Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra pícninářství a trávníkářství

Vliv hnojení na pokryvnost jetelovin na ovsíkové louce

Bakalářská práce

Autor práce: Adam Vavřík

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

© 2015 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Vliv hnojení na pokryvnost jetelovin na ovsíkové louce" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne _____

Poděkování

Chtěl bych poděkovat především své vedoucí bakalářské práce Ing. Zuzaně Hrevušové, Ph.D. za odborné rady a připomínky a Ing. Anně Dindové za pomoc a rady při zpracování praktické části práce.

Vliv hnojení na pokryvnost jetelovin na ovsíkové louce

Souhrn

Cílem bakalářské práce bylo zhodnotit vliv hnojení minerálními hnojivy na pokryvnost jetelovin, trav a ostatních dvouděložných druhů. Dále byl stanoven výnos sušiny a zhodnocen v závislosti na úrovni minerálního hnojení.

Dlouhodobý pokus byl založen v roce 1976 u obce Senožaty v okrese Pelhřimov na Vysočině. Sledovaný luční porost patří do svazu *Arrhenatherion elatioris,* dominantním druhem je ovsík vyvýšený (*Arrhenatherum elatius)*. Pokusné parcely mají rozměr 4 x 3 m. Varianty jsou následující: nehnojená kontrola, PK, N50PK, N100PK, N150PK, N200PK. Dusíkem je hnojeno na jaře. Používá se hnojivo ledek amonný (27,5 % N) s vápencem. Fosfor a draslík jsou aplikovány na podzim. Fosfor v podobě superfosfátu a draslík jako draselná sůl. Botanické složení bylo hodnoceno před první a druhou sečí. Použita byla metoda odhadu redukované projektivní dominance. Před první i druhou sečí byla hodnocena pokryvnost hlavních agrobotanických skupin a před první sečí i pokryvnost jednotlivých druhů jetelovin. Ze všech tří sečí byl stanoven výnos sušiny.

Výsledky přinesli několik poznatků. Vyšší dávky dusíku (100 – 200 kg.ha^{-1}) podpořily rozvoj travních druhů a naopak potlačily jeteloviny a ostatní dvouděložné druhy. Fosforečné a draselné hnojení průkazně zvýšilo výskyt jetelovin a ostatních dvouděložných druhů. Nejvíce zastoupenými jetelovinami byly jetel plazivý (*Trifolium repens*) a jetel luční (*Trifolium pratense*) Výnosy sušiny se na variantě s aplikací fosforečných a draselných hnojiv (PK) zvýšily o 32,5 % oproti nehnojené kontrole. Nejnižší aplikovaná dávka dusíku (50 kg.ha^{-1}) přinesla zvýšení výnosu o 109,2 %, maximální dávka dusíku (200 kg.ha^{-1}) zvedla výnos o 131,8 % oproti nehnojené kontrole. Dále byla prokázána při první seči negativní lineární závislost mezi výnosem sušiny a pokryvností jetelovin. Při nárůstu výnosu o 1 t.ha^{-1} se snížila pokryvnost jetelovin o 6,77 %. U druhé seče negativní lineární závislost nebyla průkazná.

Ze zjištěných výsledků je zřejmé, že pro udržení vyššího procenta jetelovin v porostu je podmínkou aplikace fosforečných a draselných hnojiv s vypuštěním nebo dávkou dusíku do 50 kg.ha^{-1}.

Klíčová slova: dusík, fosfor, draslík, hnojení, pokryvnost, výnos

Effect of fertilization on the cover of legumes meadow Arrhenatherum

Summary

The aim of this bachelor's thesis was to evaluate the effect of fertilization with mineral fertilizers on the cover of legumes, grasses and other dicotyledonous species. Also was determined a dry matter yield and evaluated depending on the level of mineral fertilization.

Long-term experiment was established in 1976 by near village Senožaty, district Pelhřimov, Vysočina. Monitored grasslands belong to *Arrhenatherion elatioris*, the dominant species is *Arrhenatherum elatius*. Experimental plots have size 4 x 3 m. The options are following: unfertilized control, PK, N50PK, N100PK, N150PK, and N200PK. Fertilization by nitrogen is in spring. Used fertilizer was ammonium nitrate (27.5% N) with limestone. Phosphorus and potassium are applied in autumn. Phosphorus is in the form of superphosphate and potassium is as potassium salt. Botanical composition was evaluated before the first and second cuts. The used method of estimation was the reduced projective dominance. Before first and second cuts were evaluated coverage major agrobotanical groups and before the first cut even coverage of individual species of legumes. Of all three cuts were determined dry matter yield.

The results brought several pieces of knowledge. Higher doses of nitrogen (100 - 200 kg.ha $^{-1}$) supported development of grass species were consequently suppressed clover and other dicotyledonous species. Phosphorus and potassium fertilization significantly increased the cover of legumes and other dicotyledonous species. The most represented legumes were *Trifolium repens* and *Trifolium pretense*. Dry matter yield in the variant with the application of phosphate and potash fertilizers (PK) increased 32.5% compared to the unfertilized control. The lowest applied dose of nitrogen (50 kg per ha^{-1}) brought a yield increase of 109.2%, the maximum dose of nitrogen (200 kg per ha $^{-1}$) yield rise by 131.8% compared to the unfertilized control. For the first cut was proved negative linear link between yield of dry matter and cover of legumes. One ton yield increment of dry matter, decreased coverage of clovers to 6.77%. For the second cut that negative linear link was not proved.

From the obtained results it is clear that in order to maintain a higher percentage of clovers in the stand is a prerequisite for the application of phosphate and potash fertilizers with nitrogen discharge or a dose of up to 50 kg per ha $^{-1.}$

Keywords: nitrogen, phosphorus, potassium, fertilization, cover, yield

Obsah

1 Úvod 6

2 Cíl práce a hypotézy 7

2.1 Stanovené hypotézy 7

2.2 Cíl práce 7

3 Literární rešerše 8

3.1 Význam trvalých travních porostů (TTP) a jejich funkce 8

3.1.1 Produkční funkce trvalých travních porostů 9

3.1.2 Mimoprodukční funkce trvalých travních porostů 11

3.2 Význam jetelovin a jejich funkce 13

3.2.1 Produkční funkce jetelovin 13

3.2.2 Mimoprodukční funkce jetelovin 14

3.3 Kořenová soustava jetelovin a trav a odlišné způsoby získávání živin 14

3.3.1 Jeteloviny 14

3.3.1.1 Symbióza hlízkových bakterií s kořeny bobovitých (*Fabaceae*) 15

3.3.2 Trávy 16

3.3.2.1 Symbióza lučních trav s houbami (mykorhiza) 16

3.4 *(Arrhenatherion elatioris)* – Mezofilní ovsíkové a kostřavové louky 17

3.4.1 Ovsík vyvýšený (*Arrhenatherum elatius*) 17

3.5 Abiotické a biotické faktory působící na TTP 18

3.5.1 Abiotické faktory 18

3.5.1.1 Klimatické faktory 18

3.5.1.2 Orografické faktory 19

3.5.1.3 Edafické faktory 19

3.5.2 Biotické faktory 20

3.5.2.1 Druhové složení a konkurence rostlin TTP 21

3.5.2.2 Vliv frekvence sečí na botanické složení a výnos TTP 22

3.6 Hnojení TTP 22

3.6.1 Hnojení travních porostů minerálními hnojivy 24

3.6.1.1 Vliv dusíkatého hnojení na druhové složení a výnos TTP 24

3.6.1.2 Vliv fosforečného hnojení na druhové složení a výnos TTP 27

3.6.1.3 Vliv draselného hnojení na druhové složení a výnos TTP 29

3.6.1.4 Hnojení TTP hořčíkem 29

3.6.1.5 Vápnění TTP 30

3.6.2 Hnojení travních porostů statkovými hnojivy 31

3.6.2.1 Vliv hnojení statkovými hnojivy na druhové složení a výnos TTP 33

4 Materiál a metody 36
4.1 Charakteristika stanoviště 36
4.2 Založení pokusu a hnojení 36
4.3 Sledování botanického složení 37
4.4 Sledování výnosů nadzemní biomasy 37
4.5 Schéma pokusu 38
4.6 Statistické hodnocení 39
5 Výsledky 40
6 Diskuze 47
7 Závěr 50
8 Seznam literatury 51
9 Přílohy 58
9.1 Seznam příloh 58

1 Úvod

Trvalé travní porosty jsou po orné půdě druhou největší skupinou spadající do kategorie zemědělské půdy České republiky, z níž zaujímají přibližně 23 %, a jejich plochy stále stoupají.

Když dávní zemědělci začali chovat první domestikovaná zvířata, jejich prvotní činností bylo vypalování lesů, aby vytvořili pro tyto zvířata pastviny. Vznikaly tak první pastevní porosty a později, s poznáním konzervace píce sušením i první luční společenstva.

První a nejdůležitější funkcí trvalých travních porostů byla a je funkce produkční. Ač stavy dojného skotu v České republice rapidně poklesly, stále mají trvalé travní porosty (TTP) svou nenahraditelnou funkci produkovat píci pro hospodářská zvířata, ať už čerstvou či konzervovanou. Nicméně přibývá skotu chovaného bez tržní produkce mléka za účelem výroby kvalitního hovězího masa, a tedy i plochy TTP rostou. Travní porosty jsou využívány buď již zmiňovanou pastvou, nebo sečením a následným odvozem fytomasy z pozemku.

Vedle produkční funkce plní travní porosty i funkce mimoprodukční. V dnešní době, kdy stále více musíme dbát na životní prostředí, právě funkce ekostabilizační a půdoochranná mají velký význam. Neméně důležitá je i estetická funkce a s ní související krajinotvorná funkce.

Travní společenstvo je velice složitý a druhově bohatý ekosystém. Vedle rostlinných druhů poskytuje životní prostor pro mnoho mikroorganismů, bezobratlých a malých obratlovců. Poskytuje a zároveň chrání biodiverzitu krajiny.

Hlavními zástupci říše rostlin jsou trávy, jeteloviny a další bylinné druhy vzájemně se ovlivňující. Důležitou součástí travních porostů jsou právě jeteloviny. Mají schopnost poutat vzdušný dusík symbioticky žijícími bakteriemi v hlízkách na jejich kořenech a po odumření kořenů jetelovin mohou takto navázaný dusík využít trávy. Jeteloviny tvoří v porostu bílkovinnou složku, mají vysoký obsah vitamínů a karotenů a jsou tedy kvalitní složkou krmiva hospodářských zvířat. Trávy tvoří glycidovou složku krmiva, a proto jsou společně s jetelovinami považovány za krmivo s optimálním obsahem živin požadovaným hospodářskými zvířaty.

Kdyby travní porosty nebyly obhospodařovány člověkem, brzy se postupnou sukcesí změní zpátky v lesní společenstvo. Člověk svými pratotechnickými zásahy ovlivňuje především druhovou skladbu a výnos travního společenstva. Nejvíce ovlivňuje druhové složení hnojení dusíkem. A pak také četnost sečení porostu.

2 Cíl práce a hypotézy

2.1 Stanovené hypotézy

V bakalářské práci byly stanoveny následující hypotézy:

- hnojení ovlivňuje zastoupení funkčních skupin v porostu v době 1. a 2. seče,
- hnojení ovlivňuje pokryvnost jednotlivých druhů jetelovin,
- hnojení ovlivňuje výnosy sušiny,
- pokryvnost jetelovin koreluje s výnosy sušiny.

2.2 Cíl práce

Cílem bakalářské práce bylo stanovit vliv hnojení minerálními hnojivy na zastoupení jetelovin na pokusném stanovišti Senožaty v lučním porostu typu (*Arrhenatherion elatioris*) – mezofilní ovsíkové a kostřavové louky. Dále byl stanoven výnos sušiny ze všech sledovaných variant.

3 Literární rešerše

3.1 Význam trvalých travních porostů (TTP) a jejich funkce

Polopřirozené travní porosty tvoří neodmyslitelnou součást naší krajiny. Vznikly odlesněním ploch v lesním pásmu a udržují se pasením hospodářských zvířat anebo kosením. Jejich botanické složení je výsledkem ekologických podmínek a vlivu člověka (Jendrišáková a kol., 2011). Travní porosty jsou složitá, smíšená, pestrá a velice různorodá společenstva trav, jetelovin a dalších bylinných druhů (Klimeš, 1997). Trvalé travní porosty mají nejenom roli produkční, ale podílí se i na tvorbě krajiny a ochraně její biodiverzity (Veselý a kol., 2011).

Území našeho státu je z geobotanického hlediska v lesním pásmu. Přírodní travní porosty zde nejsou primární rostlinnou formací. Sekundárně vzniklé travní porosty by bez působení člověka postupně přešly v lesní formaci (Mrkvička a Veselá, 2001).

Travní agroekosystémy plní v krajině mnoho funkcí (Novák, 2008). Na dosavadní upřednostňování produkčního významu je navázáno zdůrazňování dalších významných funkcí ekologických (čistota ovzduší, kvalitní voda), krajinotvorných a společenských. Uvedený trend je dán snižováním ploch intenzivních jetelovinotravních porostů na orné půdě a na druhé straně rozšiřováním a víceméně extenzivnějším využíváním ploch trvalých luk a pastvin (Hrabě a kol., 2004).

Stavy ploch TTP a pícnin na orné půdě od roku 1990 po vybrané roky až do roku 2014 jsou uvedeny v následující tabulce číslo 1.

Tabulka 1 Stavy ploch pícnin na orné půdě a TTP od roku 1990 až do současnosti (ČSÚ, 2014).

Rok	Druh porostu	
	Pícniny na orné půdě (tis. ha)	TTP (tis. ha)
1990	1 100	833
1994	887	886
1998	723	947
2002	527	968
2006	459	976
2010	406	986
2014	452	údaj chybí

3.1.1 **Produkční funkce trvalých travních porostů**

Produkční funkce travního ekosystému vyplývá z produkce krmiv na výživu zvířat nejen na přímé zkrmování, ale i na konzervování pro mimovegetační období. Pastviny a louky poskytují při minimální investici energie maximum objemného krmiva. Při dvou sklizních je ekosystém ochuzen o 12 až 15 % vytvořené rostlinné fytomasy. Ostatní fytomasa vstupuje do dekompozičního řetězce (Novák, 2008).

Základní rozdíl mezi kulturními travními porosty a polopřirozenými až polokulturními porosty je v pohledu na možnosti jejich využívání. Pro zemědělce jsou druhově bohaté louky výnosově méně produktivní a někdy méně kvalitní, avšak píce z nich bývá často chutnější a výnos stabilnější (Mrkvička a Veselá, 2001). Podstatné je, že v přírodních podmínkách neexistuje ostrá hranice mezi produkčním a tzv. mimoprodukčním využíváním trvalých travních porostů. Ve skutečnosti jde o to, která funkce porostu je považována za primární a která za sekundární. Zpravidla je to interakce obou funkcí, kdy jedna převažuje. V podstatě záleží na stanovišti, na kterém porost roste, na struktuře a zaměření živočišné výroby a na způsobu jeho využití, odvozeném od těchto podmínek (Veselý a kol., 2011).

V tabulce číslo 2. jsou uvedeny stavy skotu od roku 1990 až do roku 2014. Od roku 1990 po současnost je vidět rapidní pokles stavu skotu. V současnosti však stavy skotu mírně rostou. To je dáno hlavně přibýváním skotu z kategorie krav bez tržní produkce mléka, což je příznivé z hlediska využití pastvin. Tento stav více rozvádějí Veselý a kol. (2011), kteří říkají, že v návaznosti na zvyšování ploch TTP vývoj stavu zvířat, které je mohou využívat, není příznivý. V ČR jsou TTP využívány hlavně skotem. V chovu skotu je v Evropě i v ČR patrná tendence k poklesu počtu dojnic a k tvorbě větších produktivnějších stád. TTP budou využívány především chovem masného skotu, ovcemi a jalovicemi.

Tabulka 2 Počty kusů skotu v ČR (ČSÚ, 2014).

Rok	Skot	Z toho krávy
1990	3 506 222	1 236 218
1994	2 161 438	829 729
1998	1 700 789	646 838
2002	1 520 136	596 295
2006	1 373 645	563 723
2010	1 349 286	551 245
2014	1 373 560	563 963

Pastva je nejstarší a nejlacinější formou výživy a zároveň nejpřirozenějším způsobem přijímání potravy přežvýkavců. Pastva byla a je jedním z hlavních faktorů, které utvářely a formovaly krajinu. Produkce pastvin poskytuje zvířatům všechny základní živiny potřebné na produkci (Jendrišáková a kol., 2011). Pasení umožňuje odčerpávané živiny částečně kompenzovat výkaly zvířat. Oproti tomu sečení travních porostů způsobuje odběrem nadzemní fytomasy i odběr živin z půdy, které je třeba doplnit hnojením, a zabránit tak degradaci půdy (Novák, 2008). Pastva nabývá na významu především v méně příznivých oblastech, označovaných jako Less favoured areas (LFA), kde je chov přežvýkavců jinou formou agrární činnosti těžko nahraditelný. Ze zemědělské půdy v ČR spadá do LFA 1 778 800 ha (50,5 % zemědělské půdy). TTP představují z této plochy 812 000 ha (45,6 % plochy řazené do LFA) (Veselý a kol., 2011).

U pastevně využívaných porostů by snaha měla být zaměřena na udržení kulturnosti porostu (vyváženosti porostových složek, tj. trav, jetelovin a ostatních druhů) a také na systému spásání (Hrabě a kol., 2004).

Úživná hodnota pastviny při různé úrovni výnosu sušiny v $DJ.ha^{-1}$ je uvedena v tabulce číslo 3.

Tabulka 3 Orientační zatížení pastviny při různé úrovni výnosu pastviny a průměrné délce pastevního cyklu v $DJ.ha^{-1}$ (Šůr a kol., 2002).

Výnos sušiny [$t.ha^{-1}$]	Hovězí dobytek, průměr za 150 dní ($DJ.ha^{-1}$)	Ovce, průměr za 180 dní ($DJ.ha^{-1}$)
do 2,0	0,9	0,55
2,0 - 3,0	0,90 - 1,30	0,55 - 0,83
3,0 - 4,5	1,30 - 2,00	0,83 - 1,05
4,5 - 6,0	2,00 - 2,70	1,25 - 1,67
6,0 - 8,0	2,70 - 3,60	1,67 - 2,20

Hrabě a kol. (2004) stanovili potřebu objemné píce v sušině na 1 $DJ.rok^{-1}$ na 4,5 t (potřeba vyprodukovaného krmiva včetně ztrát). Zkrmitelné množství odpovídá 3,7 tunám sušiny. Musí se však počítat i s rezervou cca 15 %, potřeba se potom vyšplhá až na 5,2 tuny sušiny. Výživové hodnoty travního porostu jsou uvedeny v tabulce číslo 4 na následující straně.

Tabulka 4 Výživová hodnota travních porostů (Buchgraber, 2005).

Parametr	Hodnoty dosahované v praxi	Kvalita pro vysokoužitková zvířata
Koncentrace energie v MJ NEL.kg^{-1} sušiny	4,8 až 5,8	5,9 až 6,5
Stravitelnost organické hmoty (%)	65 až 70	71 až 75
Obsah hrubé vlákniny (%) v sušině	26 až 32	22 až 25
Obsah dusíkatých látek (%) v sušině	10 až 14	15 až 20
Obsah popelovin (%) v sušině	11 až 14	8 až 10

Další možnost využívání TTP uvádí Novák (2008). Podle něj je jednou z možností úspory paliv systematičtější využívání obnovitelných zdrojů energie, mezi které řadíme sluneční, větrnou, geotermální energii, energii vodních toků a v našem případě především využití biomasy jako zdroje energie. Z biomasy přichází v úvahu fytomasa rostlin, dendromasa v podobě štěpky z dřevin, případně brikety a zoomasa z živočišných odpadů. Význam využívání travních porostů pro energetické účely nabývá na důležitosti zejména z hlediska využití ladem ležící půdy pro cílené pěstování energetických rostlin a dále v souvislosti s biomasou produkovanou trvalými travními porosty v naši české krajině. Využití této travní biomasy pro energetické účely se jeví jako perspektivní řešení. Dosavadní výzkumné poznatky nabízejí dvě cesty využití vzniklé biomasy, a to suchou biomasu spalovat a vlhkou zpracovat anaerobní digescí na bioplyn a hnojivý substrát (Raclavská a kol., 2013).

3.1.2 **Mimoprodukční funkce trvalých travních porostů**

Travní porosty mají principiální ekologickou roli v zachování a rozvoji druhové diverzity rostlin a živočichů (Hrabě a kol., 2004). TTP představují značný potenciál jako genetický zdroj rostlinných a živočišných druhů i mikroorganismů (Gáborčík a kol., 2007). Dnes už nejde jen o úzké hospodářské a produkční cíle, ale i o mimoprodukční působení směřující k ochraně hospodářské krajiny a životního prostředí. K mimoprodukčním funkcím patří zdravotně-hygienická, půdoochranná, vodoochranná, klimatická, ekostabilizační, sportovně-rekreační, léčivá, estetická, krajinotvorná, kulturní, sociální a mnoho dalších (Novák, 2008).

Významnou funkcí, která je travním porostům obecně přisuzována, je schopnost zabránit, respektive snižovat povrchový odtok a erozi půdy (Hejduk a Kasprzak, 2007). Půdní erozi snižuje, zvláště na svazích, vytvoření kvalitní a dostatečné drnové a půdní vrstvy. Vlivem ztrát na humusu a živinách dochází ke značným finančním ztrátám. Odnos 10 mm půdy z 1 ha představuje odnos cca 150 t, eventuálně 100 m^3 materiálu (Hrabě a kol., 2004).

Největší povrchový odtok během vegetačního období mají širokořádkové plodiny (kukuřice, brambory), a to zejména při přívalových deštích. Velký význam při vzniku a formování povrchového odtoku má infiltrační schopnost půdy. Při nízké infiltraci a velkém povrchovém odtoku se zvyšuje riziko lokálních povodní, vodní eroze a s tím spojené riziko zvýšení transportu agrochemikálií do povrchových a podzemních vod (Sochorec a kol., 2013). TTP v porovnání s ornou půdou snižují účinky eroze více jak 25krát. Půdoochranný účinek je přímo úměrný hustotě porostu a dále závisí také na mohutnosti a mechanických vlastnostech kořenového systému (Novák, 2008).

Znečištění vody ohrožuje veškerý život. Pokud by se zvýšil podíl zemědělské půdy využívané pro TTP, celková kvalita vody by se výrazně zlepšila. Většina pícnin (zejména vytrvalých trav) vytváří husté kořenové systémy, které jako filtry účinně odstraňují znečišťující látky před tím, než mohou proniknout do spodní vody (Čermák a kol., 2004). Podobné vlastnosti definují Hrabě a kol. (2004), kdy zdůrazňují téměř celoroční schopnost přijímání živin rostlinami TTP, projevující se jen nepatrným vyplavováním dusíku. Novák (2008) upozorňuje, že dobře zapojený travní porost vytvoří v půdě v průměru o 10 % větší pórovitost v porovnání s ornou půdou. Retenční schopnost TTP je veliká a zvláště důležitá při silných a prudkých deštích. Voda je zachycena a je jí umožněno vsakem a filtrací přes fytomasu a půdu přejít do důležitých zásob podzemní pitné vody. Neustálý růst populace bude zapříčiňovat i růst cen vody, a proto její zdroje musíme chránit.

Několik autorů (Čermák a kol., 2004, Novák, 2008, Šašková, 1993) vyzdvihuje estetičnost a kulturní funkci TTP jako neméně důležitou. V dnešní době, kdy lidé mají větší prostor na své koníčky, nabývá na významu právě kulturní a estetická funkce a s nimi související kvalitní a cílevědomé využití volného času. To vytváří další funkci TTP, funkci sportovní.

Jednotlivé funkce TTP nefungují samostatně. Tvoří ucelený soubor funkcí. A tyto funkce mohou plnit jen porosty pečlivě a kvalitně obhospodařované. Klesající hospodářsky využitelná produkce se vzrůstající nadmořskou výškou, ale i snižování intenzity obhospodařování způsobuje nárůst významu mimoprodukčních funkcí TTP (Novák, 2008).

3.2 Význam jetelovin a jejich funkce

Jeteloviny jsou dvouděložné rostliny patřící do čeledi bobovité (*Fabaceae*), (syn. *Leguminosae* Juss., *Papilionaceae* Giseke – motýlokvěté, *Viciaceae* Adans. – vikvovité) (Kubát a kol., 2002).

3.2.1 Produkční funkce jetelovin

Produkční význam jetelovin spočívá v relativně stálých výnosech (Nedělník a kol., 2010, Klesnil a kol., 1978, Regal a Krajčovič, 1963).

Z hlediska obsahu a produkce živin patří jeteloviny k rozhodujícím producentům bílkovin a v tomto směru značně převyšují trávy. Mají příznivý obsah esenciálních aminokyselin, zejména lyzinu, leucinu, valinu a fenylalaninu. Významný je i obsah popelovin (Ca, P) a vitamínů (v 1 kg zelené píce je 2000 mg vitamínu C a až 1000 mg karotenu). Jeteloviny obsahují velice dobře stravitelné živiny (Klesnil a kol., 1978). Po odkvětu některým druhům jetelovin rychle přibývá obsah vlákniny, a to dokonce rychleji než u trav (Regál a Krajčovič, 1963).

Chemické složení jetelovin je uvedeno v tabulce číslo 5.

Tabulka 5 Chemické složení jetelovin a trav (Regál a Krajčovič, 1963).

Fáze	V % z absolutní sušiny					
	Popelovin	Hrubého proteinu	Bílkovin	Tuku	Vlákniny	Bezdusíkatých látek výtažkových
Před květem	8,3	25,5	18,6	3,1	21,2	41,9
Za květu	9	17,8	13,9	3	28,6	41,6
Zrání semen	9,3	12,8	10,4	2,8	34,5	40,6
Otava	11,3	19,1	14,6	3,4	25,3	40,9
Celkový průměr	9,2	17,7	13,9	2,9	28,5	41,7
Trávy (průměrně)	7,7	9,7	8	2,9	31,8	47,9

3.2.2 **Mimoprodukční funkce jetelovin**

Mimoprodukční význam jetelovin je především ve zvyšování či stabilizaci půdní úrodnosti, ve významném melioračním efektu a nezanedbatelná je také jejich protierozní funkce (Nedělník a kol., 2010).

Novák (2008) píše o zajímavé mimoprodukční funkci, a to o medonosnosti. Medonosnost zahrnuje produkci nektaru, medovice a pylu. Nektar je vodní roztok cukrů (glukózy, fruktózy a sacharózy), který se vytvořil při fotosyntetické asimilaci a obsahuje v průměru 45 až 55 % cukru. Většina trav produkuje jen pyl. Avšak víceleté pícniny, a to hlavně jeteloviny, mají dobrý obsah nektaru a pylu. To je důležité pro opylovače, především včely. Ty pak vytváří léčivý med. V období květu silně migrují trávním ekosystémem i ostatní členové třídy hmyzu podílejících se také na opylování. To značně zvyšuje biodiverzitu a stabilitu travního ekosystému. Podle kvality nektaru dělíme medonosné druhy na čtyři skupiny: slabé, střední, dobré a velmi dobré (Jurko, 1990).

Mnohem častějšími opylovači jetelovin jsou však čmeláci. Ti lépe dosáhnou na dno úzkých a dlouhých květů jetelovin a také svou robustnější tělesnou konstrukcí lépe rozevřou pevně sevřené korunní plátky květů jetelovin (Nedělník a kol., 2010). Důležité je zajistit opylovače hlavně v případě pěstování jetelovin na semeno (Klesnil a kol., 1978).

3.3 **Kořenová soustava jetelovin a trav a odlišné způsoby získávání živin**

3.3.1 **Jeteloviny**

Několik autorů, a to Regal a Krajčovič (1963), Krištín a kol. (1987), Hrabě a kol. (2004) shodně charakterizuje kořenový systém jetelovin. Většina jetelovin vytváří mohutný kořenový systém zasahující do značné hloubky. Hlavní kůlový kořen proniká hluboko do půdy a větví se v různých horizontech (Regal a Krajčovič, 1963). Proto také jeteloviny mohou lépe čelit suchu než trávy, kdy díky hlubokým kořenům si „sáhnou“ pro vodu.

Kořenová soustava jetelovin má velmi dobrou schopnost osvojovat si živiny, zejména fosfor a vápník z méně přístupných forem a z velkých hloubek půdy. Živiny jsou vynášeny do zdužnatělé části kořene, kde tvoří zásoby. Živiny po odumření kořenové hmoty jetelovin pak mohou využít ostatní rostliny TTP, zejména trávy (Krištín a kol., 1987).

Jeteloviny se vyznačují intenzivní sekreční a exkreční činností kořenů, čímž je pozitivně ovlivňován rozvoj půdní mikroflóry. Jeteloviny tedy svými výměšky podporují i

rozvoj nitrifikačních bakterii, což rovněž přispívá k dalšímu obohacení půdy dusíkem (Regál a Krajčovič, 1963).

3.3.1.1 Symbióza hlízkových bakterií s kořeny bobovitých (*Fabaceae*)

Biologická fixace molekulárního dusíku je po fotosyntéze druhý nejdůležitější biologický proces na Zemi. Je to jediný významnější přirozený proces, kterým je pro organismy nedostupná forma N_2 převáděna na minerální formu dusíku metabolizovatelnou všemi rostlinami a mikroorganismy (Mikanová a Šimon, 2013).

Většina druhů jetelovin má schopnost navázat symbiózu s diazotrofními bakteriemi známými jako rhizobia, která vytvářejí kořenové hlízky, kde probíhá biologická fixace dusíku. Tato vlastnost je pro jeteloviny značně výhodná (Peix et al., 2014). Proto jsou si jeteloviny schopny opatřit převážnou část dusíku (75-90%) bez potřeby hnojení (Poulík, 1996). Množství poutaného dusíku záleží na druhu jeteloviny, na kmenu symbiotických bakterií a na ekologických podmínkách. Jednotlivé druhy symbiotických bakterií jsou specializovány na určité rody jetelovin (Regál a Krajčovič, 1963). A stejně tak jen i určité rody bakterii jsou schopny symbioticky poutat vzdušný dusík (*Rhizobium, Mesorhizobium, Sinorhizobium, Bradyrhizobium a Azorhizobium*). Všechny tyto rody vytvářejí hlízky na kořenech bobovitých (Gage, 2004).

Hlízkové bakterie pronikají do kořenových buněk. Buňky rostlin na jejich přítomnost reagují intenzivním množením, čímž se na kořenech vytvářejí různě velké hlízky. Tvar hlízek je charakteristický pro daný druh jeteloviny (Hrazdira a kol., 1967).

Základní schopností rhizobií je reagovat na klíčící rostlinky čeledi *Fabaceae*, které produkují signální bílkoviny – noduliny, a přitahují tak k sobě specifická rhizobia typická pro určitý druh z čeledi *Fabaceae*. Rhizobia se uchycují na povrchu kořínku, čímž dochází k jeho zakrucování, rychle se množí, tvoří infekční vlákna a pronikají do kortexu kořene. Svým průnikem stimulují tvorbu buněk kořene a vytvoření hlízek. Tyčinky rhizobií se současně mění v morfologicky odlišnou bakteroidní formu, shluky bakteroidů se obklopují buněčnou membránou a dochází ke koordinaci metabolických pochodů obou partnerů (rostliny a bakterie). Po těchto pochodech je zahájena samotná fixace dusíku (Mikanová a Šimon, 2013).

Všechny organismy, které redukují vzdušný dusík na amoniak, tak činí pomocí enzymového komplexu nitrogenázy. Proces fixace vzdušného dusíku je velice energeticky náročný (Zahran, 1999).

3.3.2 **Trávy**

Kořenová soustava je mimořádně jemná a mohutná (Šašková, 1993). Kořeny nepronikají hluboko 85 až 90 % kořenů se rozprostírá v hloubce do 0,1 m, zbytek proniká hlouběji do 0,8 až 1,4 m (Krištín a kol., 1987). Šašková (1993) uvádí hlavní rozprostření kořenů až do hloubky 0,2 m a u ovsíku vyvýšeného (*Arrhenatherum elatius*) hloubku kořenění až 2,5 m.

Ze spodních kolének nových odnoží vyrůstají nové kořínky a kořeny starých odnoží odumírají. Tak je zajištěna neustálá obnova kořenového systému. Kořeny trav mají nejen zásobovací funkci, ale i funkci rezervních orgánů (Krištín a kol., 1987). Avšak na rozdíl od jetelovin nemají na kořenech hlízky se symbiotickými bakteriemi, a proto vyžadují výživu jak dusíkem, tak i fosforem a draslíkem.

3.3.2.1 Symbióza lučních trav s houbami (mykorhiza)

V lučních a pastevních půdách, zejména v kořenové vrstvě, žije mnoho druhů hub, část z nich v symbióze s kořeny trav. Houby žijí buď vně kořene (mykorhiza ektotorofní), uvnitř kořene (endotrofní), vně i uvnitř (ekto-endotrofní) nebo na pochvách trav (peritrofní). Houba je schopna poskytovat rostlině jinak těžko přístupné živiny a rostlina na oplátku poskytuje houbě organické látky. Mykorhizu však nelze zcela srovnávat s hlízkovými bakteriemi u jetelovin (Hrazdira a kol., 1967).

Problematikou negativních vlivů endofytních hub na hospodářská zvířata se zabýval Cagaš (1999) a zjistil, že houby jsou zdrojem závažných zdravotních poruch u hospodářských zvířat, která přijímala píci silně „kontaminovanou“ hyfami těchto endofytů. Houby rodu (*Neotyphodium*) totiž indikují tvorbu alkaloidů, z nichž téměř všechny působí nepříznivě na býložravce. Houby ale svému hostiteli (trávě) neškodí, ale naopak mají řadu pozitivních vlastností posilujících zejména ochranu hostitelského druhu vůči nejrůznějším druhům biotického a abiotického stresu. Je snaha importovat do těla trav endofyty žádaných vlastností a ty s nežádanými vlastnostmi odstranit.

Symbióza mezi endofytními houbami a trávami je běžná a obecně považovaná za mutualistický stav. Nedávné studie ale nahromadily důkazy o negativních dopadech endofytních hub na rostliny. A tak je na místě rozvinout diskuzi o skutečné povaze symbiózy (Müller and Krauss, 2005).

3.4 *(Arrhenatherion elatioris)* – Mezofilní ovsíkové a kostřavové louky

Svaz *Arrhenatherion elatioris* zahrnuje mezofilní luční porosty ovlivňované pravidelnou sečí a výjimečně extenzivní pastvou. Dominují výběžkaté trávy, které vytváří vícevrstvé porosty. Ve svrchní vrstvě jsou to širokolisté druhy, zejména ovsík vyvýšený (*Arrhenatherum elatius*), srha laločnatá (*Dactylis glomerata*) a trojštět žlutavý (*Trisetum flavescens*), v nižší vrstvě kostřavy (*Festuca pratensis, F. rubra agg.*), psineček obecný (*Agrostic capillaris*) a lipnice luční (*Poa pratensis*). Travní dominanty doprovázejí vytrvalé širokolisté byliny, které tvoří pestrobarevný květnatý aspekt před první (jarní) sečí a méně pestrý aspekt před druhou (letní) sečí (Chytrý a kol., 2007). Louky jsou na živinami bohatých stanovištích velmi produktivní. Jejich výnos dosahuje bez hnojení 3 až 4 t sena na hektar a u hnojených luk mohou být výnosy až dvojnásobné (Rychnovská a kol., 1985).

Mezofilní ovsíkové louky jsou druhově bohaté louky nížin a podhůří do nadmořské výšky 600 m. V Alpách se ale mohou vyskytovat až do 1200 m (Golińska et al., 2012). Jsou vázány na oblasti s mírným klimatem, ročním úhrnem srážek 500-700 mm a ročním teplotním průměrem 6-9 °C. Půdy patří nejčastěji k typu kambizemí, na aluviích také fluvizemní, jsou hlinitopísčité až písčito-hlinité, živinami středně až dobře zásobené, většinou humózní, hluboké na neutrálním, mírně bazickém i mírně kyselém podloží (Chytrý a kol., 2007).

Louky tohoto typu jsou dlouhodobě závislé na pravidelném obhospodařování, zejména seči, extenzivní pastvě, případně doplňkovém hnojení. Eutrofizace a ponechání ladem způsobují degradaci mezofilních květnatých luk (Chytrý a kol., 2007).

Tento porostový svaz zahrnuje ještě čtyři podtypy. Eutrofní ovsíkové louky, suché ovsíkové louky, podhorské kostřavovo-trojštětové louky a kostřavové louky s mochnou bílou. Nejčastějším typem ovsíkových luk je podtyp eutrofní ovsíkové louky a je i nejvýnosnější (Chytrý a kol., 2007).

3.4.1 Ovsík vyvýšený (*Arrhenatherum elatius*)

Je víceletá, velmi vysoká (50-150 cm), volně trsnatá tráva jarního charakteru, středně raná, tvořící sterilní výhonky s hlubokým kořenovým systémem (Procházka, 1993).

Po zasetí se ovsík vyvíjí velmi rychle a plných výnosů dosahuje již v prvním užitkovém roce, ale jeho vytrvalost je obvykle kratší (Klesnil a kol., 1978). Hrabě a kol. (2004) uvádějí vytrvalost ovsíku vyvýšeného 3 až 5 let, při vysemenění je neomezená. Pokud

má možnost vysemenit, stává se brzy v porostu dominantním druhem. Zejména v květnatých loukách a pozdě mulčovaných porostech může potlačit ostatní druhy.

Ovsíku vyvýšenému vyhovují teplejší oblasti, hlubší půdy s dostatkem vápníku (Hrabě a kol., 2004).

Poskytuje vysoké výnosy píce, které, přestože jsou tvořeny velkým množstvím stébel, zvířata přijímají dobře a s chutí. Je vhodný na sušší stanoviště (Klesnil a kol., 1978). Špatně snáší ušlapávání a spásání (Krištín a kol., 1987).

3.5 Abiotické a biotické faktory působící na TTP

3.5.1 Abiotické faktory

Diverzitu vegetace silně ovlivňují abiotické faktory prostředí, jejichž souhrn se označuje jako stanoviště nebo ekotop (Sádlo, 2007). Abiotické faktory výrazně ovlivňují nadzemní fytomasu a kvalitu píce travních porostů (Novák, 2008). Společenstva travních porostů představují přirozené, polopřirozené či kulturní útvary sestávající z trav, jetelovin a ostatních bylinných druhů spojených abiotickým prostředím, vymezeným zejména klimatickými, geologickými a půdními faktory (Klimeš, 1997).

Abiotické faktory ekosystému podle Nováka (2008) dělíme na:

1. Trvale působící, které nemůžeme podstatně ovlivnit (mateřská hornina, druh a typ půdy, klimatické a orografické podmínky).
2. Proměnlivě působící, které můžeme částečně anebo značně ovlivnit (výživový a vodní režim půdy, půdní reakce, obsah a kvalita humusu, půdní edafon).

3.5.1.1 Klimatické faktory

Klimatické faktory ve vnitrokontinentálních podmínkách střední Evropy jsou, tak jako jinde na Zemi, důsledkem fyzikálních jevů v atmosféře. Podnebí na našem území má přechodný typ klimatu mezi oceánským a kontinentálním (Novák, 2008).

Z klimatických faktorů ovlivňuje druhové složení vegetace hlavně množství srážek, jejich rozložení během vegetačního období, dále teplota vzduchu a půdy a jejich extrémní hodnoty. Atmosférické srážky (déšť, sníh) mají určující význam pro druhovou skladbu a vývoj travních porostů tam, kde nemohou být kompenzovány jiným zdrojem vláhy, např.

podzemní vodou nebo závlahami. V takových případech spolurozhodují i o výnosnosti intenzivně obhospodařovaných luk (Rychnovská a kol., 1985).

Mezi další klimatické faktory patří teplota vzduchu, sluneční záření a vítr (Hrazdira a kol., 1967; Baier a Baierová, 1985; Rychnovská a kol., 1985; Klimeš, 1997; Novák, 2008).

3.5.1.2 Orografické faktory

Orografické faktory tvoří komplex daný konfigurací terénu, který významně ovlivňuje složení travních porostů, klimatické faktory a nepřímo edafické prvky. Patří k nim nadmořská výška, reliéf, svažitost a expozice terénu (Novák, 2008). Jejich vliv se projevuje jak ve vztahu k produkčnímu, tak i mimoprodukčnímu uplatnění travních porostů. Orografické faktory jsou určujícím předpokladem při rozhodování o stupni intenzity obhospodařování a způsobu využití travních porostů (Klimeš, 1997).

3.5.1.3 Edafické faktory

Půda představuje nepostradatelnou složku životního prostředí s širokým rozsahem funkcí. Jednou z nejdůležitějších funkcí je funkce užitková. Půda je základní výrobní prostředek v zemědělství a lesnictví (Bukovský a kol., 2012). Půda je stanovištěm rostlin, kterým poskytuje pro růst a vývoj především živiny a vodu. Na jejím vytváření a zlepšení (zúrodnění) se v široké míře podílí člověk (Baier a Baierová, 1985). Půdní podmínky představují u většiny našich luk nejdůležitější komplex faktorů, který určuje floristické složení i produkční schopnosti porostů. Edafické faktory zahrnují vliv matečné horniny, půdního druhu, hloubky půdy, půdního typu, humusu, půdní reakce a především pak vliv vodního a výživného režimu půd (Klimeš, 1997). Zde jsou uvedeny člověkem nejvíce ovlivnitelné edafické faktory působící na trvalé travní porosty.

1. Půdní reakce – je velmi důležitou vlastností půdy, která má značný vliv na výživu rostlin. Nepříznivá půdní reakce ovlivňuje výživu rostlin negativně tím, že snižuje příjem živin a narušuje jejich vyváženost (Baier a Baierová, 1985). Většina kulturních trav i jetelovin má z hlediska pH širokou stanovištní amplitudu, takže se mohou plně produkčně uplatnit při pH 5,0 – 7,5. Nižší hodnoty než pH 5,0 nepříznivě ovlivňují produkční schopnost travních porostů (Klimeš, 1997).

2. Vodní režim půdy – výrazně ovlivňuje porostovou skladbu a její dynamiku, výnosy i kvalitu píce (Klimeš, 1997). Zdrojem půdní vláhy je voda atmosférická, voda podzemní nebo záplavová, která může obohacovat stanoviště i o živiny (Rychnovská a kol., 1985). Výška hladiny podzemní vody nejvýrazněji ovlivňuje botanické složení porostu. Trávy mají mělkou kořenovou soustavu, a proto jsou náročnější na spotřebu vody než ostatní rostliny. Podle potřeby vody rozdělujeme rostliny travních porostů do 5 ekologických skupin (Novák, 2008):
    a. **Suchomilné** (xerofyty)
    b. **Polosuchomilné** (mezoxerofyty)
    c. **S optimálním stavem vodního režimu** (mezofyty)
    d. **Polovlhkomilné** (mezohygrofyty)
    e. **Vlhkomilné** (hygrofyty)
3. Výživný režim půdy – nebo také obsah živin v půdě. Přístupné živiny v daném prostředí mohou za spolupůsobení jiných faktorů silně působit na druhové složení porostu a také silně ovlivňovat výnosy TTP (Rychnovská a kol., 1985). Vedle vodního režimu patří výživný režim mezi faktory působící na travní porost radikálně. Proto se hnojením nejrychleji dosáhne změny většiny travních porostů (Klimeš, 1997). Půdy se z hlediska obsahu živin dělí do 5 ekologických skupin, shodně tyto skupiny charakterizuje několik autorů (Novák, 2008, Klimeš, 1997, Velich 1994, Skládanka a kol., 2009):
    a. **Oligotrofní půdy**
    b. **Mezooligotrofní půdy**
    c. **Mezotrofní půdy**
    d. **Mezoeutrofní půdy**
    e. **Eutrofní půdy**

3.5.2 **Biotické faktory**

Biotické složky v travním ekosystému tvoří živé organismy, působící jako producenti, konzumenti a rozkladači (Novák, 2008). Biotickým faktorům vděčí většina našich travních porostů za svoji existenci (Klimeš, 1997). Z biotických faktorů je nejdůležitější antropický činitel, tedy vliv lidské činnosti na travní porost. Nejdříve lidé káceli a vypalovali lesy, aby tak umožnili vznik především pastvin, pro první domestikovaná hospodářská zvířata, dnes je výrazným biotickým (antropickým) vlivem celý komplex pratotechnických zásahů (Kvítek a kol., 1997).

3.5.2.1 Druhové složení a konkurence rostlin TTP

Druhová skladba travních společenstev je výsledkem působení mnoha faktorů, především však vlivu stanovištních podmínek a vlivu člověka, který určuje intenzitu a úroveň jejich obhospodařování (Kollárová a kol., 2007). Smíšená travní společenstva jsou složena ze čtyř základních agrobotanických skupin, tj. trav, ostatních jednoděložných druhů, jetelovin a ostatních dvouděložných druhů (Šantrůček a kol., 2007).

Složité konkurenční vztahy mezi jednotlivými komponenty určují v závislosti na ekologických podmínkách podíl zastoupení různých druhů. Většina přírodních travních porostů se vyznačuje velkou měnivostí druhového složení i bez zásahů člověka. Změny v podílu zastoupených druhů mohou být sezónní, cyklické i trvalejšího charakteru. Střídání sezónních aspektů, spojené s fenologickým vývojem jednotlivých druhů nebo skupin druhů, je stálé pro každý porostový typ. U stabilních společenstev jde o fixovaný sezónní rytmus spojený se střídáním barevných aspektů. Vývoj porostu bývá přerušován záplavou (zvláště v nížinách v blízkosti vodních toků), sečí nebo pastvou. Znalost vývojového rytmu lučních druhů má velký praktický význam (Kvítek a kol., 1997).

Obecně lze říci, že stanovištní podmínky suboptimální pro tvorbu biomasy vedou u přirozených travních porostů k bohatšímu floristickému složení a naopak podmínky optimální či supraoptimální pro tvorbu biomasy vedou u přirozených travinných porostů k redukci druhové diverzity a k výraznějšímu převládnutí jednoho nebo více druhů, které jsou dobře přizpůsobeny na tyto stanovištní podmínky, jsou schopny rychlého růstu, a tudíž vyšší konkurenční schopnosti (Rychnovská a kol., 1985).

Podmínkou existence rostlinných druhů v travním porostu je vzájemný dočasný anebo trvalý vztah mezi jedinci populace. Vzájemné vztahy mezi jedinci populace rostlin se projevují nejvíce v soutěži o limitující faktor stanoviště, kterým je zdroj výživy. Tento trofický a prostorový vztah označujeme jako konkurenci. Rostliny si konkurují hlavně v boji o světlo, vodu a minerální látky (Novák, 2008). Loydi et al. (2014) dodávají, že nejenom živé rostliny si mezi sebou konkurují, ale i jejich odumřelé zbytky mohou jak pozitivně, tak i negativně ovlivňovat růst rostlin. Novák (2008) dělí konkurenci rostlin na vnitrodruhovou a mezidruhovou. Mezidruhová konkurence může vyústit do rovnovážného stavu anebo skončit tím, že jedna populace nahradí populaci jiného druhu. Problémy mezidruhové konkurence lučních společenstev, a to především konkurence o živiny, jsou více rozvedeny v kapitole hnojení TTP.

Vytrvalost jetele lučního (*Trifolium pratense*) ve směsi s travami sledoval ve svém pokusu Hejduk (2013). Vybral 22 odrůd jetele lučního, u kterých byla deklarována větší vytrvalost. Jetel byl vyset ve směsi s kostřavou luční (*Festuca pratensis*) a bojínkem lučním (*Phleum pratense*). Zastoupení jetele ve směsi bylo 70 %. Vytrvalost jetele byla sledována 3 roky. Nejvyšší pokryvnost ve 3. užitkovém roce měla švýcarská odrůda Artus (87,8 %). Hejduk z výsledků svého pokusu doporučuje přednostní používání vytrvalejších odrůd pro dočasné i trvalé travní porosty a pro přísevy. Použití vytrvalejších odrůd sníží potřeby minerálního N hnojení, zvýší výnos i kvalitu píce a prodlouží intervaly mezi přísevy travních porostů. To se projeví ve snížení nákladů na chov skotu a zlepšení rentability. Hejduk doporučuje švýcarské odrůdy Artus, Milvus, německou odrůdu Lucrum a české odrůdy Amos, Spurt a Start. Tyto odrůdy v sobě spojují vysokou produkční schopnost i vytrvalost. A mohou tak lépe konkurovat travám, které tak rychle nepotlačí složku jetele lučního v porostu.

3.5.2.2 Vliv frekvence sečí na botanické složení a výnos TTP

Kosení je tradiční metoda, která se prvotně využívala k získávání krmiva pro hospodářská zvířata, druhotně pro udržování druhové skladby a struktury porostu v optimálním stavu, a to jak z hlediska ekonomického, ekologického i estetického (Kollárová a kol., 2007).

Období a počet sečí jsou voleny s ohledem na optimální technologickou zralost píce (tj. kompromis mezi kvalitou a výnosem píce) a jsou přizpůsobeny nadmořské výšce, klimatickým a půdním podmínkám, typu stanoviště a typu porostu. Při obhospodařování některých TTP můžeme kombinovat sečení a pastvu (Kollárová a kol., 2007). V zásadě pro rozhodování o četnosti sečí je primárně důležitá stabilita botanického složení porostu, neboť ta je základem jak výnosu, tak i kvality píce z trvalých travních porostů. Stabilní rostlinný porost vyžaduje optimální soulad mezi využíváním a hnojením (Nerušil, 2008).

3.6 **Hnojení TTP**

Hnojení travních porostů musí být v rovnováze se stanovištěm. Jeho úroveň odpovídá produkčním schopnostem dané lokality a účelu využití píce. Hnojení je intenzifikační faktor k dosažení vyššího výnosu a kvality. Čím je přirozený produkční potenciál stanoviště nižší, tím relativně vyššího efektu (přírůstku z hnojení) dosáhneme (Fiala a kol., 2007a).

Z pícninářského hlediska ovlivňuje hnojení především druhovou diverzitu, hustotu porostu, výnos a kvalitu biomasy. Jeho vliv navíc může být patrný po mnoho let. Přes významné ovlivnění NPK hnojením, mívá na složení porostu nejvýraznější dopad limitující prvek (Honsová a kol., 2007a). Extenzivně využívané plochy TTP a stanoviště s nevhodným floristickým složením není účelné hnojit. Pouze dobré porosty vyžadují dostatečné hnojení a také poskytují potřebné výnosy píce (Vaněk a kol., 2007). Správné hnojení je předpokladem pro dlouhodobé a vyrovnané zastoupení kulturních druhů trav a jetelovin. Účelem usměrněné výživy rostlin je obecně vracet do půdy živiny odčerpané sklizněmi (Mrkvička a Veselá, 2001).

Odběr živin TTP je značně závislý na mnoha faktorech. Rozsah odběru v kg na 1 t suché píce je uveden v tabulce číslo 6.

Tabulka 6 Odběr živin TTP - $kg.t^{-1}$ suché píce (Vaněk a kol., 2007).

Způsob využití	N	P	K	Ca	Mg
Extenzivní	5,8 - 8,5	1,5 - 1,9	12,0 - 15,0	2,4 - 6,0	0,6 - 2,0
Intenzivní	21,0 - 25,0	3,3 - 4,0	20,0 - 22,0	3,6 - 8,9	1,5 - 3,3

V roce 2013 spotřeba čistých živin dodaných minerálními hnojivy činila 113,04 kg na 1 ha zemědělské půdy (stav zemědělské půdy k roku 2013 byl 3 521 tis. ha) Spotřeba čistých živin na 1 ha zemědělské půdy od roku 2006 do roku 2012 je uvedena v tabulce číslo 7.

Tabulka 7 Spotřeba živin v kg na 1 ha zemědělské půdy - dodaná minerálními hnojivy (Mze, 2014).

Rok	N	P_2O_5	K_2O	Celkem/ha	Celkem tis. tun čistých živin
2006	77,4	11,7	9,4	98,5	393 956
2007	83,8	15,3	9,9	109,1	436 114
2008	85,4	13,8	11,4	110,6	442 377
2009	63,4	4,3	0,3	68	270 000
2010	76,7	8,9	7,5	93,2	327 968
2011	100,7	11,3	6,5	118,5	415 175
2012	98,9	12,2	6,5	117,6	414 671

Statkovými hnojivy bylo v roce 2013 dodáno 21,3 kg N, 13,3 kg P_2O_5 a 22,3 kg K_2O na hektar zemědělské půdy. Celkový vnos čistých živin ze statkových hnojiv byl 56,9 $kg.ha^{-1}$ (Mze, 2014).

Minerální živiny, dodávané TTP, představují vedle jejich výnosotvorného efektu rovněž významný kvalitotvorný faktor (Hrabě a kol., 2004). Podle Mrkvičky a Veselé (2001) konečný efekt racionálního hnojení nezáleží jen na úrovni výnosů a kvalitě píce, ale i na využívání porostů a zejména na zhodnocení sklizené píce v živočišné výrobě. Pokud pěstujeme seno z TTP za účelem spalování v elektrárnách nebo jako surovinu do bioplynových stanic, chemické složení není tolik důležité, důležitější je výnos, chyby způsobené nesprávným hnojením se neprojeví. Když ale produkce TTP slouží ke krmení hospodářských zvířat, musíme mnohem více dbát na racionální hnojení, protože jakékoli disproporce v obsahu minerálních živin mohou vyústit v závažné metabolické poruchy hospodářských zvířat. Vhodná dotace jednotlivých minerálních živin a jejich harmonický poměr jsou předpokladem dobrého produkčního uplatnění TTP jak na úrovni jejich primární produkce, tak na úrovni živočišné, týkající se zdraví hospodářských zvířat (Hrabě a kol., 2004).

3.6.1 **Hnojení travních porostů minerálními hnojivy**

Minerálním hnojivem je hnojivo, v němž jsou deklarované živiny obsaženy ve formě minerálních látek získaných extrakcí nebo jiným fyzikálním nebo chemickým postupem. Za minerální hnojivo se považuje také dusíkaté vápno, močovina a její kondenzační a asociační produkty a hnojivo obsahující stopové živiny ve formě chelátů nebo komplexů (Klír a kol., 2007). Základními hnojivy pro udržení a zlepšení půdní úrodnosti jsou hnojiva statková a jejich nezbytným doplňkem v intenzivní rostlinné produkci jsou hnojiva průmyslová. Je prokázáno, že sebelepším hospodařením s organickými hnojivy nelze dosahovat dlouhodobě stálých a s ostatními zeměmi Evropy srovnatelných výnosů (Richter a Hlušek, 1996).

Hnojení TTP (neobnovených, nepřisetých, s nižším podílem jetelovin od 10 do 20 %) minerálními hnojivy, vychází z produkčního potenciálu stanoviště, tj. pH, zásobenosti živinami i typu porostu, průměrných výnosů minulých let a počtu sečí a pastevních cyklů (Fiala a kol., 2007b)

3.6.1.1 Vliv dusíkatého hnojení na druhové složení a výnos TTP

Dusík má nezastupitelnou úlohu pro růst a vývoj zemědělských plodin (Mikanová a Šimon, 2013). Je nepostradatelnou živinou. Patří k základním stavebním prvkům nejdůležitějších

sloučenin živé hmoty – bílkovin (Vaněk a kol., 2007). Je součástí enzymů a koenzymů, chlorofylu, alkaloidů, nukleových kyselin a dalších látek. Podporuje především růst výhonků a tvorbu zelené listové hmoty (Baier a Baierová, 1985). Přímo tedy ovlivňuje tvorbu a produkci biomasy. Nejvíce limituje rostlinnou produkci, a proto je všeobecně aplikován do půdy ve velkém množství (Mikanová a Šimon, 2013). Dusík je jazýčkem na váze, jehož nadbytek, ale i nedostatek vede ke škodlivým efektům, které se projeví nejenom na výnose, ale i na kvalitě produkce (Richter a Hlušek, 1996).

Dusíkaté hnojení, zvláště při vyšších dávkách, působí na složení porostu nejrychleji a nejintenzivněji (Mrkvička a Veselá, 2001). Kvítek a kol. (1997) dodávají, že důležitá je i použitá forma N hnojení (amonná či nitrátová). Účinnost pomalu působících hnojiv a klasického NPK hnojení porovnávali ve svém pokusu Hric et al. (2012). Jejich pokus obsahoval 3 varianty hnojení a nehnojenou kontrolu (1. var. kontrola, 2. var. klasické NPK hnojení, 3. var. pomalu působící hnojivo SRF, 4. var. obalované hnojivo Duslocote). U varianty klasického NPK hnojení byla použita tato hnojiva: LAD, SP, DS. Pomalu působící komplexní NPK hnojivo SRF je hnojivo s obsahem močovino-formaldehydové složky jako zdroje N obohacené o mikroživiny. Část hlavních NPK živin je v rychlorozpustné formě. Duslocote NPK je obalované hnojivo s řízeným uvolňováním živin (5-6 měsíců). Nejproduktivnější a zároveň s nejvyšší intenzitou růstu do výšky byl travní porost hnojený pomalu působícím hnojivem SRF (var. 3). Nejpomaleji rostoucí a nejméně produktivní byl porost hnojený obalovaným hnojivem Duslocote.

Dusík je motorem růstu travních porostů (Velich, 1996). Podle Šantrůčka a kol. (2007) je dusíkaté hnojení TTP nejnáročnější a jeho nesprávné použití znamená zpravidla snížení účinnosti a zhoršení druhové skladby porostů, kvality a chutnosti píce. Hlavními zdroji dusíkaté výživy TTP je vzdušný dusík, který je poután mikroorganismy v hlízkách jetelovin a dusík dodaný hnojivy (Velich, 1996). Šantrůček a kol. (2007) dodávají, že pouze pastevním využitím TTP se výkaly a močí zvířat dodá zpět do půdy přibližně 85 % N přijatého krmivem. Ale je to samozřejmě ovlivněno mnoha faktory (zatížení zvířaty na 1 ha, druhem zvířat, délce jejich pobytu na pastvině, klimatických faktorech aj.). Při 10 % pokryvnosti jetelovin v porostu, je bakteriemi navázáno 15 až 25 kg dusíku na 1 ha (Hrabě a kol., 2004). Při pokryvnosti jetelovin 50 % může být množství navázaného N až 140 $kg.ha^{-1}$ (Nerušil, 2008).

Vliv hnojení dusíkem na floristické složení je obecně znám a popsán mnoha autory. Mrkvička a Veselá (2001) uvádějí, že hnojení dusíkem zvyšuje podíl vzrůstných trav a snižuje podíl jetelovin a méně vzrůstných ostatních dvouděložných druhů. Počty zastoupených druhů se vlivem N hnojení snižují o 50 až 60 %. Změny v druhové diverzitě jsou přímo úměrné

velikosti dávky dusíku. Způsob, jakým se porost vyvíjí vlivem různého hnojení, je nejlépe patrný z výsledků dlouhodobých pokusů (Honsová a kol., 2007a). Příkladem je jeden z nejstarších trvale sledovaných pokusů, který byl založen v Rothamstedu v jihovýchodní Anglii v roce 1856. V pokusu je sledován vliv různých hnojiv na druhovou pestrost travního porostu. Sledován je např. vliv minerálního hnojení dusíkem, fosforem, draslíkem a vliv organických hnojiv. Tento pokus je jedinečným příkladem determinantů druhové bohatosti travního porostu a poskytuje nám odhad, do jaké míry se podepisuje na bohatosti porostu ten který faktor (Crawley et al., 2005). Je důležité zachovat v porostu určité procento žádoucích dvouděložných rostlin, protože podle Královce (2003) se druhově pestrý porost projevuje lepšími dietetickými vlastnostmi sklizené píce.

Mnoho autorů sledovalo vliv dusíkatého a PK hnojení jak ve vztahu k výnosům, tak i k botanickému složení, např. v dlouhodobém pokusu Honsové et al. (2007b), trvajícím 40 let, došel autorský kolektiv k závěru, že velké dávky dusíku (200 kg/ha) úplně eliminují výskyt jetelovin. Největší výskyt jetelovin byl zaznamenán na nehnojených pozemcích a pozemcích hnojených jenom fosforem a draslíkem. Ojediněle byly jeteloviny nalezeny až při dávce 150 kg N/ha. Naopak nejnižší zastoupení trav v porostu bylo právě na pozemcích nehnojených dusíkem (kontrola a PK varianta.) Počet druhů klesal také se vzrůstající výškou porostu. K podobným závěrům došla většina autorů zabývající se problematikou vlivu hnojení na TTP (Garden et al., 1960; Velich, 1996; Kralovec, 2003; Šantrůček a kol., 2007; Raus, 2013; Bláhová a kol., 2014).

Mrkvička and Veselá (2002) zjistili, že nepříznivé ekologické podmínky se dají částečně kompenzovat hnojením dusíkem. Dále zjistili, že dlouhodobé hnojení dusíkem snížilo zastoupení srhy laločnaté (*Dactylis glomerata*), ale naopak zvýšilo podíl ovsíku vyvýšeného. Konkrétně se pokryvnost ovsíku zvýšila o 10 až 20 %. Obecně zvýšení dávek dusíku, jak již bylo uvedeno výše, vyvolá dominanci trav a současně sníží podíl jetelovin. Pokryvnost ostatních významných dvouděložných rostlin, např. smetánky lékařské (*Taraxacum officinale*), se většinou vlivem N hnojení nemění.

Zvyšováním dávek N klesá jeho produkční účinnost, a to v závislosti na produkčním potenciálu půdy a průběhu meteorologických podmínek. Proto musíme vycházet ze znalostí konkrétního stanoviště, druhové skladby porostu a účelu pěstování (Fiala a kol., 2007a).

3.6.1.2 Vliv fosforečného hnojení na druhové složení a výnos TTP

Fosfor patří mezi nejdůležitější stavební živiny ve výživě rostlin (Kunzová, 2009). Je součástí nukleových kyselin, fosfatidů, zásobních bílkovin v semenech apod. Jako součást adenozintrifosfátu (ATP) je nepostradatelnou energetickou sloučeninou. Urychluje vývoj, fertilitu a dozrávání, zvyšuje odolnost proti nízkým teplotám, podporuje vývin kořenového systému (Baier a Baierová, 1985). Vaněk a kol. (2007) dodávají, že mohutný kořenový systém je důležitým předpokladem pro příjem fosforu. Interakce jsou tedy vzájemné. Rostlina potřebuje fosfor pro vytvoření mohutné kořenové soustavy, zároveň však mohutná kořenová soustava je potřebná pro dobrý příjem fosforu. Zásoba přijatelného P v našich půdách klesá a P se postupně stává limitujícím prvkem výnosu a kvality produkce. Při současném omezeném hnojení statkovými hnojivy (hnůj, kompost) a minerálními hnojivy dochází k odčerpání fosforu z půdy, které bilančně přesahuje vstupy (Kunzová, 2009). Tento problém je podle Vos et al. (2014) celosvětový, a tak je na místě hledat řešení pro efektivnější příjem P rostlinami.

Fosfor je v půdě v důsledku pevných vazeb velmi málo pohyblivý a jeho pronikání do hlubších vrstev je pomalejší, efekt na zvýšení výnosu je zpočátku menší a plně se projeví až po několika letech hnojení (Mrkvička a Veselá, 2001; Vaněk a kol., 2007).

Dávky fosforu, draslíku a hořčíku se stanoví podle odebraného množství živin pro plánovaný výnos a výsledné množství se koriguje podle použitých statkových hnojiv a zásoby živin v půdě zjištěné v rámci agrochemického zkoušení půd (Nerušil, 2008).

Při pokusech s aplikací P na povrch půdy došli Vaněk a kol. (2007) k závěru, že ani simulace 30 mm srážek po aplikaci P hnojiv nezpůsobila posun P v půdě. Proto povrchová aplikace nedává předpoklady zlepšení výživy rostlin P, protože v povrchové vrstvě půdy nejsou soustředěny kořeny rostlin. Problematikou zlepšení dostupnosti P rostlinám se zabývali Vos et al. (2014). Ve svém 75 denním experimentu sledovali vliv činnosti žížal na dostupnost fosforu pro jílek vytrvalý (*Lolium perenne* L.). Pokus probíhal ve skleníku, kdy jílek byl pěstován ve květináčích se zeminou s nízkou zásobu P. Sledovány byly dvě varianty: bez populace žížal (kontrola) a s populací žížal. Během pokusu byl čtyřikrát stanoven obsah P v půdním roztoku a hmotnost vyprodukované hmoty jílku. Kolektiv autorů došel k závěru, že přítomnost žížal zvyšuje příjem P oproti kontrole bez žížal ze 41,8 mg na 44,1 mg a hmotnost sušiny jílku se zvýšila z 15,68 g na 16,85 g. Pozitivní vliv žížal na příjem P je zřejmý.

Hnojení fosforem by mělo zajistit nejméně 0,3 % P v sušině píce. Při této koncentraci není výnos limitován nedostatkem P a jsou splněny i požadavky skotu (Velich, 1996). Zvýšení dostupného P v půdě zvyšuje fixaci dusíku hlízkovými bakteriemi jetelovin, protože

P pozitivně stimuluje rozvoj kořenové soustavy (Robson et al. 1981). Vliv P na biologickou fixaci N více rozvádějí Mikanová a Šimon (2011). Říkají, že je fosfor nezbytný k nodulaci i k procesu samotné fixace dusíku. Při dostatku dostupného fosforu se zvyšuje počet i hmotnost hlízek a také celková nitrogenázová aktivita. Podle dostupných výsledků výzkumů některé kmeny rhizobií při nízké koncentraci fosforu v půdě nerostou vůbec.

Trávy jsou náročné na fosfor v období odnožování a začátku prodlužování stébel, kdy přijímají 30 až 40 % veškerého P. Fosfor zvyšuje využití ostatních živin travním porostem a zlepšuje kvalitu píce. Na silně kyselých půdách je často vázán chemickou sorpcí v půdě, proto je třeba v těchto případech zvyšovat jeho přístupnost vápněním (Poulík, 1996).

Jackman and Mouat (1972) zjistili, že psineček obecný (*Agrostis capillaris* L.) je velkým konkurentem jetelovin v oblasti příjmu P. Větší množství psinečku v lučních porostech může snížit pokryvnost jetelovin a omezit i fixaci N. Nejvýraznější je tento stav na mladých porostech nebo při aplikaci N hnojiva na starší porosty. Vyšší dávky superfosfátu by mohly překonat tento negativní vliv, ale často by musely být tak vysoké, že už to není rentabilní.

Joner (2000) studoval vliv dlouhodobé aplikace (74 let) statkových a minerálních hnojiv na arbuskulární mykorhizu (AM) u jetele (*Trifolium subterraneum*) a vliv mykorhizy na příjem P. Hnojení minerálními NPK hnojivy vedlo ke snížení kolonizace kořenů AM houbami. Menší negativní dopady na AM houby měly ekvivalentní dávky statkových hnojiv. Rostliny hůře přijímaly P v nepřítomnosti AM hub. Je tedy na místě volit přiměřené dávky minerálních hnojiv a pokud možno aplikovat statková hnojiva na TTP, abychom rozvojem AM udržovali dobrý příjem P jetelovinami.

Vliv hnojení P na zvyšování výnosů je zpočátku pozvolný a plně efektivní po více letech (Velich, 1986). Při dlouhodobější aplikaci fosforu a draslíku dominují v porostech jeteloviny a ostatní dvouděložné byliny. Zastoupení nitrofilních trav klesá (Mrkvička a Veselá, 2001).

Obecně lze tedy říci, že pozitivní vliv na rozvoj jetelovin v lučním porostu má draselné a fosforečné hnojení např. (Fiala a kol., 2007b; Šantrůček a kol., 2007; Volková a Šrámek, 2012; Wang et al. 2013). Fosforečná hnojiva lze aplikovat do zásoby na 2 – 3 roky (Nerušil, 2008).

3.6.1.3 Vliv draselného hnojení na druhové složení a výnos TTP

Draslík patří mezi nejdůležitější stavební živiny ve výživě rostlin. Zásoba přijatelného draslíku v půdách klesá a draslík se postupně stává dalším limitujícím prvkem výnosu a kvality produktu (Kunzová, 2010). Draslík ovlivňuje příjem iontů rostlinou. Jeho zvýšený obsah ve vnějším prostředí stimuluje příjem aniontů (hlavně fosforu a nitrátového dusíku) a potlačuje příjem kationtů (sodíku, hořčíku, vápníku, manganu a zinku aj.). V rostlinách má příznivý účinek na vodní režim, v buňkách udržuje turgor a podporuje syntézu glycidů a bílkovin (Richter a Hlušek, 1996). Draslík zvyšuje odolnost rostlin proti napadení chorobami (Baier a Baierová, 1985).

Fixace draslíku v sorpčním komplexu a jeho uvolňování v půdě, jsou důležité faktory ovlivňující dostupnost K pro rostliny a účinnost využití K hnojiv (Zhan et al. 2014). Hnojení K má spolu se zpřístupňovaným půdním K zajistit koncentraci 2 – 2,5 % K v sušině píce, která svědčí o dobře zajištěné výživě porostu (Velich, 1996). Hnojení K stejně jako P by mělo vycházet z výnosové úrovně TTP a ze zásobenosti těchto živin v půdě (Fiala a kol., 2007). Šantrůček a kol. (2007) uvádějí jako nejpřesnější formu stanovení potřeby K hnojení koncentraci K v sušině píce. P a K hnojení je vhodné aplikovat jednorázově na jaře. Dávky K by se měly pohybovat od 60 do 80 (120) $kg.ha^{-1}.rok^{-1}$. Zásobní hnojení zejména u K se jeví mnohdy jako problémové, neboť pak často jeho obsah v píci překračuje požadovanou hodnotu (Hrabě a kol., 2004). K zamezení zvýšeného obsahu K v píci se doporučuje hnojit K až po první seči (Velich, 1996; Hrabě a kol., 2004; Šantrůček a kol., 2007). Zásobenost lučních půd K je lepší než jejich zásobenost P. Vliv K na TTP nelze označit za jednoznačný. V dávkách do 100 kg K/ha ovlivňuje botanické složení porostu celkem příznivě (Mrkvička a Veselá, 2001). Při dostatku P a Ca v půdě K podporuje rozvoj jetelovin (Šantrůček a kol., 2007).

3.6.1.4 Hnojení TTP hořčíkem

Hořčík je nenahraditelnou živinou, je vázán převážně v organických sloučeninách (oxalát, fytin). Prvořadý význam mají chelátové vazby Mg ve fyziologicky významných sloučeninách. V jádře chlorofylu je vázáno 15 % Mg z jeho celkového obsahu v rostlině. Zde ovlivňuje metabolismus cukrů, bílkovin, lipidů i nukleových kyselin (Richter a Hlušek, 1996). Hořčík je nezastupitelnou složkou listové zeleně a podmínkou fotosyntézy (Baier a Baierová, 1985). Rostliny mají geneticky fixovány rozdílné nároky na Mg. Obecně větší potřebu Mg mají

rostliny dvouděložné než jednoděložné. Rostliny dobře zásobené Mg mají lepší schopnost přijímat P z půdy a snadněji jej transportují rostlinou (Matula, 2007).

Hořčíkem je třeba hnojit na pastvinách vždy a na loukách při výnosech sušiny větších než 3,5 $t.ha^{-1}$. Mg není dobře využit v kyselých půdách s pH nižším než 5,2 (Fiala a kol, 2007b). Na půdách s malou zásobou Mg a při intenzivním hnojení NPK se rapidně zhoršuje nutriční hodnota píce. Hnojením Mg se jen nepatrně ovlivní produkce píce, ale z dietetického hlediska je mimořádně významné, zejména na pastvinách (Petr a kol., 1980). Odvod Mg sklizněmi činí 2 kg na t sušiny. Nejvýhodnější je spojení potřeby hořečnatého hnojení se systémem vápnění, tj. aplikací dolomitických vápenců (Matula, 2007).

3.6.1.5 Vápnění TTP

Vápník příznivě působí na růst kořenů, osmoregulační procesy a zesílení sací síly kořenů. Vápníkem dobře zásobené rostliny mají lepší předpoklady k opylování. Vápník jako kofaktor ovlivňuje řadu enzymatických systémů. Udržuje stabilitu a elastičnost buněčných stěn (Baier a Baierová, 1985).

Vápnění patří mezi nejstarší praktiky meliorace zemědělsky obhospodařovaných půd, avšak problematika půdní kyselosti a její úpravy vápněním z komplexního pohledu vzájemných interakcí není zcela uspokojivě vyřešena (Matula, 2007).

Zapravení alkalických vápenatých hmot do půdy komplexně zasahuje do veškerého dění v půdě. Mění nejen celkový chemismus půdy – hodnotu pH, ale i s ní související dostupnost živin pro rostliny. Nasycování půdních částic koloidní povahy vápníkem ovlivňuje fyzikální vlastnosti půdy (strukturu, pórovitost a vododržnost), a tím i celý vodo-vzdušný režim půdy. Vápnění zesiluje mineralizaci organické půdní hmoty a produkci minerálních forem dusíku. Ovlivňuje kvalitu organické půdní hmoty (Matula, 2007).

Travní porosty snášejí dobře kyselou půdní reakci a mohou si osvojovat Ca i z pevnějších chemických vazeb. Proto vápnění není rozhodujícím produkčním faktorem, ale významně ovlivňuje mikrobiální život luční půdy (Petr a kol., 1980). Pokles pH v půdě pod TTP nastává až při vysokých dávkách N (nad 200 kg/ha) a při dosažení výnosů větších než je 8 t sušiny z ha. Při kyselé půdní reakci je třeba doplnit vápník v podobě CaO v dávkách na středních půdách do 1 t CaO na ha a na lehkých půdách do 0,8 t CaO na ha (Fiala a kol., 2007b). Obecně lze říci, že pro půdy s nižším obsahem jílnatých částic a vyšším obsahem organické složky jsou vhodnější nižší hodnoty pH a naopak. Jelikož půdy se liší množstvím a charakterem sorbentu, nelze pro ně vyžadovat jednotnou hodnotu pH (Matula, 2007).

Nebezpečí kyselých půd spočívá v první řadě v možnosti aktivace hliníku až do toxické koncentrace kationtů hliníku v půdním roztoku. Popřípadě ve zvýšené koncentraci, toxicitě Mn^{2+}. Dále může přicházet v úvahu spojení s deficitem Mg a méně již Ca. Teprve u půd extrémně kyselých pod hodnotu pH 4,2 by vysoká koncentrace [H_3O^+] mohla významněji konkurovat v příjmu živin – kationtů rostlinou (Matula, 2007).

Vápník celkově málo ovlivňuje druhové složení porostu. Ke zvýšení podílu jetelovin v porostu zpravidla nedochází pouhým vápněním. Vápnění na kyselých půdách potlačuje druhy citlivé na zvýšenou půdní reakci, na půdách s optimálním rozmezím pH zvyšuje podíl všech dvouděložných druhů (Mrkvička a Veselá, 2001). Méně vápníku potřebují jednoděložné rostliny, vyšší spotřebu mají dvouděložné rostliny (Vaněk a kol., 2007).

Spotřeba vápenatých hmot v České republice mezi roky 2004 a 2013 je uvedena v tabulce číslo 8.

Tabulka 8 Spotřeba vápenatých hmot v ČR (Mze, 2014).

Rok	Celková spotřeba (v tis. t)
2004	141
2005	93,1
2006	103
2007	229
2008	180
2009	200
2010	118
2011	173
2012	201
2013	253

3.6.2 **Hnojení travních porostů statkovými hnojivy**

Organická hnojiva, do jejichž kategorie spadají hnojiva statková, jsou hnojiva univerzální, která obsahují všechny rostlinné živiny, tedy i dusík. Prostřednictvím těchto hnojiv jsou živiny do půdy dodávány ve vhodném poměru, půda je navíc obohacována aktivními látkami, a to umožňuje také lépe využívat živiny z minerálních hnojiv i z půdní zásoby (Mikanová a Šimon, 2013).

Statková hnojiva vznikají jako vedlejší produkt při chovu hospodářských zvířat nebo pěstování kulturních rostlin. Z legislativních i praktických důvodů je vhodné rozlišovat statková hnojiva živočišného původu a statková hnojiva rostlinného původu. Mezi statková

hnojiva živočišného původu patří nejen hnůj, močůvka, kejda, drůbeží trus apod., ale i výkaly a moč zanechané hospodářskými zvířaty při pastvě nebo jejich jiném pobytu na zemědělské půdě (Klír a kol., 2007). Mezi statková hnojiva rostlinného původu patří vedlejší produkty, jako je sláma a řepný chrást nebo celé rostliny zapravované do půdy při zeleném hnojení nebo ponechané na povrchu půdy, např. při mulčování trávy (Mikanová a Šimon, 2013).

Racionální využívání statkových hnojiv je proti minerálním levnější, ale je i v souladu s filosofií trvale udržitelného zemědělství. Minimalizuje totiž vnější vstupy a využívá vnitřní, které jsou v zemědělství k dispozici v rámci koloběhu živin v podniku (Fiala a kol., 2007b).

Stručná charakteristika nejpoužívanějších organických (stakových) hnojiv (Richter a Římovský, 1996; Vaněk a kol., 2007):

1. Hnůj – je vyzrálá směs steliva, tuhých a tekutých výkalů hospodářských zvířat se zbytky krmiva. Vzniká zušlechtěním (skladováním – fermentací) z chlévské mrvy. Hnůj obsahuje všechny makro i mikro živiny.
2. Kejda – definujeme ji jako částečně zkvašenou směs tuhých a tekutých výkalů hospodářských zvířat a zbytků krmiv s různým podílem technologické vody. Kvalitní kejda (skotu, prasat, drůbeže) je vysoce hodnotné organicko-minerální hnojivo spojující vlastnosti hnoje a živin z průmyslových hnojiv.
3. Močůvka – lze jí charakterizovat jako zkvašenou moč ustájených hospodářských zvířat zředěnou vodou (napájecí, splachovací, ale i dešťovou a povrchovou). Močůvka je velmi účinné dusíkato-draselné hnojivo.

Hnojení TTP organickými hnojivy má prokazatelný vliv na stabilizaci půdní úrodnosti a udržuje vyrovnané zastoupení jetelovin a trav (Pacurar et al. 2012). Průměrný obsah živin ve vybraných statkových hnojivech je uveden v tabulce číslo 9 na následující straně.

Tabulka 9 Průměrný obsah živin vybraných statkových hnojiv po odpočtu ztrát ve stáji a skladováním (Klír a kol., 2007).

Statkové hnojivo	Sušina (%)	N	P	K
		kg.t^{-1} statkového hnojiva		
Hnůj skotu	23	5	1,4	5,9
Hnůj skotu (hlub. podest.)	23	6	1,4	8,9
Hnůj prasat	23	6,2	2,5	4,2
Hnůj prasat (hlub. podest.)	23	7,4	2,5	5,9
Koňský hnůj	29	5,2	1,4	6,1
Ovčí hnůj (hnůj koz)	28	7,6	1,6	8,6
Močůvka skotu	2,4	2,5	0,1	4,4
Močůvka prasat	2	2,8	0,2	2,1
Hnojůvka	2	1,2	0,1	5,1
Kejda skotu	7,8	3,2	0,7	4
Kejda prasat	6,8	5	1,3	1,9
Kejda ovcí	24	6	0,9	4,4
Kejda drůbeže	11,8	9,6	2,8	3,2
Statková hnojiva živočišného původu - přívod živin výkaly a močí hospodářských zvířat na pastvě či jiném pobytu na zemědělské půdě				
Skot (průměrná produkce výkalů a moči = 14 t.DJ^{-1}.rok^{-1})		3,3	1	5,9
Ovce, kozy (prům. produkce výkalů a moči = 9,1 t.DJ^{-1}.rok^{-1})		4,9	1,1	5,5
Koně (průměrná produkce výkalů a moči = 8,6 t.DJ^{-1}.rok^{-1})		2,8	1	2,9

3.6.2.1 Vliv hnojení statkovými hnojivy na druhové složení a výnos TTP

Racionální využití statkových hnojiv ke hnojení TTP předpokládá použití správné technologie skladování a aplikace těchto hnojiv. Tzn. hnůj vyzrálý, schopný pravidelné aplikace, bez dlouhé slámy apod. Skladování kejdy a močůvky by mělo být dostatečně dlouhé, aby se odstranily, respektive potlačily zdroje infekcí (koliformní bakterie, salmonely, zárodky parazitů apod.), látky s inhibičním účinkem na rostliny (kyselina hipurová, močová, benzoová) a také aby došlo ke ztrátě klíčivosti plevelných semen (Fiala a kol., 2007a).

Ze statkových hnojiv má pro travní porosty význam především močůvka a kejda (Mrkvička a Veselá, 2001). Podle Poulíka (1996) je právě močůvka nejlépe využívaným statkovým hnojivem na travních porostech. Močůvku je možné aplikovat celoročně

s výjimkou období, kdy je půda promrzlá a zabraňuje vsakování. Proto upozorňuje Klír a kol. (2008) na nutnost dodržování opatření (termín aplikace) zabraňujících smyvu nebo přímého vyplavení živin z hnojiv do vod. Močůvka způsobuje na travních porostech výrazné floristické změny. Aplikace močůvky podporuje vysoké trávy, např. srhu laločnatou, ovsík vyvýšený, psárku luční aj., které se rozšiřují na úkor nízkých trav a jetelovin (Mrkvička a Veselá, 2001). Samotné nebo nadměrné močůvkování zhoršuje kvalitu píce a znehodnocuje porost rozšířením močůvkových (ruderálních) plevelů, zejména velkolistých šťovíků. Tomu zabráníme, pokud dávky močůvky dělíme k jednotlivým sečím (Velich, 1996). Poulík (1996) navíc doporučuje jako prevenci zabránění rozšíření ruderálních plevelů močůvkovat ve 2 až 3 letých intervalech. Dávky močůvky se pohybují mezi 20 – 40 $m^3.ha^{-1}$ (Velich, 1996).

V horských a podhorských oblastech se statková hnojiva dají nejlépe zhodnotit v podobě kejdy (Regál a Krajčovič, 1963). Poměr živin v kejdě je vyrovnanější než v močůvce a její vliv na složení porostu je pozvolnější. Dávka neředěné kejdy na luční porost je 10 – 40 $m^3.ha^{-1}$ a je nutné respektovat floristické složení porostu, způsob využívání, intenzitu obhospodařování a zaměření živočišné výroby. Aplikace kejdy je nejefektivnější na jaře, neboť nejrychleji dochází k nárůstu vegetace (Mrkvička a Veselá, 2001). Močůvka i kejda mají však různě nevyrovnaný poměr živin, a tak je žádoucí, aby se při hnojení těmito statkovými hnojivy doplňoval případný deficit živin hnojivy průmyslovými (Poulík, 1996; Velich, 1996).

Pro louky a pastviny lze použít chlévský hnůj pouze povrchově, což brání jeho plnému využití a vznikají značné ztráty živin (Regál a Krajčovič, 1963).

Vlivem minerálního a organického hnojení se zabývali ve svém pokusu Pacurar et al. (2012). Porovnávali účinnost minerálních a organických hnojiv na původních loukách v pohoří Apuseni v Rumunsku. Dominantními druhy zde byly kostřava červená (*Festuca rubra*), psineček obecný (*Agrostis capillaris*) a trojštět žlutavý (*Trisetum flavescens*). Jejich cílem bylo zhodnotit, které hnojení bude prospěšnější pro udržení větší druhové diverzity. Měli několik variant hnojení. Vliv hnojení minerálních hnojiv sledovali na čtyřech variantách. Organanická hnojiva byla aplikována ve formě hnoje také ve 4 variantách. Nejvíce rostlinných druhů obsahovaly varianty s nízkou úrovní hnojení minerálními hnojivy a stejné to bylo i u variant hnojených hnojem. Proto kolektiv autorů pro udržení druhové diverzity na sledované lokalitě doporučuje nízké dávky hnojiv minerálních v kombinaci s nízkými dávkami hnoje. K podobným výsledkům došli i Samuil et al. (2013).

Výnosnost a složení porostu po sedmi letech aplikace organických hnojiv na mírně vlhkém lučním stanovišti sledovali Štýbnarová et al. (2014). Cílem jejich studie bylo

zhodnotit účinnost jednotlivých statkových hnojiv. Hnojení prováděli na různě intenzivně obhospodařovaných pozemcích. Intenzita obhospodařování byla extenzivní – dvě seče za rok, středně intenzivní – tři seče za rok a intenzivní – čtyři seče za rok. S intenzitou obhospodařování se zvyšovaly i dávky čistého N dodaného statkovými hnojivy (54, 84 a 120 $kg.ha^{-1}$.) Použitá statková hnojiva byla: kravský hnůj a kejda skotu. Podíl jetelovin byl největší na variantě hnojené kravským hnojem a kejdou se středně intenzivním a intenzivním využitím (10,2 a 10,3 % jetelovin). Hnojení hnojem zvýšilo výnos sena o 51,9 % a kejdou o 56 % oproti nehnojené kontrole (4,81 $t.ha^{-1}$).

Další možností hnojení TTP je mulčování. To má význam hlavně před zimou, kdy píce z luk není už tak kvalitní a obsahuje mnoho vlákniny. Podle Knota a kol. (2013) dotace živin z ponechané hmoty ve formě mulče zřejmě pozitivně podporuje růst travního společenstva.

4 Materiál a metody

4.1 Charakteristika stanoviště

Dlouholetý pokus založený katedrou pícninářství České zemědělské univerzity leží nedaleko obce Senožaty (48°34‘ N, 15°12‘ E) v okrese Pelhřimov, v kraji Vysočina. Nadmořská výška pokusného stanoviště je 476 m n. m. Průměrná roční teplota je 6,7 °C a průměrný roční úhrn srážek zaznamenaný na meteorologické stanici Košetice (1961 – 1990) činí 675 mm. Půdní druh na pokusném stanovišti je hlinitopísčitý a genetický půdní typ je pseudoglej. Hladina podzemní vody během vegetace kolísá mezi 0,3 a 1 m.

Průměrné měsíční úhrny srážek [mm] ve sledovaném roce 2014 jsou uvedeny v tabulce číslo 10.

Tabulka 10 Úhrny srážek [mm] jednotlivých měsíců sledovaného roku 2014 v kraji Vysočina.

Měsíc	Množství srážek [mm]
Leden	26
Únor	12
Březen	36
Duben	33
Květen	116
Červen	35
Červenec	90
Srpen	104
Září	112
Říjen	34
Listopad	27
Prosinec	35
Roční úhrn srážek celkem	660

4.2 Založení pokusu a hnojení

Pokus byl založen v roce 1976. Obsahuje 6 variant hnojení ve 4 opakováních. Pokusné parcely jsou rozmístěny metodou znáhodněných bloků. Do roku 1991 byly aplikovány dvojnásobné dávky dusíku. A parcely měly rozměr 4 x 6 m. Od roku 1992 byly zmenšeny pokusné parcely na 4 x 3 m. Na polovině parcel je sledován vliv reziduálního hnojení,

varianty s reziduálním hnojením jsou označeny R. Druhá polovina parcel obsahuje 5 úrovní hnojení. Varianty jsou následující: nehnojená kontrola, PK, N50PK, N100PK, N150PK, N200PK.

Dusíkem je hnojeno na jaře. Používá se hnojivo ledek amonný (27,5 % N) s vápencem (NH_4NO_3 + $CaCO_3$). Fosfor a draslík jsou aplikovány na podzim v dávce 40 $kg.ha^{-1}$ P a 100 $kg.ha^{-1}$ K. Fosfor v podobě superfosfátu [$Ca(H_2PO_4)_2$ + $CaSO_4$] a draslík jako draselná sůl (KCl + NaCl). Detail porostu po podzimním hnojení PK je uveden na straně 59 na obrázku č. 2.

4.3 Sledování botanického složení

Porost patří do svazu *Arrhenatherion elatioris*, dominantním druhem je zde ovsík vyvýšený (*Arrhenatherum elatius*), jedná se tedy o ovsíkovou louku. Botanické složení bylo hodnoceno před první a druhou sečí. První seč byla realizována 11.6., druhá 5.8. a třetí 8. 10. 2014. Použita byla metoda odhadu redukované projektivní dominance vyjadřující plošný podíl v [%], který zaujímají jednotlivé agrobotanické skupiny a druhy v rovině výšky sečení, tj. kolem 50 mm nad povrchem půdy. Minimální hodnota procentuálního zastoupení zachyceného druhu byla 0,5 %. Nejdříve byly stanoveny pokryvnosti jednotlivých skupin druhů a až poté jednotlivé druhy jetelovin. Sledován byl i celkový počet druhů.

Plocha na sledování botanického složení má rozměr 1 x 1 m. Umísťuje se vždy půl metru od okraje parcely v rohu úhlopříčně proti sobě. Z toho vyplývá vždy 8 čtverců pro každou variantu.

Agrobotanické skupiny jsou rozděleny do třech kategorií:

1. Trávy (jednoděložné druhy z čeledi *Poaceae*).
2. Jeteloviny (*Fabaceae*).
3. Ostatní dvouděložné druhy.

4.4 Sledování výnosů nadzemní biomasy

Zpravidla 2 – 3 x ročně. Ve sledovaném roce 2014 proběhly tři seče. Porost byl sečen prstovou žací lištou MF-70 (záběr 1400 mm) na výšku strniště přibližně 50 mm. Výnos čerstvé biomasy byl sledován ze středního pásu parcely o ploše 7 m^2. Sklizená hmota se na místě hned vážila digitálním mincířem. Z průměrného vzorku z každé parcely se v laboratoři

stanovil obsah sušiny. Vzorky biomasy byly sušeny do konstantní hmotnosti při 60 °C. Zjištěné výsledky byly přepočítány na výnos suché hmoty v $t.ha^{-1}$. Sběr vzorků čerstvě posečené fytomasy je uveden na straně 58 na obrázku č. 1.

4.5 Schéma pokusu

Schéma rozvržení pokusných parcel a jeho popis jsou uvedeny v následujících tabulkách 11 a 12.

Tabulka 11 Schéma rozvržení parcel na pokusném stanovišti u obce Senožaty

R	**R**	**R**	**R**	**R**	**R**
1	**5**	**6**	**2**	**3**	**4**
R	**R**	**R**	**R**	**R**	**R**
6	**2**	**3**	**4**	**1**	**5**
R	**R**	**R**	**R**	**R**	**R**
4	**1**	**5**	**6**	**2**	**3**
R	**R**	**R**	**R**	**R**	**R**
2	**3**	**4**	**1**	**5**	**6**

Tabulka 12 Popis schématu pokusných parcel

R	Reziduální vliv
1	Kontrola
2	PK
3	N50PK
4	N100PK
5	N150PK
6	N200PK

4.6 Statistické hodnocení

Data byla zpracována a statisticky zhodnocena v počítačovém programu Statistica 12. Vyhodnocení dat proběhlo pomocí jednofaktorové analýzy rozptylu – ANOVA test, dále za pomoci vícenásobné regresní analýzy a Tukeyho HSD testu.

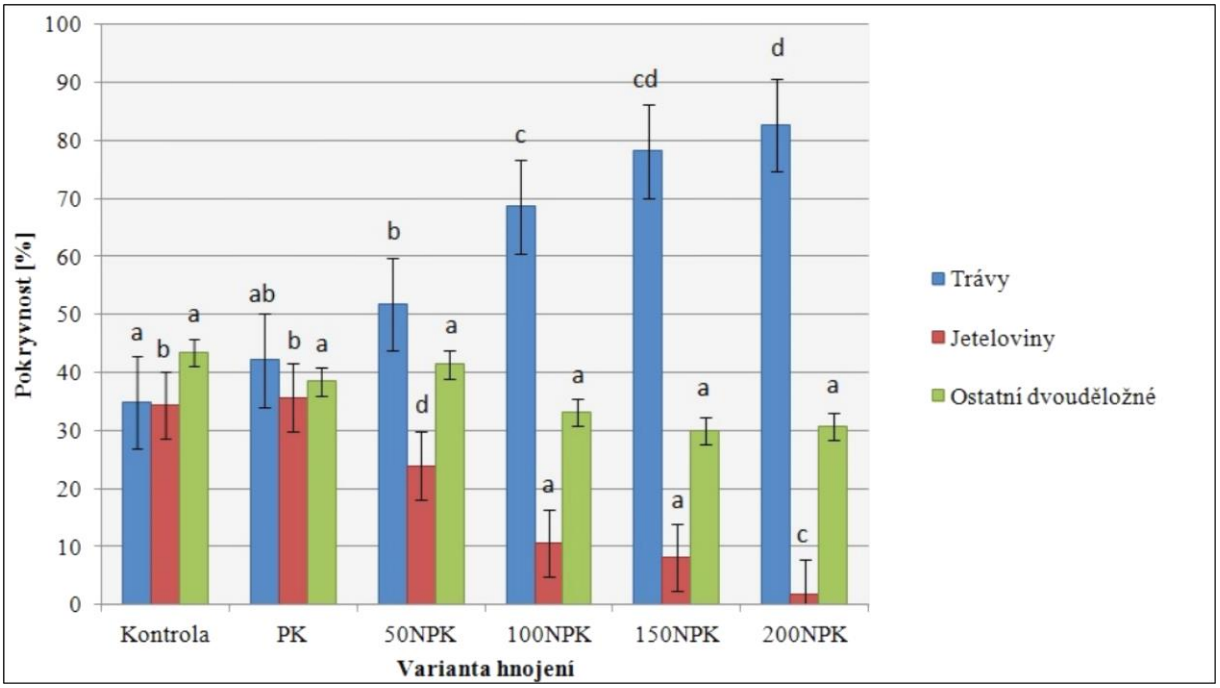
5 Výsledky

Graf 1 na následující straně ukazuje procentuální zastoupení jednotlivých agrobotanických skupin před první sečí v závislosti na variantě hnojení.

Z grafu vyplývá, že pokryvnost trav byla průkazně ($p<0,05$) nejvyšší na variantách s dávkou dusíku N150PK a N200PK oproti variantám kontrola, PK a N50PK. Na variantě s dávkou N100PK byla také pokryvnost travních druhů poměrně vysoká, významně se nelišila od varianty N150PK, ale od variant N200PK a N50PK se již průkazně ($p<0,05$) lišila. Se snižující se dávkou dusíkatého hnojení se snižovala i pokryvnost trav. Nejvyšší pokryvnost (82,7 %) travních druhů byla na variantě N200PK. Naopak nejnižší pokryvnost (34,8 %) byla na variantě kontrola.

Pokryvnost jetelovin se ze zvyšující dávkou dusíkatého hnojení snižovala. Nejvyšší byla zjištěna na variantě kontrola a PK. Potom následovala varianta N50PK, která se již průkazně ($p<0,05$) lišila od variant kontrola a PK. Významně se v pokryvnosti nelišily mezi sebou varianty N100PK a N150PK, ale od variant kontrola, PK, N50PK a N200PK se průkazně ($p<0,05$) lišily. Nevyšší pokryvnost (35,7 %) jetelovin byla na variantě PK. Nejnižší pokryvnost (1,9 %) na variantě N200PK.

Ostatní dvouděložné druhy se v pokryvnosti průkazně nelišily mezi žádnou z variant. Nejvyšší zastoupení ostatních dvouděložných druhů bylo zjištěno na variantě kontrola (43,5 %). Nejnižší pokryvnost byla zaznamenána na variantě N150PK (29,9 %).



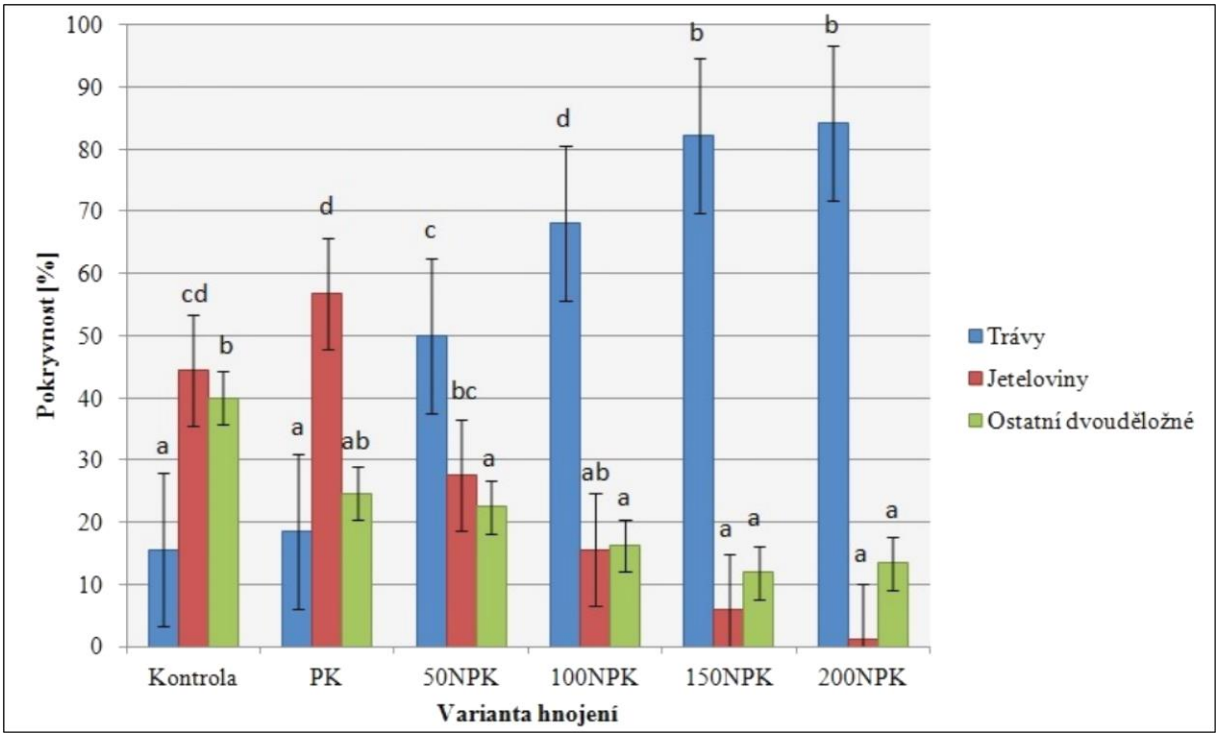
Graf 1 Pokryvnost hlavních agrobotanických skupin [%] před první sečí (11. 6. 2014) v závislosti na variantě hnojení. Vertikální úsečky označují 95 % interval spolehlivosti, rozdílné písemné indexy označují statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými variantami hnojení.

Procentuální zastoupení hlavních agrobotanických skupin před druhou sečí v závislosti na variantě hnojení je znázorněno v grafu 2 na následující straně.

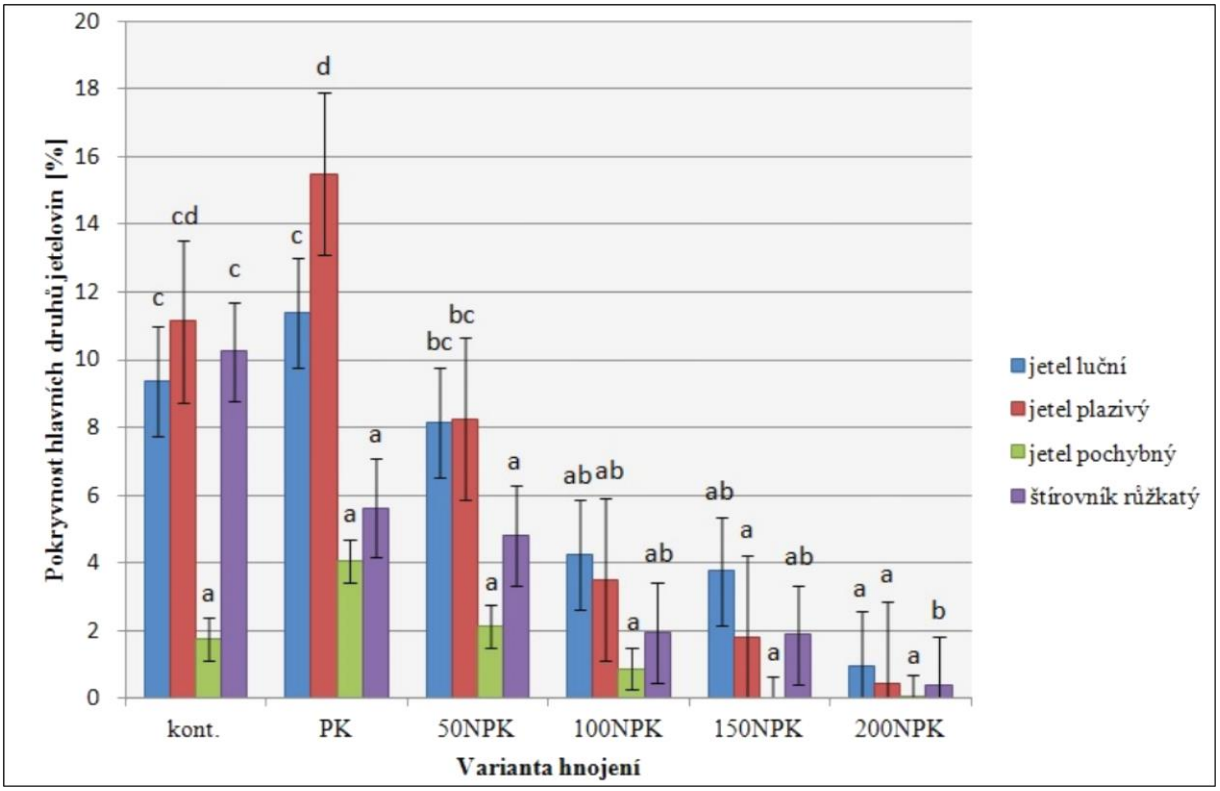
Průkazně ($p<0,05$) nejnižší pokryvnost travních druhů byla u variant nehnojených dusíkem (kontrola a PK) na rozdíl od variant dusíkem hnojených (N50PK – N200PK). Jednotlivé varianty dusíkem hnojené se mezi sebou průkazně lišili také. Varianta N50PK se průkazně ($p<0,05$) lišila od varianty hned navazující N100PK, ale i od variant N150PK a N200PK, zároveň však varianta N100PK se průkazně ($p<0,05$) lišila od variant N150PK a N200PK. Nejnižší pokryvnost (15,6 %) travních druhů byla zjištěna u varianty kontrola. Nejvyšší pokryvnost (84,1 %) trav byla na variantě N200PK.

Průkazně ($p<0,05$) nižší pokryvnost jetelovin byla na variantách N100PK, N150PK a N200PK, než na variantách dusíkem nehnojených nebo jen dávkou N50PK. Avšak pokryvnost jetelovin i na variantě s nižší dávkou dusíku (N50PK) byla prokazatelně (<0,05) nižší než u variant (kontrola a PK). Nejvyšší pokryvnost (56,9 %) jetelovin byla, stejně jako před první sečí, na variantě PK. Nejnižší pokryvnost (1,25 %) byla zaznamenána u varianty N200PK, taktéž jako před první sečí.

Pokryvnost ostatních dvouděložných druhů se průkazně ($p<0,05$) lišila u kontrolní varianty (40 %) a varianty PK, kde byla nejvyšší, zároveň však varianta PK se již průkazně nelišila od zbylých variant (N50PK – N200PK). Shodného stavu v pokryvnosti jako při první seči bylo dosaženo u varianty N150PK, kde byla zjištěna nejnižší pokryvnost (11,88 %) ostatních dvouděložných druhů.



Graf 2 Pokryvnost hlavních agrobotanických skupin [%] před druhou sečí (5. 8. 2014) v závislosti na variantě hnojení. Vertikální úsečky označují 95 % interval spolehlivosti, rozdílné písemné indexy označují statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými variantami hnojení.



Graf 3 Pokryvnost hlavních druhů jetelovin [%] před první sečí (11.6. 2014) v závislosti na variantě hnojení. Vertikální úsečky označují 95 % interval spolehlivosti, rozdílné písemné indexy označují statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými variantami hnojení.

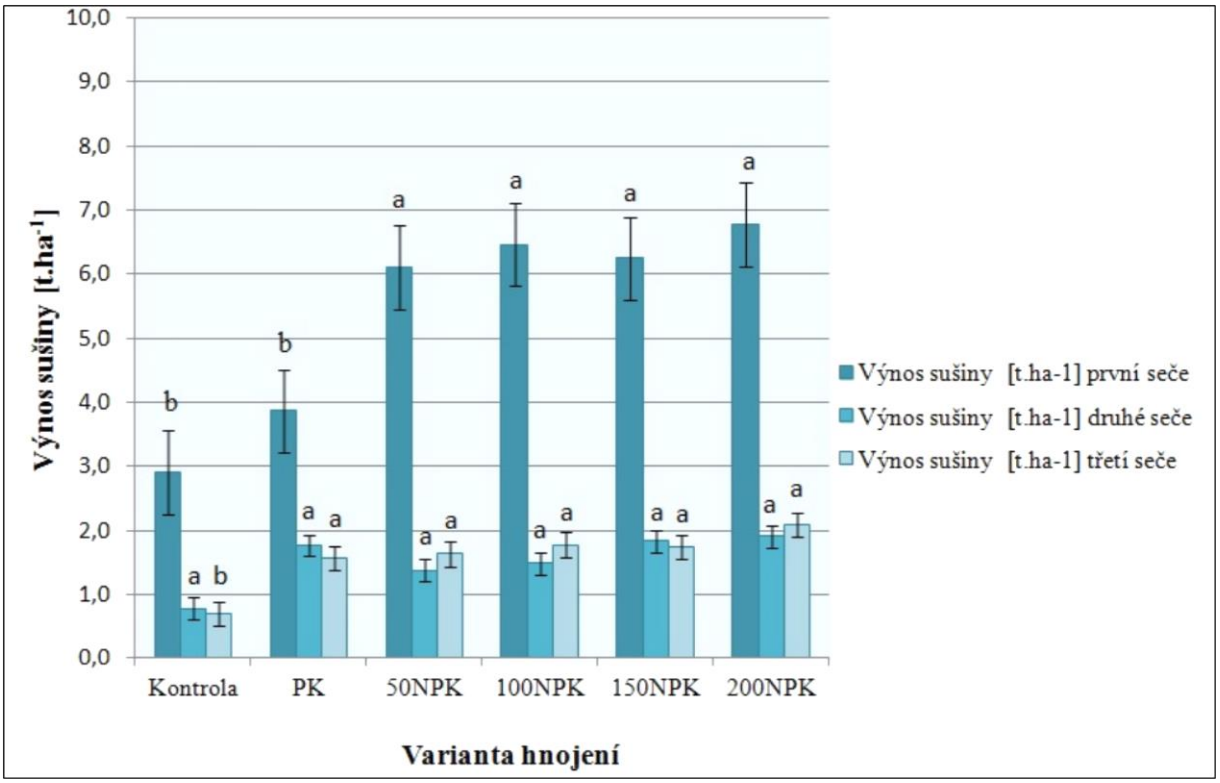
V Grafu 3 jsou znázorněny pokryvnosti hlavních druhů jetelovin v závislosti na variantě hnojení.

Průkazně ($p<0,05$) nejvyšší pokryvnost (15,5 %) měl jetel plazivý (*Trifolium repens*) na variantách kontrola a PK. Varianta N50PK oproti kontrole a PK měla průkazně ($p<0,05$) nižší pokryvnost. Varianty N100PK – N200PK měly průkazně ($p<0,05$) nejnižší pokryvnost ze všech variant, ale mezi sebou neměly průkazný rozdíl. Celkově nejnižší pokryvnost (0,44 %) jetele plazivého byla na variantě N200PK.

Druhou jetelovinou s nejpočetnější pokryvností byl jetel luční (*Trifolium pratense*). Stejně jako jetel plazivý byl nejvíce zastoupen (11,38 %) na variantě PK. Nejmenší pokryvnost jetele lučního (0,94 %) byla na variantě N200PK

Štírovník růžkatý (*Lotus corniculatus*) měl průkazně ($p<0,05$) jako jediný nejvyšší pokryvnost (10,25 %) na variantě kontrola. Varianty PK – N150PK se od sebe průkazně nelišily. Nejmenší pokryvnost (0,38 %) byla průkazně ($p<0,05$) na variantě N200PK.

Jetelovinou s celkově nejmenší pokryvností byl jetel pochybný (*Trifolium dubium*). Nejvíce zastoupen byl na variantě PK (4,06 %). Nejmenší pokryvnost byla na variantě N150PK (0,0 %).



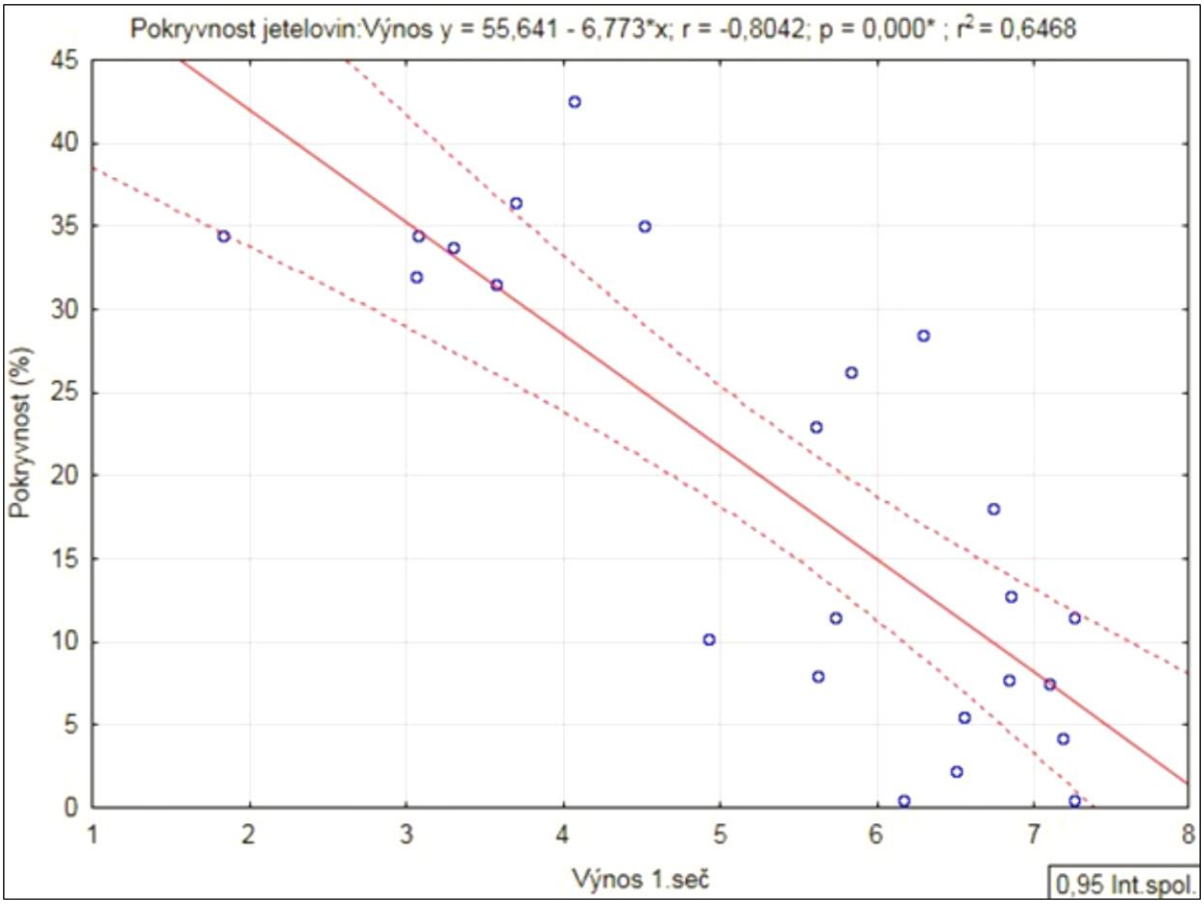
Graf 4 Výnos sušiny [t.ha^{-1}] všech tří sečí (11. 6.; 5. 8. a 8. 10. 2014) v závislosti na variantě hnojení. Vertikální úsečky označují 95 % interval spolehlivosti, rozdílné písemné indexy označují statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými variantami hnojení.

Graf 4 ukazuje výnosy všech tří sečí realizovaných v roce 2014 v závislosti na variantě hnojení.

První seč byly výnosy sušiny průkazně ($p<0,05$) nižší u variant s absencí dusíkatého hnojení (kontrola, PK) oproti variantám, u nichž se dusíkem hnojilo. Nejnižšího výnosu (2,9 t.ha^{-1}) bylo dosaženo na variantě kontrola. Nevyšší výnos sušiny (6,8 t.ha^{-1}) byl zjištěn na variantě N200PK.

Výnosy sušiny druhé seče značně klesly a zároveň se tímto poklesem snížily i průkazné rozdíly mezi variantami dusíkem nehnojenými (kontrola a PK) a variantami, u kterých se dusíkem hnojilo (N50PK – N200PK). Průkazně se od sebe nelišily žádné varianty. Nejvyššího výnosu (1,9 t.ha^{-1}) bylo dosaženo na variantě N200PK. Nejnižší výnos (0,8 t.ha^{-1}) byl stejně jako u první seče zjištěn na variantě kontrola.

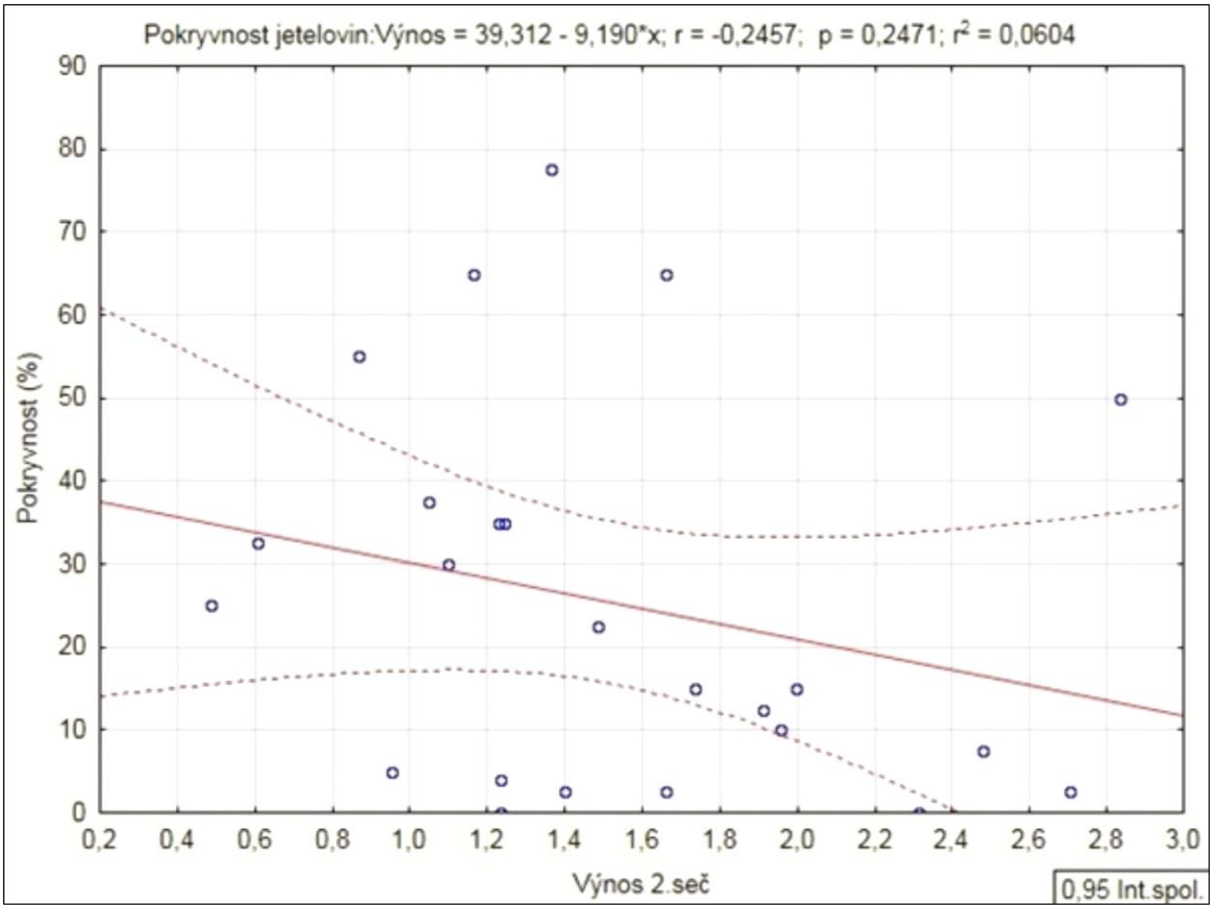
Průkazně ($p<0,05$) nižšího výnosu třetí seče oproti zbylým variantám (PK – N200PK) bylo dosaženo na variantě kontrola. Zároveň byl zaznamenaný u této varianty i celkově nejnižší výnos sušiny (0,7 $t.ha^{-1}$). Nejvyššího výnosu (2,1 $t.ha^{-1}$) bylo dosaženo jako u předchozích sečí na variantě N200PK.



Graf 5 Výnos luční sušiny první seče ve vztahu k pokryvnosti jetelovin před první sečí (11. 6. 2014). Při intervalu spolehlivosti 95 %.

Z grafu 5 je patrná negativní lineární závislost mezi výnosem sušina a pokryvností jetelovin, která je statisticky průkazná ($p < 0,05$). Analýza ukázala střední korelaci mezi výnosem a pokryvností jetelovin ($r^2 = 0,65$). Z grafu 6 můžeme dále odhadnout, že při nárůstu výnosu o 1 $t.ha^{-1}$ se sníží pokryvnost jetelovin o 6,77 %.

Průměrný výnos sušiny první seče z variant hnojených dusíkem (N50PK – N200PK) činil 6,4 $t.ha^{-1}$. Průměrná pokryvnost jetelovin na variantách hnojených dusíkem byla 11,1 %. Průměrný výnos sušiny na variantách nehnojených dusíkem (kontrola a PK) byl 3,4 $t.ha^{-1}$. Průměrná pokryvnost jetelovin na variantách nehnojených dusíkem byla 35 %.



Graf 6 Výnos luční sušiny druhé seče ve vztahu k pokryvnosti jetelovin před druhou sečí (5. 8. 2014). Při intervalu spolehlivosti 95 %.

Z grafu 6 vyplývá, že u druhé seče nebyla průkazná (p = 0,2471) negativní lineární závislost mezi výnosem sušiny a pokryvností jetelovin. Analýza ukázala velice nízkou korelaci mezi výnosem a pokryvností jetelovin (r^2 = 0,06).

Průměrný výnos sušiny 2. seče u variant nehnojených dusíkem (kontrola a PK) byl 1,3 $t.ha^{-1}$. Průměrná pokryvnost jetelovin na těchto variantách byla 50,6 %.

U variant hnojených dusíkem (N50PK – N200PK) byl zjištěn průměrný výnos sušiny 1,7 $t.ha^{-1}$. Průměrná pokryvnost jetelovin u variant hnojených dusíkem byla 12,6 %.

6 Diskuze

V pokusu, který byl sledován na zamokřené ovsíkové louce, došli Vidrih et al. (2009) k podobným výsledkům. Kolektiv autorů sledoval vliv hnojení průmyslovými hnojivy a frekvence sečí na luční porost. Během sledovaného období 2004 – 2006 zaznamenali nejvyšší nárůst pokryvnosti travních druhů na variantě s vyšší dávkou dusíku. Stejně tak jako v Senožatech byla kolektivem autorů zjištěna nejvyšší pokryvnost jetelovin na variantě bez dusíkatého hnojení s aplikací fosforečných a draselných hnojiv (PK). Před druhou sečí byly hodnoty s nejvyššími pokryvnostmi rozděleny stejně jako před první sečí. Nicméně byl zaznamenán poměrně velký procentuální nárůst zastoupení jetelovin na variantách kontrola a PK. Jendrišáková a kol. (2011) tento stav vysvětlují tak, že intenzita narůstání travního porostu je různá během roku. Na jaře je nárůst hmoty travního porostu velmi intenzivní, přes léto klesá, je zastaven v říjnu až listopadu, což souvisí s příchodem a délkou mrazů. Rozdílné je narůstání i jednotlivých složek porostu, nejsilnější nárůst mají trávy na jaře, jeteloviny pak přes letní období. Rovnoměrnějšího narůstání během užitkového období můžeme dosáhnout různými pratotechnickými zásahy (hnojení, závlaha atd.), ale poklesu od jara do podzimu nezabráníme. Určité procento jetelovin lze udržet i na stanovištích hnojených vyšší dávkou dusíku, jak zjistil Kralovec (2003) v dlouhodobém pokusu. Podíl jetelovin byl vyšší při jednorázovém hnojení 80 kg $N.ha^{-1}$ než při dávkách N rozdělených po sečích. Bylo to dáno tím, že dělené dávky hnojení zajišťovaly pravidelný přísun dusíku během vegetace a trávy pak byly ve svém růstu déle podporovány. Pokud se při této úrovni hnojení dusík aplikoval zjara v jedné dávce, bylo obrůstání trav po první sklizni pomalejší, takže se jeteloviny mohly vzpamatovat a zůstaly v porostu déle zastoupeny. Jetelovinou s nejvyšším procentuálním zastoupením byl před první sečí jetel plazivý (*Trifolium repens*). Nejvíce ho bylo zaznamenáno na variantě PK. Druhou nejvíce zastoupenou jetelovinou byl jetel luční (*Trifolium pratense*). Třetí nejpokryvnější jetelovinou byl štírovník růžkatý (*Lotus corniculatus*). Štírovník růžkatý dokonce ve své pokryvnosti přesáhl na variantě kontrola i celkově druhý jetel luční. Identické rozložení výskytu jetelovin zaznamenali při dlouhodobém sledování na stejném pokusném stanovišti i Mrkvička a Veselá (2011). Jetel plazivý je obecně považován za vytrvalejší druh než jetel luční. Dokáže se v porostu lépe uplatnit, neboť díky svému „plazivému“ charakteru lodyh může vyplnit prázdná místa po vymizení ostatních, méně vytrvalých druhů. Tracy et al. (2015) považují jetel luční za konkurenceschopnější při vyšším nárůstu vegetace. Tento stav souvisí také s charakterem lodyh jetele lučního a plazivého, jak bylo už výše uvedeno. Zde naopak poléhavá lodyha nedovolí jeteli plazivému

při vyšším zastínění travami „dosáhnout“ pro světlo a jetel plazivý vlivem zastínění z porostu ustupuje. Jetel luční má vystoupavou lodyhu, a tak se dokáže prosadit i v hustějším a vyšším porostu. Pro docílení dlouhodobějšího využití jetele lučního jak v dočasných, tak i v trvalejších travních porostech, doporučuje Hejduk (2013) přednostní využívání vytrvalých odrůd.

Pokryvnost ostatních dvouděložných druhů před první sečí se průkazně nelišila na žádné ze sledovaných variant. Nejvyšší pokryvnost byla zjištěna na variantě kontrola. Před druhou sečí byla průkazně vyšší pokryvnost ostatních dvouděložných na variantě kontrola a PK oproti zbývajícím variantám. Tyto výsledky potvrzují i Honsová a kol. (2007b), kteří jako příklad uvádějí dlouholetý rothamstedský pokus, kde po 40 letech sledování bylo nejvíce rostlinných druhů zjištěno na stanovištích, která byla hnojena jen PK hnojivy o dávce 40 $kg.ha^{-1}$.

Dávky N na trvalých loukách s větším podílem jetelovin, který hodláme udržovat, by neměly překročit 60 $kg.ha^{-1}$ (Velich, 1996). Vyšší dávky dusíku totiž podporují rozvoj vzrůstnějších druhů trav, které pak omezují (vlivem zastínění a boje o živiny) jeteloviny a ostatní dvouděložné druhy. Mrkvička a Veselá (2001) dodávají, že je vhodné pro udržení vyššího podílu jetelovin v porostu zaměřit se na zvýraznění fosforečného a draselného hnojení, kde podle stanovištních podmínek dodáváme na ha 30 až 40 kg P a 80 až 120 kg K. Dusíkaté hnojení je nutné značně omezit či vypustit, což ale s sebou nese i daň v podobě snížení výnosů o 20 až 50 %. Systém bez N hnojení umožňuje dosáhnout hektarových výnosů kolem 2 až 4 t sena. To potvrzuje i výzkum provedený v Senožatech. Tracy et al. (2015) ale zdůrazňují, že nejdůležitější limitující podmínkou pro dobrý výnos travního porostu jsou srážky. Neboť sebelepší výživářské zásahy nevykompenzují dostatek srážek.

Dalším významným faktorem, jenž působí na pokryvnost jetelovin a výnos travního porostu, je frekvence a termín seče. Během sledovaného roku 2014 proběhly tři seče (11. 6., 5. 8. a 8. 10. 2014). Nejvyšší výnosy sušiny přinesla první seč, což koresponduje s výše uvedeným faktorem nárůstu luční vegetace během roku, se snížením množství srážek v době druhé a třetí seče a s absencí dávek dusíku po jednotlivých sečích. Nejvíce sušiny poskytla varianta hnojená dávkou dusíku 200 $kg.ha^{-1}$ (N200PK). Nejmenšího výnosu bylo při první seči dosaženo na variantě kontrola. Hnojení draselnými a fosforečnými hnojivy zvedlo výnos oproti kontrole o 32,5 %. Nejvyšší dávka dusíku (200 $kg.ha^{-1}$) pak přinesla zvýšení výnosu sušiny o 131,8 % oproti nehnojené kontrole. Minimální dávka dusíku (50 $kg.ha^{-1}$) zvedla výnos sušiny o 109,2 %. Tyto výsledky korespondují přibližně s výsledky zjištěnými Mrkvičkou and Veselou (2002), kdy během desetiletého pokusu sledování vlivu hnojení na

luční porost s dominancí kostřavy červené (*Festuca rubra*) došli k závěru, že samotné PK hnojení zvyšuje výnosy porostu o 37 %, PK hnojení plus dávka 100 kg $N.ha^{-1}$ o 75 % a dávka N 200 $kg.ha^{-1}$ plus PK o 104 % oproti nehnojené kontrole. Královec (2003) uvádí ještě o něco větší zvýšení výnosů. Nižší procentuální zvýšení výnosů u Mrkvičky and Veselé (2002) může být dáno tím, že sledovali porost kostřavy červené, která je menšího vzrůstu než ovsík vyvýšený (*Arrhenatherum elatius*), a tudíž i méně výnosnější. V polním pokusu na polopřírodním lučním stanovišti blízko slovinského města Maribor sledovali Kramberger and Gselman (2000) vliv roční frekvence sečí na výnos sena. Pokusné parcely byly hnojeny NPK hnojivy v dávce čistých živin na ha: 180 kg N, 40 kg P a 150 kg K. Odstup mezi sečemi byl od extrémních 2 týdnů až po 12 týdnů (2, 4, 6, 8, 10, 12). Nejvyšších výnosů sena (12,15 $t.ha^{-1}$) bylo dosaženo na pozemku s odstupem sečí 8 týdnů, tzn. 3 seče ročně. Nejnižší výnosy sena (7,7 $t.ha^{-1}$) byly na pozemku s odstupem sečí 2 týdny, tzn. 12 až 14 sečí za rok. Královec (2003) zjistil, že produkce na dříve intenzivně hnojených pozemcích po ukončení hnojení rychle klesala. V roce 1989 zaznamenal při dávce 320 kg $N.ha^{-1}$ výnos 8,01 $t.ha^{-1}$, po pěti letech nehnojení bylo dosaženo již jen necelé čtvrtiny dřívější produkce (1,90 $t.ha^{-1}$), to bylo ještě méně, než kolik poskytla nehnojená kontrola (2,02 $t.ha^{-1}$).

Vliv frekvence sečí na botanické složení nebyl na pokusném stanovišti v Senožatech sledován, ale je to také dosti významný faktor působící na druhovou skladbu porostu. Zde je uvedeno několik autorů, kteří se touto problematikou zabývali, a jejich pokusů. Na ovsíkové louce hnojené NPK hnojivy sledoval vliv frekvence sečí na botanické složení kolektiv autorů Čop et al. (2009). Frekvence sečí byla: 2 seče s opožděnou první sečí, 3 seče a 4 seče za rok. Negativní vliv na rozvoj jetelovin a ostatních dvouděložných zaznamenal kolektiv autorů až u varianty 4 seče za rok. Nicméně zjistili, že větší vliv na botanické složení a výnos porostu má aplikace hnojiva než jimi sledovaná frekvence sečení. Druhově pestřejší jsou travní porosty při třísečném využívání. Dvousečné travní porosty vykazují nižší diverzitu, ale po stránce druhové skladby se jeví jako kvalitnější. Na kvalitě travního porostu se odráží také intenzita hnojení. Podíl hodnotných trav se hnojením zvyšuje. Kompromis mezi kvalitou píce a druhovou diverzitou nabízí dvousečné využití a pravidelná aplikace PK hnojiv (Skládanka a Hrabě, 2008).

7 Závěr

Cílem práce bylo zhodnotit, jaký má vliv hnojení průmyslovými hnojivy na pokryvnost jetelovin na ovsíkové louce na dlouholetém pokusném stanovišti u obce Senožaty na Pelhřimovsku. Dále byl stanoven výnos sušiny ze všech třech sečí realizovaných v roce 2014 a posouzen vliv hnojení průmyslovými hnojivy na výnos sledovaného travního porostu. Zaznamenané výsledky jsou ve shodě se stanovenými hypotézami. Výzkum na pokusném stanovišti přinesl několik poznatků, jež jsou shrnuty v následujících bodech:

- vyšší dávky dusíku (100 – 200 kg.ha^{-1}) podpořily rozvoj travních druhů,
- následkem toho byly potlačeny jeteloviny a ostatní dvouděložné druhy,
- fosforečné a draselné hnojení podpořilo rozvoj jetelovin a ostatních dvouděložných druhů,
- hnojení fosforečnými a draselnými hnojivy zvýšilo hektarový výnos sušiny oproti kontrole o 32,5 %,
- hnojení nižší dávkou dusíku (50 kg.ha^{-1}) zvýšilo hektarový výnos sušiny oproti kontrole o 109,2 %,
- maximální dávka dusíku (200 kg.ha^{-1}) zvedla výnos sušiny z hektaru o 131,8 % oproti nehnojené kontrole.

Ze zjištěných výsledků je zřejmé, že pro udržení vyššího procenta jetelovin v porostu typu *Arrhenatherion elatioris* je podmínkou aplikace fosforečných a draselných hnojiv s vypuštěním nebo dávkou dusíku do 50 kg.ha^{-1}. Dávka dusíku 50 kg.ha^{-1} už podstatně zvýší hektarový výnos travního porostu. Nicméně k dosažení vyšších výnosů sušiny je zapotřebí zvýšit dávku aplikovaného dusíku. Musíme si tedy vybrat buď kompromis nižších výnosů a udržení jetelovin v porostu, nebo vysoké výnosy za cenu snížení nebo úplného vymizení jetelovin z porostu. Pro dosažení vyšších výnosů i v dalších sečích je vhodné dávky dusíku aplikovat po jednotlivých sečích.

8 Seznam literatury

Baier, J., Baierová, V. 1985. Abeceda výživy rostlin a hnojení. SZN. Praha. 364 s. ISBN: 07-033-85-04/17

Bláhová, J., Hrevušová, Z., Dindová, A. 2014. Vliv N, P, K hnojení na počet rostlinných druhů na ovsíkové louce. In: Fuksa, P. (ed.). Sborník příspěvků z odborného semináře Aktuální témata v pícninářství a trávníkářství 2014. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha. s. 7-10. ISBN: 978-80-213-2529-6.

Buchgraber, K. 2005. Kann die Futterqualität am Grünland gesteigert Arden?/Může se zvýšit kvalita píce luk a pastvin? In: Sborník z mezinárodní vědecké konference. Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha. s. 5-18, ISBN: 80-86555-75-5.

Bukovský, J. (ed.). 2012. Situační a výhledová zpráva půda. MZe. Praha. 100 s. ISBN: 879-80-7334-088-8.

Cagaš, B. 1999. Endofytní houby rodu neotyphodium u našich pícních a trávníkových trav. In: Sborník z mezinárodní vědecké konference a odborného semináře katedry pícninářství pícninářské dny 1999. Česká zemědělská univerzita v Praze. s. 37-44. ISBN: 80-213-0520-7.

Crawley, M. J., Johnston, A. E., Silvertown, J., Dodd, M., De Mazancourt, C., Heard, M. S., Henman, D. F., Edwards, G. R. 2005. Determinants of species richness in the park grass experiment. American Naturalist. 165 (2). 179-192.

Čermák, B. ed. 2004. Pěstování a využití objemných krmiv pro zvířata a ochranu životního prostředí. MZe. České Budějovice. 160 s. ISBN: 80-7040-745-X.

Česká republika od roku 1989 v číslech [online]. Český statistický úřad [cit. 2014-11-09]. Dostupné z <http://www.czso.cz/csu/2014edicniplan.nsf/p/320181-14#09>.

Čop, J., Vidrih, M., Hacin, J. 2009. Influence of cutting regime and fertilizer application on the botanical composition, yield and nutritive value of herbage of wet grasslands in Central Europe. Grass and Forage Science. 64 (4). 454-465.

Fiala, J., Klír, J., Gaisler. J., Kohoutek, A. 2007a. Hnojení travních porostů statkovými hnojivy. Náš chov. 67 (3). 96-100.

Fiala, J., Kohoutek, A., Klír, J. 2007b. Výživa a hnojení travních a jetelovinotravních porostů. Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha. 36 s. ISBN: 978-80-87011-25-6.

Gáborčík, N., Kohoutek, D., Ilavská, I. 2007. Response of seminatural grassland root system to mineral fertilization over growing season. Agriculture (Pol'nohospodárstvo). 53 (1). 1-10.

Gage, D. J. 2004 Infection and Invasion of Roots by Symbiotic, Nitrogen-Fixing Rhizobia during Nodulation of Temperate Legumes. Microbiology Molecular Biology Reviews. 68. 280-300.

Garden, E. H., Jackson, T. L., Webster, G. R., Turley, R. H. 1960. Some effects of fertilization on the yield, botanical and chemical composition of irrigated grass and grass-clover pasture swards. Canadian Journal of Plant Science. 40 (3). 546-562.

Golińska, B., Goliński, P., Chalupová, P. 2012. Výběr zdrojových ploch. In: Scotton, M (eds.)., Kirmer, A (eds.)., Krautzer, B (eds.). Praktická příručka pro ekologickou obnovu travních porostů. ZO ČSOP Bílé Karpaty. Veselí nad Modravou. s. 16-21. ISBN: 978-80-903444-8-8.

Hejduk, S. 2013. Vliv původu a ploidity odrůd jetele lučního na vytrvalost ve směsi s travami. In: Sborník z Polní den „MendelGrass“ 2013. Mendelova univerzita v Brně. s. 60-65. ISBN: 978-80-7375-758-8.

Hejduk, S., Kasprzak, K. 2007. Vliv travních porostů na erozi půdy a povrchový odtok vody. In: Sborník z odborného semináře Trávníky 2007. Bonus. Hrdějovice. s. 13–17. ISBN: 80-86802-12-4.

Honsová, D., Hejcman, M., Klaudisová, M., Pavlů, V., Kocourková, D., Hakl, J. 2007b. Species compositioon of an alluvial meadow after 40 years of applying nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer. Preslia, 79, s. 245 – 258.

Honsová, D., Svobodová, M., Klaudisová, M., Kocourková, D., Mrkvička, J. 2007a. Vliv hnojení na botanické složení trvalých travních porostů. Agromanuál. 2 (7). 50-51.

Hrabě, F. ed. 2004. Trávy a jetelovinotrávy v zemědělské praxi. Petr Baštan. Olomouc. 121 s. ISBN: 80-903275-1-6.

Hrazdira, Z., Koníček, B., Tomka, O. 1967. Zvyšování výnosů luk a pastvin. SZN. Praha. 240 s. ISBN: DT 633.2.033:330.402.

Hric, P., Jančovič, J., Kovár, P., Vozár, L‘. 2012. Vplyv rozích druhov hnojív na rastovo-produkčný proces trávnika. In: Fuksa, P. (ed.). Sborník příspěvků z odborného semináře Aktuální témata v pícninářství a trávníkářství. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha. s. 29-34. ISBN: 978-80-213-2344-5.

Chytrý, M. (ed.). 2007. Vegetace České republiky, Travinná a keříčková vegetace. Acedemia. Praha. 528 s. ISBN: 978-80-200-1462-7.

Jackman, R. H., Mouat. M. C. H. 1972. Competition between grass and clover for phosphate. New Zealand Journal of Agricultural Research. 15 (4). 653-666. Dostupný také z: <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/00288233.1972.10421622>.

Jendrišáková, S., Jančová, M., Kizeková, M. 2011. Agroenvironmentálne obhospodarovanie biotopov trávnych porastov. CVRV. Banská Bystrica. 150 s. ISBN: 978-80-89417-18-6.

Joner, E. J. 2000. The effect of long-term fertilization with organic or inorganic fertilizers on mycorrhiza-mediated phosphorus uptake in subterranean clover. Journal Biology and Fertility of Soils. 32 (5). 435-440. Dostupný také z: <http://link.springer.com/article/10.1007/s003740000279#>.

Jurko, A. 1990. Ekologické a socioekonomické hodnotenie vegetácie. Příroda. Bratislava. 183 s. ISBN: 80-07-0039-6.

Klesnil, A. ed. 1978. Intenzivní výroba píce. SZN. Praha. 353 s. ISBN: DT 633.2 + 3 + 4 : 636.086.

Klimeš, F. 1997. Lukařství a pastvinářství, ekologie travních porostů. JU ZF České Budějovice. České Budějovice. 142 s. ISBN: 80-7040-215-6.

Klír, J., Kunzová, E., Čermák, P. 2007. Rámcová metodika výživy rostlin a hnojení. Výzkumný ústa rostlinné výroby. Praha. 40 s. ISBN: 978-80-87011-14-0.

Klír, J., Wollnerová, J., Růžek, P., Haberle, J., Kunzová, E. 2008. Zásady správné zemědělské praxe pro ochranu vod před znečištěním dusičnany. Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha. 24 s. ISBN: 978-80-87011-64-5.

Knot, P., Raus, J., Sochorec, M., Kvasnovský, M., Hrabě, F. 2013. Vliv mulčování a hnojení na výšku extenzivně ošetřovaného trávníku. In: Sborník z Polní den „MendelGrass“ 2013. Mendelova univerzita v Brně. s. 56–59. ISBN: 978-80-7375-758-8.

Kollárová, M. (ed.). 2007. Zásady pro obhospodařování trvalých travních porostů. Výzkumný ústav zemědělské techniky. Praha. 54 s. ISBN: 978-80-86884-20-2.

Kralovec, J. 2003. Vliv dlouhodobého obhospodařování travního porostu na produkci a kvalitu píce a na vlastnosti půdy (1970-2003). In: Trávník, K., Královec, J. (eds.). 30 let dlouhodobých výživářských pokusů. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. Praha. s. 40-52. ISBN: 80-86548-43-0.

Kramberger, B., Gselman, A. 2000. Changes in productivity and botanical composition of semi-natural grassland as a consequence of cutting frequency. Rostlinna Vyroba. 46 (7). 325-330.

Krištín, J. ed. 1987. Technologie rostlinné výroby II. SZN. Praha. 344 s. ISBN: 633/075.3/.

Kubát, K. (eds.). 2002. Klíč ke květeně České republiky. Academia. Praha. 928 s. ISBN: 978- 80-200-0836-7.

Kunzová, E. 2009. Výživa rostlin a hnojení fosforem. Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha. 24 s. ISBN: 978-80-7427-015-4.

Kunzová, E. 2010. Výživa rostlin a hnojení draslíkem. Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha. 24 s. ISBN: 978-80-7427-066-6.

Kvítek, T. (ed.). 1997. Udržení, zlepšení a zakládání druhově bohatých luk. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy. Praha. 52 s. ISSN: 12113972.

Lichner, S. ed. 1977. Lúky a pasienky. Príroda. Bratislava. 325 s.

Loydi, A., Donath, T. W., Otte, A., Eckstein, R. L. 2015. Negative and positive interactions among plants: Effects of competitors and litter on seedling emergence and growth of forest and grassland species. Plant Biology. ISSN: 1435-8603.

Matula, J. 2007. Optimalizace výživného stavu půd pomocí diagnostiky KVK-UF. Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha. 52 s. ISBN: 978-80-87011-16-4.

Mikanová, O., Šimon, T. 2011. Alternativní výživa rostlin fosforem. Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha. 21 s. ISBN: 978-80-7427-080-2.

Mikanová, O., Šimon, T. 2013. Alternativní výživa rostlin dusíkem. Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha. 25 s. ISBN: 978-80-7427-143-4

Ministerstvo zemědělství České republiky. 2014. Zemědělství 2013. Ministerstvo zemědělství. Praha. 134 s. ISBN: 978-80-7434-151-9.

Mrkvička J., Veselá, M. 2011. Vliv trofických úrovní na změny a vývoj společenstva. In: Fuksa, P. (ed.). Sborník příspěvků z odborného semináře Aktuální témata v pícninářství a trávníkářství. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha. s. 49-53. ISBN: 978-80-213-2239-4.

Mrkvička, J., Veselá, M. 2001. Vliv různých forem hnojení na botanické složení a výnosový potenciál travních porostů. Ústav zemědělských a potravinářských informací. Praha. 26 s. ISBN: 80-7271-0.

Mrkvička, J., Veselá, M. 2002. Influence of fertilization rates on species composition, quality and yields of the meadow fodder. Rostlinná výroba, 48 (11), s. 494 – 498.

Müller, Ch. B., Krauss, J. 2005. Symbiosis between grasses and asexual fungal endophytes. Current Opinion in Plant Biology. 4. 450-456.

Nedělník, J., Rotrekl, J. (ed.). 2010. Kapitoly z moderního pícninářství. Ing. Petr Baštan. Olomouc. 192 s. ISBN: 978-80-86908-20-5.

Nerušil, P. 2008. Produkční, kvalitativní a porostové změny trvalého lučního společenstva ve vztahu k intenzitě využívání a úrovni hnojení. Disertační práce. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. Agronomická fakulta. Brno. 141 s.

Novák, J. 2008. Pasienky, lúky a trávniky. Patria. Bratislava. 708 s. ISBN: 978-80-8567-423-1.

Pacurar, F. S., Rotar, I., Bogdan, A. D., Vidican, R. M., Dále, L. M. 2012. The influence of mineral and organic long-term fertilization upon the floristic composition of Festuca rubra L.-Agrostis capillaris L. grassland in Apuseni mountains, Romania. Journal of food, Agriculture and Enviroment. 10 (1). 866-879.

Peix, A., Ramírez-Bahena, M. H., Velázquez, E., Bedmar, E. J. Bacterial Associations with Legumes. Critical Reviews in Plant Sciences [online]. 2014 [cit. 2015-01-16]. Dostupné z <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/07352689.2014.897899#tabModule>.

Petr, J., Černý, V., Hruška, L. (eds.). 1980. Tvorba výnosu hlavních polních plodin. SZN. Praha. 448 s.

Poulík, Z. 1996. Výživa a hnojení pícních kultur. Institut výchovy a vzdělávání Mze ČR. Praha. 36 s. ISBN: 80-7105-109-8.

Procházka, I. 1993. Kapesní atlas semenářsky důležitých jetelovin a trav. Oseva. Třebíč. 44 s.

Raclavská, H., Frydrych, J., Andert, D. Význam popelovin v travní biomase pro energetické účely [online]. Biom.cz 23. Září 2013 [cit. 2014-11-12]. Dostupné z <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyznam-popelovin-v-travni-biomase-pro-energeticke-ucely>.

Raus, J., Knot, P., Sochorec, M., Hrabě, F. 2013. Biodiverzita lučního porostu v závislosti na úrovni hnojení a frekvence sečí. In: Sborník z Polní den „MendelGrass“ 2013. Mendelova univerzita v Brně. s. 56–59. ISBN: 978-80-7375-758-8.

Regál, V., Krajčovič, V. 1963. Pícninářství. SZN. Praha. 466 s. ISBN: DT 633.2 + 633,3(07).

Richter, R., Hlušek, J. 1996. Průmyslová hnojiva jejich vlastnosti a použití. Institut výchovy a vzdělávání Mze ČR v Praze. Praha. 50 s. ISBN: 80-7105-121-7.

Richter, R., Římovský, K. 1996. Organická hnojiva jejich výroba a použití. Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR v Praze. Praha. 40 s. ISBN: 80-7105-117-9.

Robson, A. D., O´hara, G. W., Abbott, L. K. 1981. Involvement of Phosphorus in Nitrogen Fixation by Subterranean Clover (*Trifolium subterraneum* L.). Australian Journal of Plant Physiology. 8. 427 - 436

Rychnovská, M., Balátová-Tuláčková, E., Úlehová, B., Pelikán, J. 1985. Ekologie lučních porostů. Academia. Praha. 291 s.

Sádlo, J. 2007. Diverzita vegetace České republiky, její příčiny a historický vývoj. In: Chytrý, M. (ed.). Vegetace České republiky, Travinná a keříčková vegetace. Academia. Praha. s. 53-64. ISBN: 978-80-200-1462-7.

Samuil, C., Vintu, V., Sirbu, C., Stavarache, M. 2013. Influence of fertilizers on the biodiversity of semi-natural grassland in the Eastern Carpathians. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. 41 (1). 195-200.

Skládanka, J., Hrabě, F. 2008. Vliv hnojení a intenzity využití na druhovou skladbu, diverzitu a kvalitu travního porostu. Agriculture (Poľnohospodárstvo). 54 (1). 1-13.

Skládanka, J., Večerek, M., Vyskočil, I. Travinné ekosystémy multimediální učební texty [online]. Mendelu. 26. prosince 2009 [cit. 2015-01-20]. Dostupné z <http://web2.mendelu.cz/af_222_multitext/trek/index.php?N=4&I=2>.

Sochorec, M., Hejduk, S., Raus, J., Knot, P., Skládanka, J. 2013. Vliv vegetačního pokryvu na velikost povrchového odtoku. In: Sborník z Polní den „MendelGrass“ 2013. Mendelova univerzita v Brně. s. 56–59. ISBN: 978-80-7375-758-8.

Šantrůček, J. (ed.). 2007. Encyklopedie pícninářství. ČZU. Praha. 157 s. ISBN: 978-80-213-1605-8.

Šašková, D. 1993. Trávy a obilí. Artia a Granit. Praha. 64 s. ISBN.: 80-85805-03-0

Štýbnarová, M., Mičová, P., Fiala, K., Karabcová, H., Látal, O., Pozdíšek, J. 2014. Effect of organic fertilizers on botanical composition of grassland, herbage yield and quality. Agriculture. 60 (3). 87-97.

Šůr, D., Gonda, L., Golecký, J., Čunderlíková, Z. 2002. Príručka pasienkára. VÚTPHP. Banská Bystrica. 212 s.

Tracy, B. F., Schlueter, D. H., Flores, J. P. Conditions that favor clover establishment in permanent grass swards. GRASSLAND SCIENCE. 61 (1). 34-40.

Vaněk, V., Balík, J., Pavlíková, D., Tlustoš, P. 2007. Výživa polních a zahradních plodin. Profi Press. Praha. 167 s. ISBN: 978-80-86726-25-0.

Velich, J. 1986. Studium vývoje produkční schopnosti trvalých travních porostů a drnového procesu při dlouhodobém hnojení a jeho optimalizace. Disertační práce. VŠZ Praha. Agronomická fakulta. Praha. 162 s.

Velich, J. 1996. Praktické lukařství. Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství v ČR v Praze. Praha. 57 s. ISBN: 80-7105-129-2.

Velich, J., Petřík, M., Regal, V., Štráfelda, J., Turek., F. 1994. Pícninářství. VŠZ. Praha. 204 s. ISBN: 80-997213-0156-2.

Veselý, P., Skládanka, J., Havlíček, Z. 2011. Metodika hodnocení kvality píce travních porostů v chráněných krajinných oblastech. Mendelova univerzita v Brně. Brno. 32 s. ISBN: 978-80-7375-542-3.

Vidrih, M., Čop, J., Trdan, S., Eler, K. 2009. Changes in floristic composition over three years of Ljubljana marsh grassland in relation to cutting and fertilising management. Acta Agriculturae Slovenica. 93 (2). 193-199.

Volková, P., Šrámek, P. 2012. Vliv frekvence sečení a úrovně hnojení na výnosy a botanické složení trvalého travního porostu v Zubří (2003 – 2012). In: Fuksa, P. (ed.). Sborník příspěvků z odborného semináře Aktuální témata v pícninářství a trávníkářství 2012. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha. s. 88-93. ISBN: 978-80-213-2344-5.

Vos, H. M. J., Ros, M. B. H., Koopmans, G. F., van Groeningen, J. W. 2014. Do earthworms affect phosphorus availability to grass? A pot experiment. Soil Biology and Biochemistry. 79 (1). 34-42.

Wang, C., Wang, G., Liu, W., Wang, Q. 2013. Effects of fertilization gradients on plant community structure and soil characteristics in alpine meadow. Shengtai Xuebao/ Acta Ecologica Sinica, 33 (10), pp. 3103-3113. Dostupné také z: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84878398493&partnerID=40&md5=7fc9d31494c2b330c01dc9743d39c8dc>

Zahran, H. H. 1999. *Rhizobium*-Legume Symbiosis and Nitrogen Fixation under Severe Conditions and in an Arid Climate. Microbiology Molecular Biology Reviews. 63. 968-989

Zemědělství – časové řady [online]. Český statistický úřad [cit. 2015-01-06]. Dostupné z <http://www.czso.cz/csu/redakce.nsf/i/zem_cr >.

Zhan, L., Li, X., Lu, J., Liao, Z., Ren, T., Cong, R. 2014. Potassium Fixation and Release Characteristics of Several Normal and K-Exhausted Soils in the Middle and Lower Reaches of the Yangtse River, China. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 45 (22). 2921-2931.

9 Přílohy

9.1 Seznam příloh

Obrázek 1 sběr vzorků čerstvě posečené fytomasy druhé seče.
Obrázek 2 detail porostu po podzimním hnojení PK.

Obrázek 1 Sběr vzorků čerstvě posečené fytomasy druhé seče.

Obrázek 2 Detail porostu po podzimním hnojení PK.