici vstupů N, nad kterou už hnojení představuje nežádoucí dusíkatou zátěž (Klír, 2006).

### 3. 1. 6. Změny lučního porostu v souvislosti s hnojením jednotlivými živinami

Podle Maškové *et al.* (2008) je hnojením lučních porostů významně ovlivněna nejen jejich produkční schopnost, ale také jejich kvalitativní parametry. Produkční účinnost hnojení fosforem a draslíkem se projeví zvýšeným zastoupením dvouděložných rostlin v porostu, s vyšším zastoupením jetelovin na úkor ostatních dvouděložných. Dusíkaté hnojení snižuje podíl jetelovin a podporuje rozšiřování volně trsnatých trav. Ty jsou lépe přizpůsobeny pro využití vyšších nárazových dávek než rhizomatické trávy (Ilavská *et al.*, 2003).

Optimálně vyrovnané zdroje živin pro vegetaci jako celek ovlivňují druhovou diverzitu. Poměr mezi zdroji živin a rostlinnou diverzitou je ovlivněn limitujícím prvkem. Na stanovištích limitovaných dusíkem stoupá zastoupení fixátorů N a na fosforem limitovaných stanovištích dominují druhy s mykorhyzními houbami. Dusík a fosfor jsou prvky, které nejčastěji limitují dosažení nejvyšší rostlinné diverzity (Aerts *et al.*, 2013). Ceulemans *et al.* (2013) potvrzují, že za ztrátu diverzity je obecně nejvíce zodpovědný dusík, ale také vysoká zásoba fosforu. Stanoviště s nízkou úrovní dostupného fosforu mají vyšší druhovou bohatost než stanoviště se

stejně nízkou úrovní dusíkatého hnojení. Druhově nejbohatší jsou porosty, kde růst rostlin společným působením omezuje nižší koncentrace dusíku a fosforu, nikoli dusíku a draslíku.

### 3. 1. 6. 1. Vztah mezi počtem druhů a výnosy biomasy

V přírodě mají pionýrská stanoviště nízkou rostlinnou diverzitu a produktivitu biomasy, která stoupá se sukcesí, a následně klesá s rozvojem klimaxu. Na stanovištích s působením extrémně stresujících podmínek a nízkou úrovní živin je jen několik málo rostlinných druhů schopno adaptace a tak je zde nízká i produktivita (Warren *et al.*, 2009). Široce uznávaná ekologická teorie předpovídá, že luční společenstva s vyšší diverzitou by měla být schopna využít zdroje živin efektivněji, a následně je přeměnit na rostlinnou biomasu. Druhově nejbohatší společenstva se tedy vyvíjí při střední až vyšší úrovni hnojení. Nejproduktivnější, činností člověka ovlivněná luční společenstva jsou však známa nízkou diverzitou, protože jen několik málo druhů má schopnost stát se dominantními. Tyto druhy jsou zodpovědné za ztrátu druhové bohatosti a za tvorbu většiny biomasy. Nejvyšší úroveň produkce biomasy je v přímém vztahu s nejvyššími dávkami hnojení a s nejnižší diverzitou. Tento vztah se nazývá negativní (Suding *et al.*, 2005).

Tilman *et al.* (2001) potvrzují, že negativní vztah mezi výnosy biomasy a diverzitou vzrůstá, když dominantní rostlinné druhy, které jsou ve společenstvu zastoupené se stoupající úrovní hnojení, vytlačí méně soutěživé a produktivní druhy, a často také i vzácné. V některých případech byl zjištěn pozitivní vztah mezi diverzitou a výnosy biomasy. Pozitivní vztah bývá vysvětlován komplementariotou mezi různými rostlinnými druhy využívající rozdílné zdroje živin. Čím více rostlinných druhů je v komunitě, tím více stoupá účinnost využívání zdrojů živin. Vyšší úroveň hnojení je pak efektivnější a následně i stoupá výnos biomasy. Žádná monokultura není tak produktivní jako kombinace dvou nebo více rostlinných druhů s mezidruhově rozdílnými požadavky na zdroje živin, zjednodušeně uvádí Tilman *et al.* (2001).

Nejčastěji druhová bohatost stanoviště nejprve stoupá a potom klesá se stále stoupající produktivitou, a vztah mezi těmito veličinami má tvar obráceného U. Na jedné straně je nízká diverzita a nízká produktivita vysvětlována vysoce stresujícím prostředím, na druhé straně je nízká diverzita a zároveň vysoká produktivita způsobena vysokou intenzitou kompeticí mezi rostlinami (Benett *et al.*, 2012). Adler *et al.* (2011) potvrzují, že druhová bohatost stoupá se zvyšující se úrovní zásobením stanoviště živinami, dosahuje maxima na středně výživných stanovištích, a dále klesá na stanovištích s nejvyšší zásobou živin. Benett *et al.* (2012) navazují, že na málo produktivních stanovištích na rostliny působí více stres a ke kompetici mezi rostlinami dochází na úrovni kořenové soustavy. Na stanovištích vysoce produktivních dochází ke kompetici nejvíce v nadzemních částech rostlin. Adler *et al.* (2011) dále popisují, že naopak vztah ve tvaru U bývá uváděn v souvislosti se silným vlivem různorodých podmínek prostředí, nejčastěji klimatických a pedologických faktorů a také modifikací antropogenních vlivů.

### 3. 2. Ovsíkové louky

Ovsíkové louky se vyvíjejí roztroušeně po celém území ČR, nejvíce v oblastech s extenzivním hospodařením v nížinách až podhůřích (převažují do 600 m n. m.). Na jižně orientovaných svazích se mohou vyvíjet i ve vyšších polohách. Jsou vázány na oblasti s mírným klimatem s ročním úhrnem srážek 500 – 700 mm a ročním teplotním průměrem 6 – 9 °C. Půdy patří nejčastěji k typu kambizemí, které se vyznačují střední až dobrou zásobou živin. Jedná se o porosty člověkem vytvořené v místech původních listnatých lesů (dubohabřin až bučin, případně acidofilních doubrav) (Málková, 2008).

#### 3. 2. 1. Subtypy ovsíkových luk

Ovsíkové louky jsou převládajícím typem luk na středně vlhkých (mezofilních) stanovištích. Vyskytují se především v blízkosti sídel od nížinného až po

podhorský vegetační stupeň, nejčastěji na osluněných stanovištích. Zahrnují několik ekologicky vyhraněných subtypů od suchých variant až po vlhké, s přechody do mnoha biotopů. Svoji druhovou skladbou směřují na suchých kyselých místech ke smilkovým trávníkům, na vlhkých k pcháčovým loukám, v širokých nivách řek k psárkovým porostům, v nejteplejších oblastech k širokolistým suchým trávníkům a ve vyšších chladnějších polohách k horským trojštětovým loukám (Jongepierová, 2008). Porosty dosahují různé výšky, od 30 cm do 1m, převládají zde výběžkaté trávy, které vytvářejí vícevrstevné porosty. Travní dominanty doprovázejí vytrvalé širokolisté byliny mnoha barev. V druhové skladbě velkou roli sehrává zejména obsah živin v půdě a vlhkost.

### 3. 2. 2. Dominantní travní druhy jednotlivých biotopů

Skupina druhů mezofilních ovsíkových luk často osidluje i meze a příkopy podél silnic, náspy atd. Málková (2008) uvádí, že pokud nejsou tyto porosty sečené, bývají často ruderalizované a degradované a vyšší zastoupení v nich zaujímá např. srha říznačka (*Dactylis glomerata*), pampeliška lékařská (*Taraxacum sect. Ruderalia*), třezalka skvrnitá (*Hypericum maculatum*) a kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*). V ovsíkových loukách v nižších polohách a na eutrofnějších půdách převládá v bylinném patře ovsík vyvýšený (*Arrhenatherum elatius*), zatímco ve vyšších nadmořských výškách a méně úrodných půdách mají největší pokryvnost trávy nižšího vzrůstu, kostřava červená (*Festuca rubra*), psineček obecný (*Agrostis capillaris*), dále i tomka vonná (*Anthoxanthum odoratum*), trojštět žlutavý (*Trisetum flavescens*). Z dalších trav se uplatňují srha laločnatá (*Dactylis glomerata*) – zejména na nesečených degradovaných místech, na vlhčích stanovištích převládá medyněk vlnatý (*Holcus lanatus*), a metlice trsnatá (*Deschampsia cespitosa*), místy mají větší zastoupení kostřava luční (*Festuca pratensis*) nebo lipnice luční (*Poa pratensis*).

### 3. 2. 3. Převládající bylinné druhy

Podle Málkové (2008) bývají na ovsíkové louce hojné i širokolisté dvouděložné druhy: kakost luční (*Geranium pratense*), bolševník obecný (*Heracleum sphondylium*), řebříček obecný (*Achillea millefolium*), škarda dvouletá (*Crepis biennis*), chrastavec rolní (*Knautia arvensis*), pastinák setý (*Pastinaca sativa*), rožeč obecný (*Cerastium holosteoides*). Místy přistupují: zvonek rozkladitý (*Campanula patula*), mrkev obecná (*Daucus carota*), svízel bílý a s. povázka (*Galium album*, *G. Mollugo*), kopretina bílá (*Luecanthemum vulgare*), kozí brada východní (*Tragopodon orientalis*), jetel luční (*Trifolium pratense*), jitrocel kopinatý (*Plantago lanceolata*), máchelka srstnatá (*Leontodon hispidus*). Poměrně vzácně přistupují lomikámen zrnatý (*Saxifraga granulata*), mochna bílá (*Potentilla alba*), jetel pochybný (*Trifolium dubium*).

### 3. 2. 4. Faktory snižují druhovou bohatost ovsíkových luk

Mezofilní ovsíkové louky bývají ohroženy převodem na trvale druhově chudé travní porosty, přehnojením, rudealizací, opuštěním pozemků a následným zarůstáním (náletovými dřevinami, rudeály) (Jongepierová, 2008). Nežádoucí je i nadměrné sečení elektrickými rotačními sekačkami, při němž postupně ubývají druhy vyššího vzrůstu a šíří se nízké plazivé rostliny nebo druhy s listovými růžicemi. Ochranou jejich druhové bohatosti je pravidelné sečení, u nížinných typů s dominantním ovsíkem vyvýšeným i vápnění a hnojení a odstraňování případných expanzivních a invazních druhů.



## 4. Materiál a metody

### 4. 1. Stanoviště pokusu

Luční pokus je umístěn nedaleko obce Senožaty (49°34'6"N, 15°11'49"E), o kres Pelhřimov, který leží v bramborářské výrobní oblasti, nadmořská výška 476 m n. m. Místo pokusu je v klimatické oblasti mírně teplé a mírně vlhké, (tab. 1 a 2), průměrná roční teplota je 6,7 °C a průměrný roční úhrn srážek 675 mm (meteorologická stanice Košetice). Lokalita má hlinitopísčitou půdu, s půdním typem pseudoglej. Průměrná hloubka hladiny podzemní vody je v 0,65 m s kolísáním od 0,3 do 1,0 m ve vegetačním období. Pokus leží na louce mezoxerofytního charakteru, obr. 1.



Obr. 1: Luční pokus

Tabulka 1: Přehled srážek v oblasti pokusného stanoviště

Měsíc	Územní srážky v roce 2014 - kraj Vysočina												Rok
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	
Úhrn srážek (mm)	26	12	36	33	116	35	90	104	112	34	27	35	660
% normálu	62	32	97	79	153	43	120	139	229	92	60	81	102

Tabulka 2: Naměřené teploty v regionu pokusného stanoviště

Měsíc	Územní teploty v roce 2014 - kraj Vysočina												Rok
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	
Teplota vzduchu (°C)	0	1,4	6	9,3	11,6	15,8	18,9	15,4	13,6	9,6	5,6	1,1	9
Dlouhodobý normál	-3,3	-1,5	2,1	7	12	15,2	16,7	16,2	12,6	7,7	2,3	-1,5	7,2

#### 4. 2. Historie pokusu a hnojení

Pokus byl založen v roce 1976 se šesti variantami ve čtyřech opakováních metodou znáhodněných bloků. Velikost jednotlivých pokusných parcel byla 24 m<sup>2</sup> (4 m x 6 m). Založené varianty měly tyto úrovně hnojení: nehnojená kontrola, PK (= fosfor + draslík, bez dusíku), N100PK (= 100 kg dusíku. ha<sup>-1</sup>a rok, + fosfor a draslík), N200PK, N300PK a N400PK. V roce 1991 byly pokusné parcely rozděleny na dvě stejné části - 12 m<sup>2</sup> (4 m x 3 m), obr. 2. Na jedné polovině bylo hnojení zcela ukončeno a začal se na nich sledovat reziduální vliv hnojení. Na druhé polovině došlo ke snížení dávek dusíku na polovinu (N50PK, N100PK, N150PK, N200PK) a je na nich dále sledován vliv dlouhodobého hnojení.



Obr. 2: Rozdíly mezi parcelami ve vegetaci

Hnojení dusíkem je každoročně prováděno na jaře, okolo poloviny dubna, ledkem amonným s vápencem (LAV,  $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaCO}_3$ ) s obsahem dusíku 27,5 %. Fosfor je aplikován v podzimním, listopadovém termínu, v dávce  $40 \text{ kg. ha}^{-1}$  a rok, ve formě superfosfátu ( $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + \text{CaSO}_4$ ) s obsahem 8,5 % P. Aplikace draslíku je také prováděna na podzim, dávkou  $100 \text{ kg. ha}^{-1}$  a rok, hnojivem ve formě draselné soli ( $\text{KCl} + \text{NaCl}$ ) s 50 % K. Hnojiva jsou na porost aplikována ručně.

#### 4. 3. Hodnocení druhového složení

Sledovaný luční porost se podle pícninářského označení nazývá *Arrhenatherion elatioris* – ovsíková louka, a je sečen třikrát ročně (počátek května, srpna, října).

Botanická skladba porostu byla hodnocena těsně před první sečí, obr. 3. Monitorovány byly pevně stanovené plochy o rozměru 1 x 1 m, vždy osm čtverců pro každou variantu, obr. 4 - nákres. Pomocí metody odhadu projektivní dominance (modifikace odhadového stanovení), byly zachyceny procentuální pokryvnosti jednotlivých druhů (minimální hodnotou bylo 0,5 %). Metoda počítá s překryvem jednotlivých rostlin a patrovitostí porostu. Celkový součet pokryvností jednotlivých druhů proto často převyšuje 100 %. Tato metoda umožňuje lepší zhodnocení minoritních druhů a zachytí i přízemní nesklízené rostliny. Aby byl odhad co nejpřesnější, byly nejdříve stanoveny pokryvnosti jednotlivých agrobotanických skupin a až poté jednotlivé druhy. Zaznamenané druhy byly rozděleny do základních funkčních skupin označených jako: trávy (jednoděložné druhy z čeledi *Poaceae*), jeteloviny (čeleď *Fabaceae*), a ostatní dvouděložné druhy. Stanovován byl také celkový počet druhů na jednotlivých plochách v době bonitace.



Obr. 3: Porost před první sečí

Obr. 4: Umístění variant v pokusu; hodnoceny byly vyznačené varianty

R kontrola	R N300PK	R N400PK	R PK	R N100PK	R N200PK
kontrola	N 150PK	N 200PK	PK	N 150PK	N 100PK
R N400PK	R PK	R N100PK	R N200PK	R kontrola	R N300PK
N 200PK	PK	N 50PK	N 100PK	kontrola	N 150PK
R N200PK	R kontrola	R N300PK	R N400PK	R PK	R N100PK
N 100PK	kontrola	N 150PK	N 200PK	PK	N 50PK
R PK	R N100PK	R N200PK	R kontrola	R N300PK	R N400PK
PK	N 50PK	N 100PK	kontrola	N 150PK	N 200PK

#### 4. 4. Sledování výnosů nadzemní biomasy

Sečení probíhalo prstovou žací lištou MF-70 (140 cm) na výšku strniště okolo 5 cm. Výnos čerstvé biomasy se počítal ze středního pásu parcely o ploše 7 m<sup>2</sup>, a sklizená hmota byla okamžitě vážena. Z každé parcely byl odebrán průměrný vzorek posečené biomasy a v laboratoři stanoven obsah sušiny. Biomasa byla sušena při 105 °C po dobu, dokud nebylo dosaženo konstantní hmotnosti. Následně proběhlo přepočítání na výnos suché hmoty v t. ha<sup>-1</sup>.

#### 4. 5. Statistické vyhodnocení dat

Výsledky byly zpracovány v programu Statistica 12, metoda jednofaktorová ANOVA, s následujícím vyhodnocením pomocí Tukeyho post-hoc testu a analýza lineární regrese – jednoduchá.

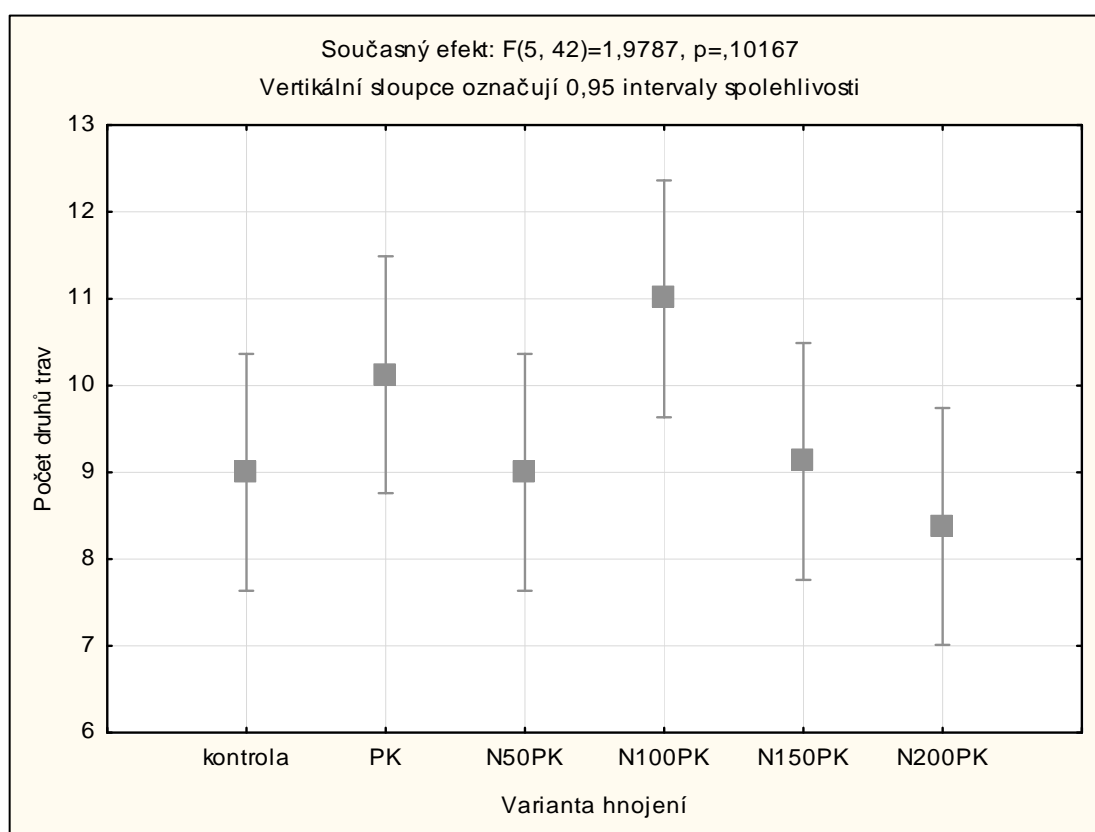
## 5. Výsledky

### 5. 1. Celkové počty druhů a počty druhů jednotlivých agrobotanických skupin

Rozdíly mezi počty druhů jetelovin, ostatních dvouděložných a celkovými počty druhů na jednotlivých variantách byly statisticky průkazné.

#### 5. 1. 1. Počet druhů trav

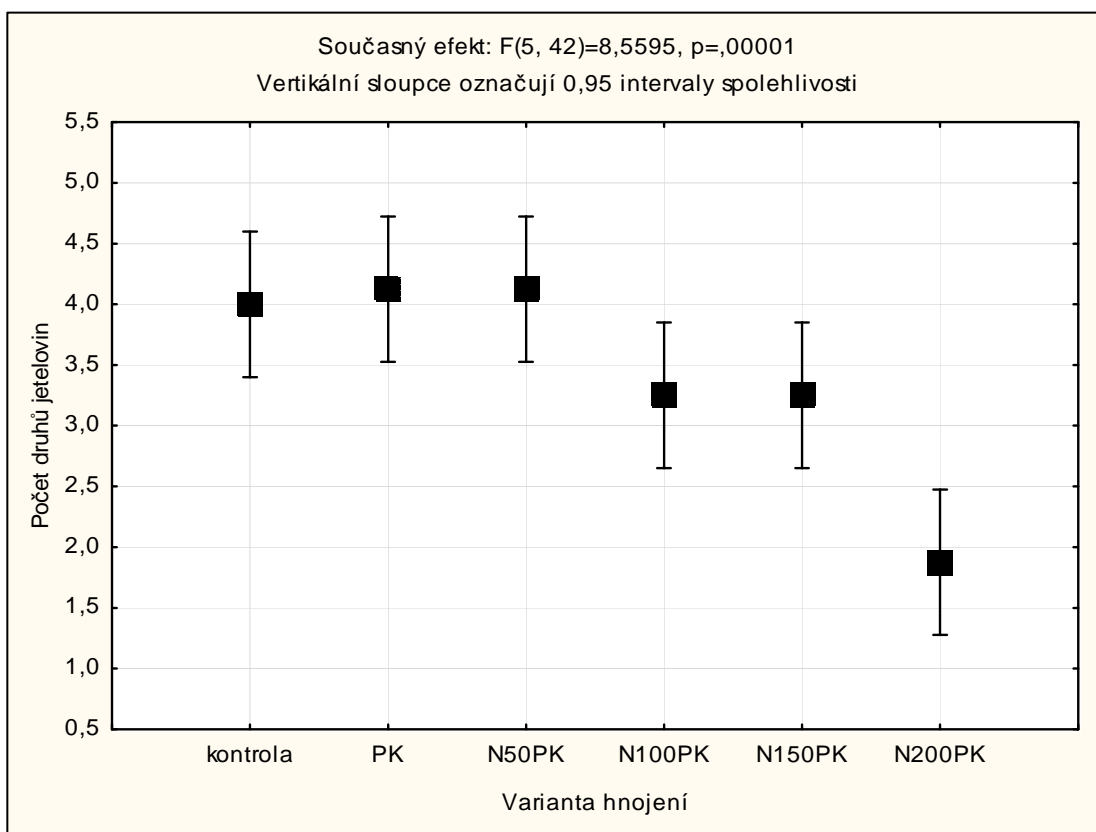
Mezi počty druhů trav (Graf 1) nebyly zaznamenány statisticky významné rozdíly ( $p = 0,102$ ).



Graf 1: Zobrazení průměrných počtů druhů trav na jednotlivých variantách

### 5. 1. 2. Počet druhů jetelovin

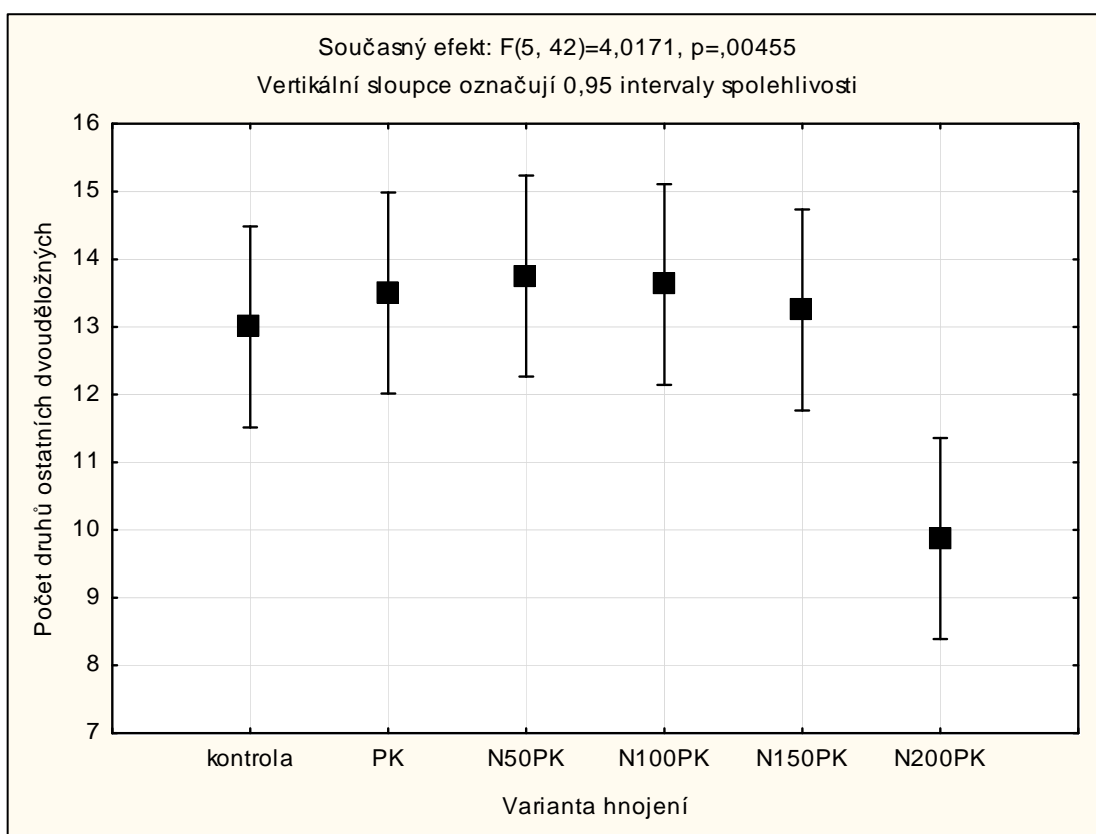
V počtech druhů jetelovin ( $p < 0,001$ ) se statisticky průkazně lišily varianty: kontrola, PK a N50PK od varianty N200PK. Nejmenší průměrný počet druhů jetelovin (Graf 2) byl nalezen ve variantě N200PK (2) a nejvyšší ve variantách PK a N50PK (4).



Graf 2: Vyhodnocení rozdílů v počtu druhů jetelovin mezi jednotlivými variantami

### 5. 1. 3. Počet druhů ostatních dvouděložných

V počtech druhů ostatních dvouděložných ( $p = 0,005$ ) se statisticky průkazně lišily varianty: N50PK a N100PK od varianty N200PK. Výrazně nejnižší průměrný počet ostatních dvouděložných (10) byl nalezen ve variantě N200PK (Graf 3).

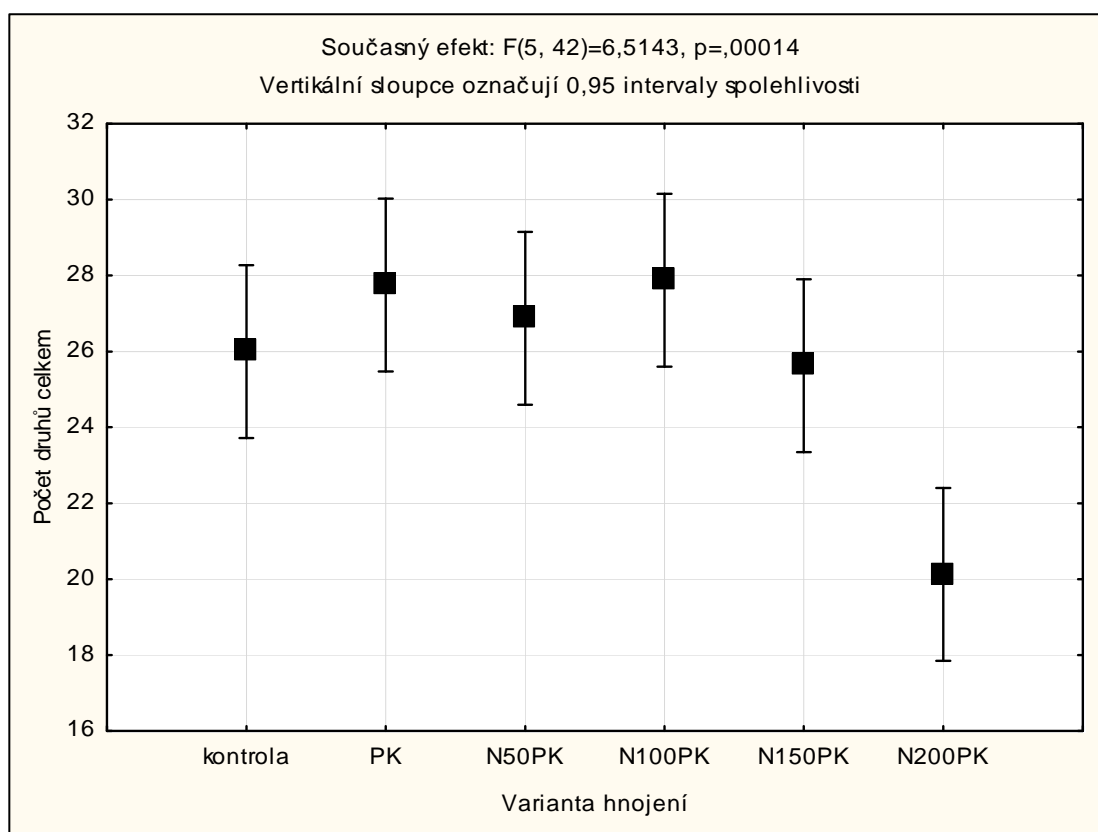


Graf 3: Rozdíly v počtu druhů ostatních dvouděložných mezi jednotlivými variantami



#### 5. 1. 4. Celkové počty druhů

Celkové počty druhů ( $p < 0,001$ ) se statisticky průkazně lišily ve variantách: kontrola, PK, N50PK a N100PK od varianty N200PK. Největší průměrný celkový počet druhů (Graf 4) byl nalezen ve variantě N100PK (28), zatímco odlišně nejmenší ve variantě N200PK (20).



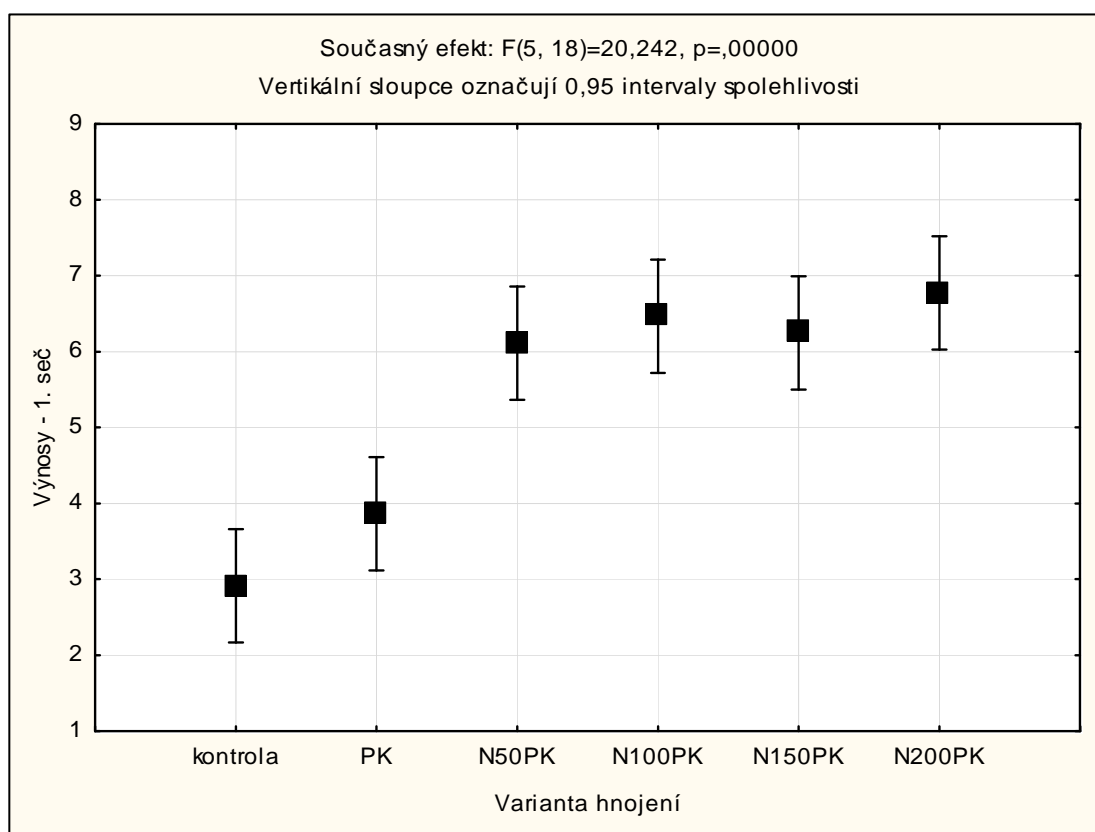
Graf 4: Vyhodnocení rozdílů v celkových počtech druhů na jednotlivých variantách

## 5. 2. Celkové výnosy nadzemní biomasy a výnosy biomasy z jednotlivých sečí

Statisticky průkazné byly rozdíly mezi celkovými výnosy, výnosy z první a třetí seče.

### 5. 2. 1. Výnosy z 1. seče

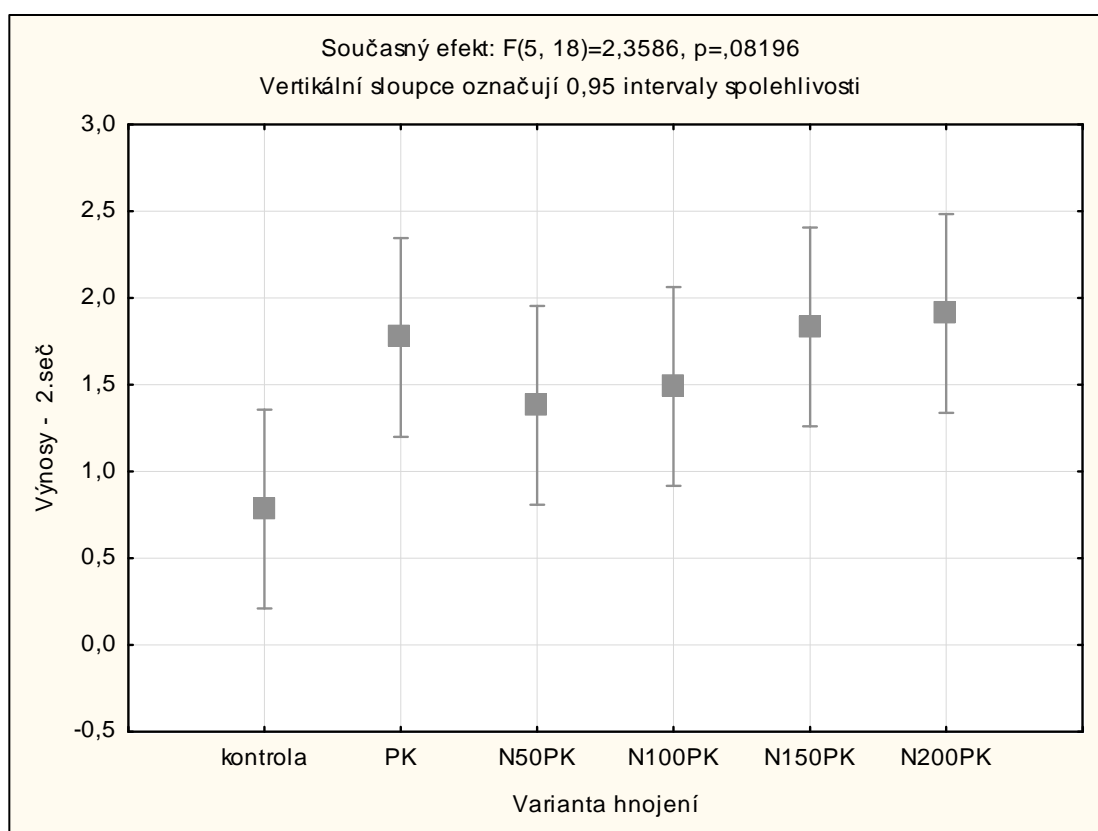
Výnosy z 1. seče ( $p < 0,001$ ) se statisticky průkazně lišily ve variantách: kontrola a PK od N50PK, N100PK, N150PK a N200PK. Varianty s dusíkatým hnojením dosahovaly více než o dvě třetiny vyšších výnosů (Graf 5).



Graf 5: Průměrné výnosy z jednotlivých variant - 1. seč (v t/ha)

### 5. 2. 2. Výnosy ze 2. seče

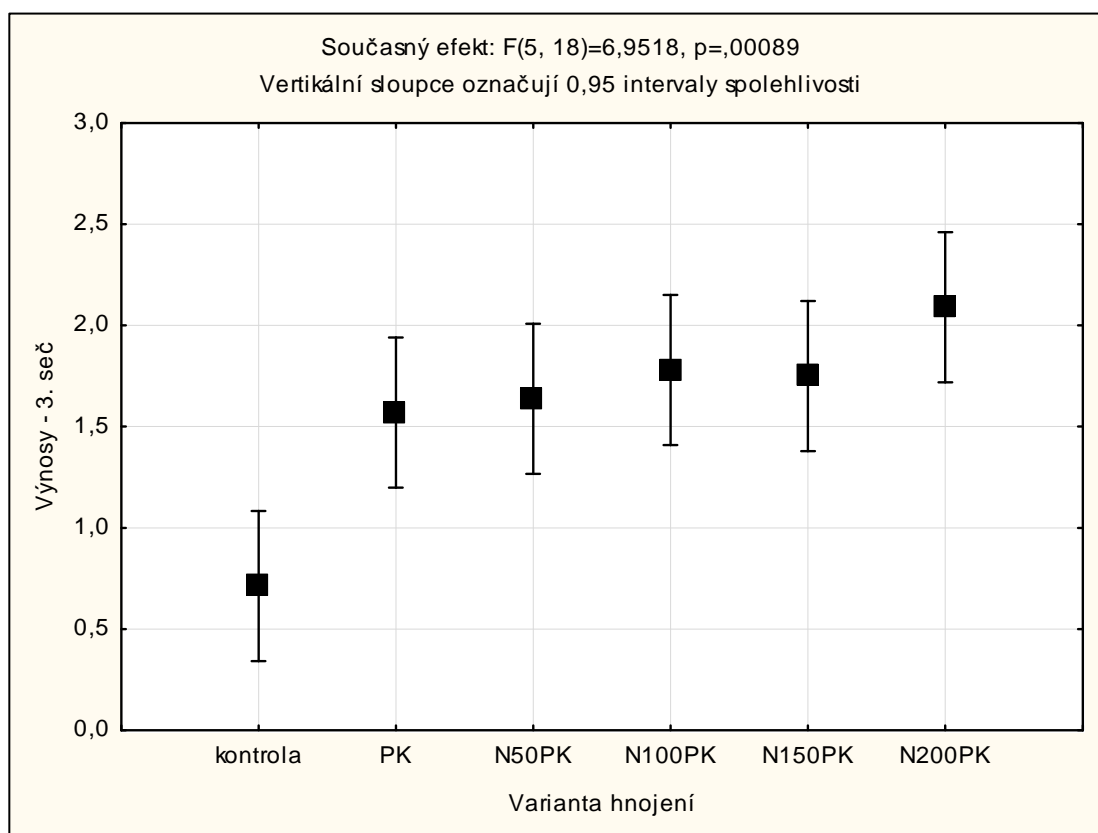
Mezi výnosy na jednotlivých variantách ve druhé seči (Graf 6) nebyly zaznamenány statisticky významné rozdíly ( $p = 0,082$ ).



Graf 6: Zobrazení průměrných výnosů z jednotlivých variant - 2. seč (v t/ha)

### 5. 2. 3. Výnosy ze 3. seče

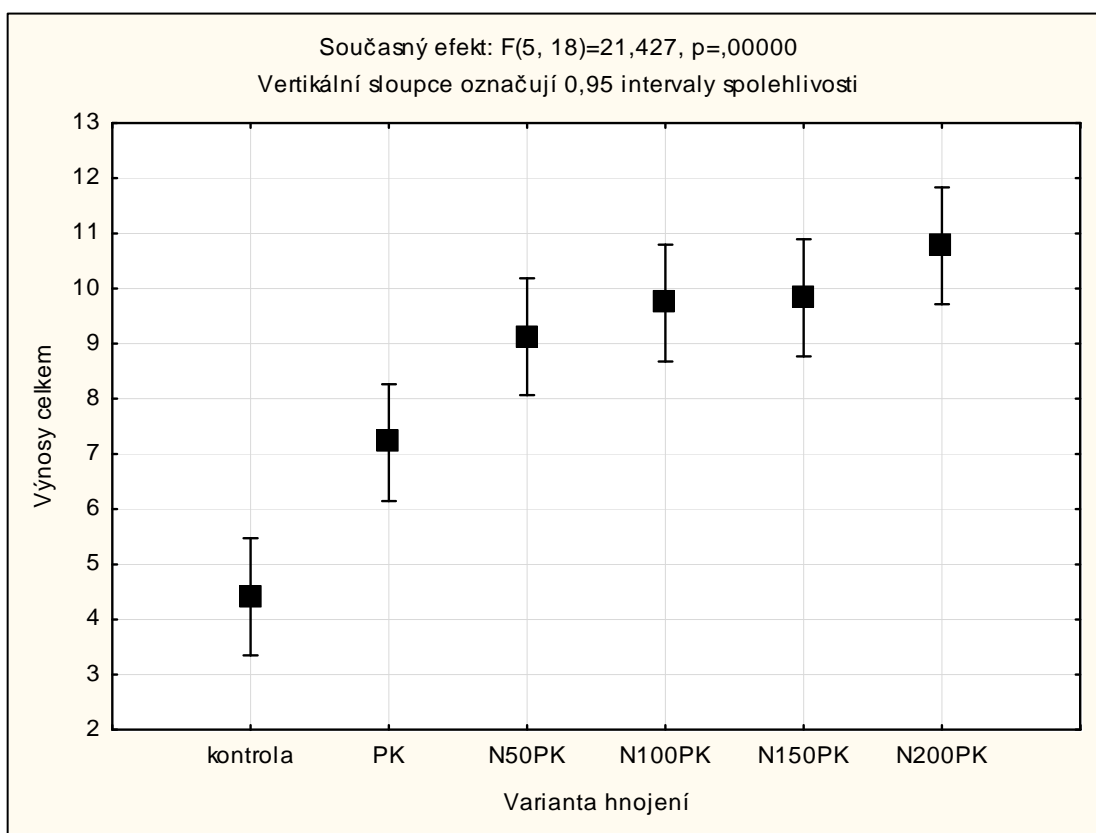
Výnosy z 3. seče ( $p = 0,001$ ) se statisticky průkazně lišily ve variantách: kontrola od PK, N50PK, N100PK, N150PK a N200PK. Nehnojená kontrola poskytovala méně než poloviční výnosy oproti ostatním variantám (Graf 7).



Graf 7: Průměrné výnosy z jednotlivých variant - 3. seč (v t/ha)

#### 5. 2. 4. Výnosy celkem

Celkové výnosy ( $p < 0,001$ ) se statisticky průkazně lišily ve variantách: kontrola od PK, N50PK, N100PK, N150PK a N200PK. A varianta PK od N100PK, N150PK, N200PK i kontroly (Graf 8).



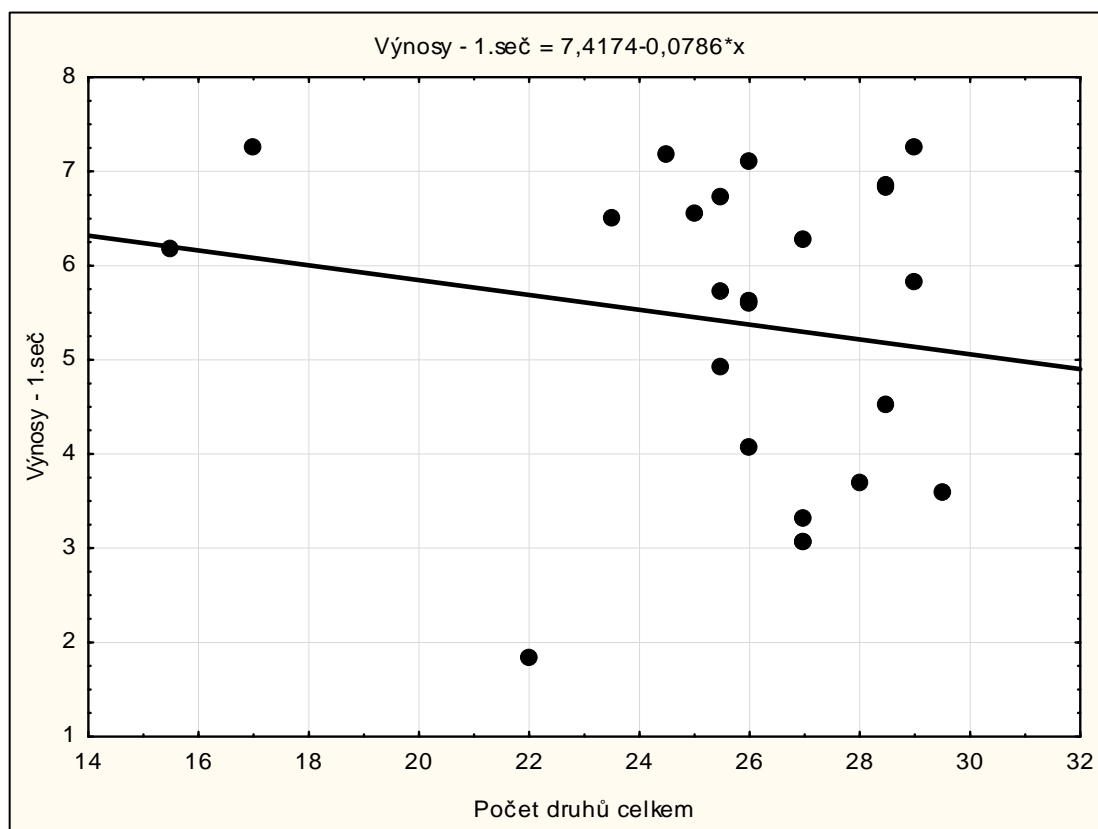
Graf 8: Zhodnocení průměrných celkových výnosů z jednotlivých variant (v t/ha)

### 5. 3. Vztah mezi počtem druhů a výnosy nadzemní biomasy

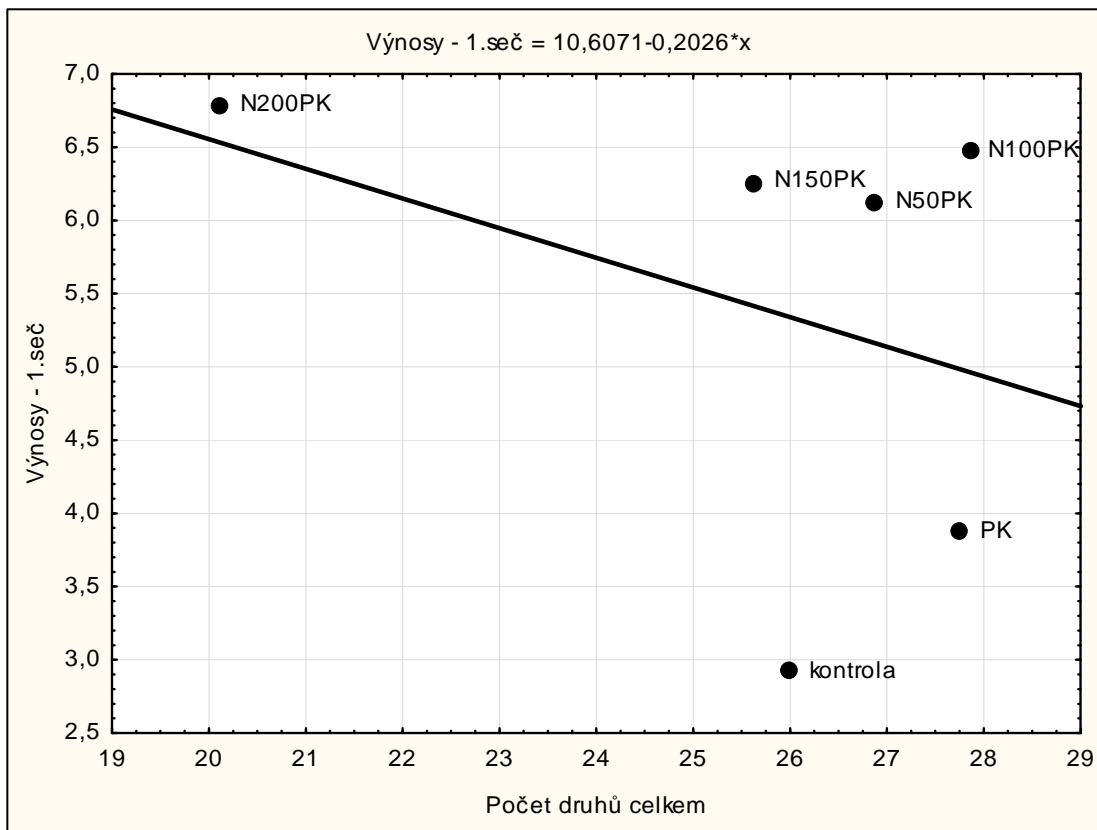
Pomocí lineární regrese byl stanoven vztah mezi celkovým počtem druhů a celkovými výnosy biomasy na jednotlivých variantách. Pro upřesnění údajů byly do další analýzy zahrnuty výnosy pouze z 1. seče, která proběhla v termínu botanického hodnocení porostu.

#### 5. 3. 1. Vztah mezi počtem druhů a výnosy biomasy z 1. seče

Tento vztah nebyl statisticky průkazný ( $p = 0,435$ ), a závislost mezi počtem druhů a výnosy z 1. seče (Graf 9) byla nevýznamná ( $r = 0,167$ ). Varianta N200PK (Graf 10) se výrazněji lišila od ostatních.



Graf 9: Vyjádření vztahu mezi počtem druhů a výnosy z 1. seče (v t/ha)

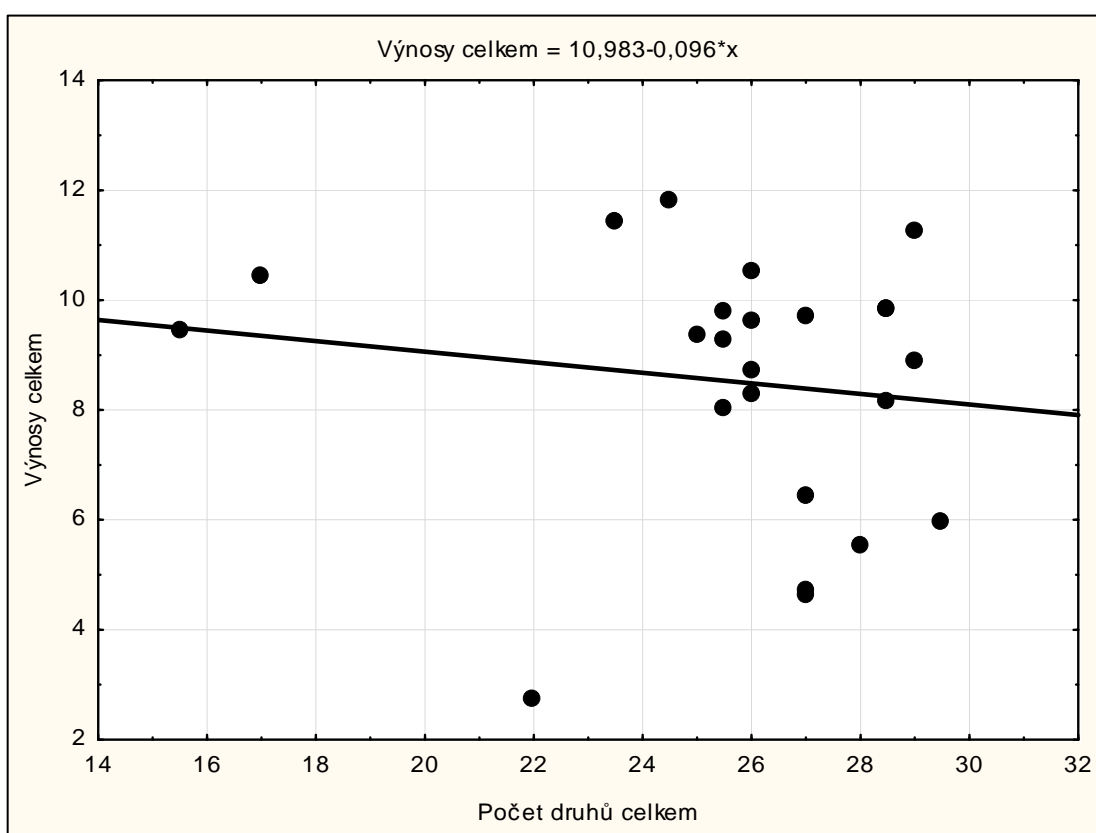


Graf 10: Zobrazení vztahu mezi průměrnými počty druhů a průměrnými výnosy z 1. seče na jednotlivých variantách

V grafu z průměrných údajů je lépe vidět vztah mezi počtem druhů a výnosy biomasy. Varianty kontrola a PK jsou si podobné nízkými výnosy a vysokým počtem druhů. Varianty N50PK, N100PK a N150PK mají vyšší výnosy než předchozí a stejný počet druhů. Varianta N200PK s vysokými výnosy a zřetelně nižším počtem druhů je výrazně odchýlena od ostatních.

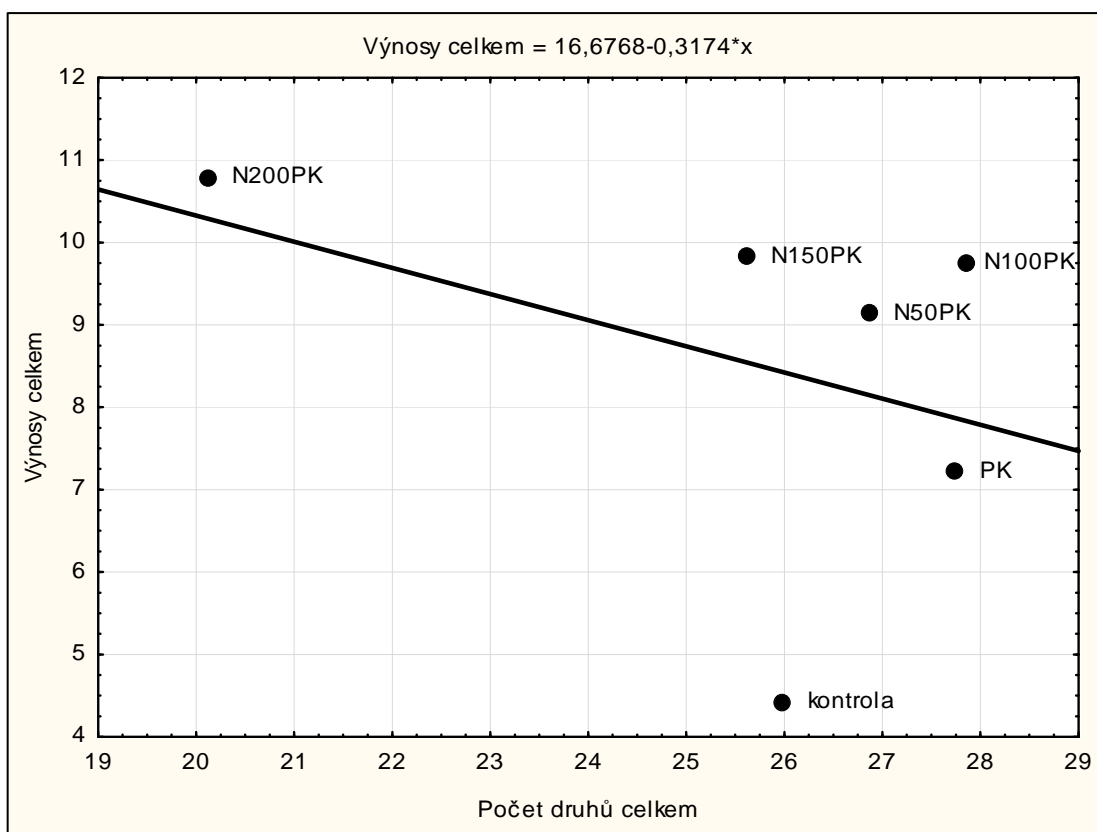
### 5. 3. 2. Vztah mezi počtem druhů a výnosy biomasy celkem

Také vztah mezi počtem druhů a výnosy celkem (Graf 11) nebyl statisticky průkazný ( $p = 0,513$ ), a vzájemná závislost nebyla významná ( $r = 0,140$ ). Kromě varianty N200PK se od ostatních odlišovala i kontrola (Graf 12).



Graf 11: Znázornění vztahu mezi počtem druhů a výnosy celkem (v t/ha)





Graf 12: Vztah mezi průměrnými počty druhů a průměrnými výnosy celkem na jednotlivých variantách

V grafu z průměrných údajů celkem je také lépe vidět vztah mezi počtem druhů a výnosy biomasy. Varianta kontrola je odlišná od ostatních nízkými výnosy a vysokým počtem druhů. Varianty PK, N50PK, N100PK a N150PK jsou si podobné vyššími výnosy než kontrola a stejným počtem druhů. Varianta N200PK s vysokými výnosy a výrazně nižším počtem druhů je zřetelně odchýlena od ostatních.

## 6. Diskuze

### 6. 1. Počty druhů jednotlivých agrobotanických skupin a celkové počty druhů

Mezi počty druhů jetelovin, ostatních dvouděložných i celkových počtů druhů na jednotlivých variantách byly shledány statisticky významné rozdíly, zatímco u trav nebyly rozdíly statisticky průkazné. Počty druhů trav byly poměrně vyrovnané ve všech variantách hnojení. Aerts *et al.* (2003) ve svém pokusu naopak uvádějí, že vysoké dávky dusíkatého hnojení způsobují silný rozvoj trav a zánik jetelovin.

Počty druhů jetelovin na jednotlivých variantách pozvolně klesaly se zvyšující se úrovní dusíkatého hnojení, ale nedošlo k jejich úplnému vymizení. Nejvíce druhů jetelovin bylo nalezeno ve variantách PK, N50PK a kontrola (4), a nejméně ve variantě N200PK (2). Suding *et al.* (2005) svou studií potvrzují, že se stoupající úrovní hnojení dusíkem dochází ke ztrátě diverzity, jeteloviny a také ostatní dvouděložné z porostu postupně ustupují.

Nejvíce druhů ostatních dvouděložných bylo nalezeno ve variantách N50PK, N100PK a PK (14), a výrazně méně ve variantě N200PK (10). Počty druhů ostatních dvouděložných byly tedy s rostoucí dávkou hnojení stále vyrovnané, ale s nejvyšší úrovní hnojení prudce klesly. Ceulemans *et al.* (2013) v souladu uvádějí, že na nejproduktivnějších stanovištích bývá podstatně méně druhů ostatních dvouděložných.

Celkové počty druhů na jednotlivých variantách se s rostoucí úrovní hnojení mírně zvýšily, ale následně prudce klesly s nejvyšší dávkou dusíkatého hnojení. Nejvíce celkových počtů druhů bylo nalezeno ve variantě PK a N100PK (28), a výrazně nejméně ve variantě N200PK (20). Waren *et al.* (2009) popisují, že stanoviště s nízkou zásobou živin, ale také naopak nejproduktivnější plochy mívají menší diverzitu. Na produktivitu má přímý vliv hnojení, s rostoucími dávkami dusíku se zvětšuje i objem nadzemní biomasy. Počet druhů však bývá nejvyšší při středních úrovních hnojení, protože jen méně druhů se stává dominantními a má

schopnost vydržet konkurenční tlak. Tyto druhy pak tvoří většinu biomasy a následně i výnosů. Toto tvrzení svými výsledky dokládají i Ceulemans *et al.* (2013), Suding *et al.* (2005) a Venterink *et al.* (2003).

## 6. 2. Výnosy biomasy z jednotlivých sečí a celkové výnosy nadzemní biomasy

Statisticky průkazné rozdíly mezi variantami hnojení byly shledány mezi celkovými výnosy, výnosy z první a třetí seče, ale rozdíly výnosů z druhé seče statisticky významné nebyly. Výnosy z první seče byly nejvyšší ve variantě N200PK, necelých 7 t/ha. K prudkému poklesu došlo ve variantách bez dusíkatého hnojení, PK a kontrola, kde byly výnosy 4 a 3 t/ha. Ke stejnému závěru ve své studii také docházejí Venterink *et al.* (2003).

Výnosy z druhé seče byly nejvyšší ve variantách N200PK a N150PK, téměř 2 t/ha. Varianta PK s výnosy 1,75 t/ha převýšila ostatní varianty hnojené dusíkem. Výrazně nejnižší výnosy byly na nehnojené kontrole, 0,75 t/ha. Podle Aerts *et al.* (2003) se stoupajícím hnojením dusíkem rostou i výnosy biomasy, a při nejvyšších úrovních bývají dvakrát vyšší než v kontrole. Také ve třetí seči měla nehnojená kontrola s 0,75 t/ha podstatně menší výnosy oproti všem ostatním variantám. Výnosy ze třetí seče byly výrazněji vyšší ve variantě N200PK, více než 2 t/ha.

Největší celkové výnosy byly zaznamenány ve variantě N200PK, 11 t/ha. S odstupem následovala varianta PK s výnosy nad 7 t/ha, a nehnojená kontrola, která měla nejmenší výnosy, 4,5 t/ha. Waren *et al.* (2009) potvrzují, že výnosy biomasy klesají se stále se snižujícími dávkami dusíkatého hnojení.

## 6. 3. Vztah mezi počtem druhů a výnosy nadzemní biomasy

Vztah mezi počtem druhů a výnosy biomasy nebyl statisticky významný. Více odlišná byla pouze varianta N200PK, s výrazněji nejnižším počtem druhů a také

nejvyššími výnosy ze všech variant. Dusíkaté hnojení mělo prokazatelný vliv na výnosy biomasy, se stále se zvyšující dávkou hnojiv stoupaly i výnosy. Počet druhů celkový, i v rámci jednotlivých agrobotanických skupin (kromě trav, které byly vyrovnané), nejprve mírně stoupal, kolísal při středních úrovních hnojení, a následně prudce klesal s neustále se zvyšující dávkou dusíku. Tento závěr svými výsledky potvrzují Waren *et al.* (2009). Zároveň ale uvádějí, že mohou existovat i stanoviště, která čím větší mají diverzitu, tím vyšší výnosy biomasy poskytují. K tomuto jevu dochází při komplementaritě druhů, a proto celkovému efektivnějšímu využívání zdrojů živin. Teorii, že vyšší počet druhů vede k větší produktivitě svou studií dokládají i Tilman *et al.* (2001) a Marquard *et al.* (2009). A dále navazují, že tato skutečnost však platí pouze pro některé rostlinné druhy, např. jeteloviny. V rámci této agrobotanické skupiny platí, že se stoupajícím počtem druhů rostou i výnosy biomasy. Podobný vztah existuje i mezi rostlinami z agrobotanické skupiny ostatní dvouděložné, zde se větší výnosy vysvětlují vysokými a velkými bylinami. Naopak pro malé byliny a trávy tento jev neplatí (Marquard *et al.*, 2009).

## 7. Závěr

Aplikace rozdílných dávek NPK hnojiv na jednotlivých variantách má průkazný vliv:

- na počty druhů celkem, počty druhů jetelovin a počty druhů ostatních dvouděložných. Mezi počty druhů trav nebyly shledány průkazné rozdíly.
- na celkové výnosy biomasy, výnosy z první a třetí seče. Rozdíly mezi výnosy z druhé seče nebyly průkazné.

Mezi počtem druhů celkem a celkovými výnosy biomasy na jednotlivých variantách hnojení není průkazná závislost. Závislost není ani mezi počtem druhů celkem a výnosy biomasy pouze z první seče, která proběhla v termínu botanického hodnocení.

Nejvyšší počty druhů byly nalezeny ve variantách se střední úrovní dusíkatého hnojení. Tyto varianty obsahovaly více druhů než varianty bez hnojení, ale ve variantách s největší dávkou dusíku bylo nejméně rostlinných druhů. Výnosy byly nejnižší ve variantách bez hnojení a nejvyšší ve variantách nejvíce hnojených. Mezi všemi variantami byla více odlišná pouze varianta s největší dotací dusíku, N200PK, která obsahovala výrazně nižší počet druhů a poskytovala nejvyšší výnosy biomasy ze všech variant.

## 8. Seznam literatury

Adler, P. B., Seabloom, E. W., Borer, E. T. 2011. Productivity is a poor predictor of plant species richness. *Science*. 333. 1750-1752.

Aerts, R., De Caluwe, H., Beltman, B. 2003. Is the Relation between nutrient supply and biodiversity co-determined by the type of nutrient limitation? *Oikos*. 101. 489 - 498.

Bakker, J. P. 1989. *Nature Management by Grazing and Cutting: On the ecological significance of grazing and cutting regimes applied to restore former species-rich grassland communities in the Netherlands*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht. Netherlands. 400 s.

Bardgett, R. D., McAlister, E. 1999. The measurement of soil fungal : bacterial biomass ratios as an indicator of ecosystem self-regulation in temperate meadow grasslands. *Biology and Fertility of Soils*. 29. 282 - 290.

Bennett J. A., Cahill J. F. Jr. 2012. Evaluating the relationship between competition and productivity within a native grassland. *Plos one*. 7(8). 43703.

Ceulemans, T., Merckx, R., Hens, M., Honnay, O. 2013. Plant species loss from European semi-natural grasslands following nutrient enrichment – is it nitrogen or is it phosphorus? *Global Ecology and Biogeography*. 22. 73 – 82.

Chytrý, M., Kučera, T., Kočí, M. 2001. *Katalog biotopů ČR. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR*. 304 s.

Craine, J. M., Froehle, J., Tilman, D. G., Wedin, D. A., Chapin, F. S. 2001. The relationships among root and leaf traits of 76 grassland species and relative abundance along fertility and disturbance gradients. *Oikos*. 93. 274 - 285.

Conant, R. T., Paustian, K., Elliot, E. T. 2001. Grassland management and conversion into grassland: effect on soil carbon. *Applied Ecology*. 11. 343-355.

Cousins, S. A. O. and Ericsson, O. 2008. After the hotspots are gone: Land use history and grassland plant species diversity in a strongly transformed agricultural landscape. *Applied Vegetation Science*. 11. 365 - 374.

Fiala, J., Gaisler, J., Spoustová, B. 1998. The effects of modified

management on drainage and nitrate leaching on extensively and non – used grasslands in the mountain and foot – hill areas of Czech Republic. Proceedings of the 17th EGE Meeting. Debrecen. 683 – 687.

Galváneek, D. and Lepš, J. 2012. The effect of management on productivity, litter accumulation and seedling recruitment in a Carpathian mountain grassland. *Plant Ecology*. 213. 523 – 533.

Grime, J. P. 2001. *Plant strategies, vegetation processes and ecosystem properties*. Chichester. John Wiley and Sons. 222 s.

Gross, N., Puding, K. N., Lavorel, S. 2007. Leaf dry matter content and lateral spread predict response to land use change for six subalpine grassland species. *Journal of Vegetation Science*. 18. 289 - 300.

Gryndler, M., Baláž, M., Hršelová, H., Jansa, J., Vosátka, M. 2004. Mykorhizní symbióza. O soužití hub s kořeny rostlin. Academia. Praha. 366 s.

Ilavská, I., Rataj, D., Hanzes, L., Britaňák, N. 2003. Botanické složení polopřírodního travního porostu po přerušení minerálního hnojení. Výzkumný ústav travních porostů, Bánská Bystřice. Nitra. 105 – 109.

Jongepierová, I., Deván, P., Devánová, K., Piro, Z., Hájek, M., Konvička, O., Mládek, J., Spitzer, L., Poková, H. 2008. Údržba travních porostů. Louky Bílých Karpat. ZO ČSOP Bílé Karpaty. Veselí nad Moravou. 433 - 444.

Kahmen, S. and Poschlod, P. 2004. Plant functional traits responses to grassland succession over 25 years. *Journal of Vegetation science*. 15. 21 – 32.

Klement, V. 2003. Bulletin Odborné agrochemie půdy a výživy rostlin. ÚKZÚZ. 11, 3. 63 -72.

Klimeš, F. 1999. Fytocenologické vztahy v pastevních porostech. *Rostlinná výroba*. 45. 5. 205 – 211.

Klír, J. 2006. Sborník z 12 mezinárodní konference. Racionální použití hnojiv. CZU Praha. 10 -15.

Kočí, V., Burkhard, J., Maršálek, B. 2000. Eutrofizace na přelomu tisíciletí. *Eutrofizace*. Praha. 3 -13.

Kroon, H. and Visser, E. J. W. 2003. *Root Ecology*. Springer. 394 s.

Kvítek, T. 1997. Udržení, zlepšení a zakládání druhově bohatých luk. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy. Praha. 52 s.

- Larcher, W. 1995. *Physiological Plant Ecology*. Springer. 506 s.
- Lepš, J. 1999. Nutrient status, disturbance and competition: an experimental test of relationships in a wet meadow community. *Vegetation Science*. 10. 219 - 230.
- Ložek, V. 2004. Středoevropské bezlesí v čase a prostoru. *Ochrana přírody* 59. 3 – 9.
- Málková, J. 2008. *Vegetace České republiky – louky*. Pachner. Hradec Králové. 978- 80-7435-008-5.
- Marquard, E., Weigelt, A., Temperton, V. M., Roscher, C., Schumacher, J., Buchmann, N., Fischer, M., Weisser, W., Schmidt, B. 2009. Plant species richness and functional composition drive overyielding in a six-year grassland experiment. *Ecology*. 90. 12. 3290 – 3302.
- Mašková, Z., Doležal, J., Květ, J., Zemek, F. 2008. Long - term functioning of a species-rich mountain meadow under different management regimes. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 132. 192 - 202.
- Mikola, J., Yaates, G. W., Wardle, D. A., Barker, G. M., Bonner, K. I. 2001. Response of soil food-web structure to defoliation of different plant species combinations in an experimental grassland community. *Soil Biology*. 33. 205 - 214.
- Míka, V. 1973. Vliv minerálního hnojení trvalých luk na strukturu půdy. *Rostlinná výroba*. 19. 10. 1025 - 1034.
- Rehder, H. and Schafer, A. 1978. *Nitrogen in the Environment*. In: D. R. Nielsen, J. G. MacDonald. Academic Press. New York. 157 s.
- Rice, C. W., Moorman, T. B., Beare, M. 1996. Role of microbial biomass carbon and nitrogen in soil quality. In: Doran, J. W., Jones, A. J. *Methods for assessing soil quality*. Soil Science Society of America. Madison. Wisconsin. 203 - 215.
- Rychnovská, M., Balátová – Tuláčková, E., Úlehlová, B., Pelikán, J. 1985. *Ekologie lučních porostů*. Academia. Praha. 31 – 123, 249 – 261.
- Schnyder, H. and de Visser, R. 1999. Fluxes of reserve-derived and currently assimilated carbon and nitrogen in perennial ryegrass recovering from defoliation. *Plant Physiology* .119. 1423 -1435.
- Skládanka, J. a Hrabě, F. 2008. Vliv hnojení a intenzity využití na druhovou skladbu, diverzitu a kvalitu travního porostu. *Agriculture (polnohospodárstvo)*. 54.



1. 1 – 8.

Stašiov, S., Tasovský, K., Resl, K. 2006. Restored meadow harvestmen communities in the Bílé Karpaty Protected Landscape Area, Czech Republic. *Biologie*. Bratislava. 61. 165 -169.

Suding, K. N., Collins, S. L., Gough, L., Clark, CH., Cleland, E. E., Gross, K. L., Milchunas, D. G., Pennings, S. 2004. Functional - and abundance - based mechanisms explain diversity loss due to N fertilization. University of Alaska. Fairbanks. 102. 12. 4387 – 4392.

Tate, R. L. 2000. The nitrogen cycle: Soil-based processes. In: Tate, R.L. *Soil Microbiology*. John Wiley and Sons. USA. 314 - 346.

Tilman, D., Reich, P. B., Knops, J., Wedin, D., Mielke, T., Lehman, C. 2001. Diversity and productivity in a long-term grassland experiment. *Science*. 294. 843 – 845.

Titus J. H., Lepš, J. 2000. The response of arbuscular mycorrhizae to fertilization, mowing, and removal of dominant species in a diverse oligotrophic wet meadow. *American journal of Botany*. 87. 392 - 401.

Uhlířová, E., Šimek, M., Šantrůčková, H. 2004. Microbial transformation of organic matter in soils of montane grasslands under different management. *Applied Soil Ecology*. 28. 225 - 235.

Úlehlová B. 1989. Nitrogen cycle in grass ecosystems. *Academia*. Praha. 26 – 42.

Venterink, O. H., Wassen, M. J., Verkroost, A. W. M., Rutter, D. P. C. 2003. Species richness – produktivity patterns differ between N-, P-, and K- limited wetlands. *Ecology*. 84. 8. 2191 – 2199.

Violle, C., Garnier, E., Lecoœur, J., Rozmet, C., Podgeur, C., Blanchard, A., Navas, M. L. 2009. Competition, traits and resource depletion in plant communities. *Oecologia* 160. 747 - 755.

Warren, J., Topping, Ch. J., James, P. 2009. A unifying evolutionary theory for the biomass – diversity – fertility relationship. *Theory Ecology*. 2. 119 – 126.

Zeiter, M., Stampfli, A., Newbery, D. M. 2006. Recruitment limitation constrains local species richness and productivity in dry grassland. *Ecology*. 87. 942 – 951.

