

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra pícninářství a travníkářství



Vliv hnojení a druhového složení na kvalitu luční píce

Diplomová práce

Autor práce: Milena Fučíková

Obor studia: Rostlinná produkce

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

© 2017 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv hnojení a druhového složení na kvalitu luční píče" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucí diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne _____

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala své vedoucí práce Ing. Zuzaně Hrevušové, Ph.D. za poskytnuté odborné rady a vedení diplomové práce. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Anně Dindové za poskytnutá data potřebná k vypracování praktické části diplomové práce.

Vliv hnojení a druhového složení na kvalitu luční píce

Souhrn

Cílem diplomové práce bylo posoudit vliv dlouhodobé aplikace různých dávek dusíku s fosforem a draslíkem na zastoupení agrobotanických skupin, kvalitu píce a výnosy travního porostu typu *Arrhenatherion elatioris*. Byl také zjišťován vliv podílu trav, jetelovin a ostatních dvouděložných druhů na kvalitu píce.

Dlouhodobý pokus se nachází u obce Senožaty v okrese Pelhřimov. Jedná se o louku mezofytního charakteru, kde převládá ovsík vyvýšený (*Arrhenatherum elatius*). Pokus založený formou znáhodněných bloků zahrnuje šest variant hnojení: nehnojená kontrola, PK, N50PK, N100PK, N150PK a N200PK. Hodnocení zastoupení agrobotanických skupin, kvality píce i výnosů bylo provedeno v první, druhé i třetí seči. Zastoupení trav, jetelovin a ostatních dvouděložných druhů bylo zjišťováno tzv. váhovou metodou. Kvalitativní parametry píce (obsah dusíkatých látek, hrubé vlákniny, PDIE a stravitelnost organické hmoty) byly hodnoceny metodou NIR.

Bylo zjištěno, že v první seči byl výnos nadzemní biomasy více než 2x vyšší na parcelách hnojených dusíkem v porovnání s kontrolní variantou. Tyto varianty (N50PK – N200PK) obsahovaly přes 90 % trav, méně než 2 % jetelovin a méně než 6 % ostatních dvouděložných druhů. Obsah dusíkatých látek a hrubé vlákniny se zvyšoval se zvyšující se dávkou aplikovaného dusíku. Stravitelnost organické hmoty byla v první seči nejvyšší u varianty N100PK. Druhá seč dosahovala polovičních výnosů než seč první. Vyšší výnos suché hmoty než 2 t.ha⁻¹ poskytovaly varianty N100PK – N200PK. U těchto variant bylo opět vysoké zastoupení trav a velmi nízké zastoupení jetelovin a ostatních dvouděložných druhů. Obsah dusíkatých látek v druhé seči byl nejvyšší u nehnojené kontroly. Obsah hrubé vlákniny se zvyšoval s intenzitou hnojení. Třetí seč poskytla velmi nízký výnos suché biomasy, ale biomasa měla vysoký obsah dusíkatých látek a PDIE. Obsahovala nejméně hrubé vlákniny a stravitelnost organické hmoty byla nejvyšší ze všech sečí. Průkazné korelace mezi podílem jednotlivých agrobotanických skupin a kvalitou píce byly zjištěny jen u obsahu vlákniny v první a druhé seči a obsahu PDIE v píci třetí seče.

Z výsledků práce lze vyvodit, že z hlediska kvality píce, výnosu suché biomasy i botanického složení porostu je nejvhodnější travní porost typu *Arrhenatherion elatioris* hnojit 50 kg N.ha⁻¹ s fosforem a draslíkem.

Klíčová slova: Trvalé travní porosty, botanické složení, *Arrhenatherion elatioris*, kvalitativní parametry píce, výnosy

Effect of fertilization and species composition on the quality of meadow fodder

Summary

The aim of the thesis was to assess the effect of long-term application of different doses of nitrogen with phosphorus and potassium on proportion of agrobotanical groups, on forage quality and yield of the grassland's vegetation of the type *Arrhenatherion elatioris*.

Long-term experiment is located near the village of Senožaty (Pelhřimov). This is mesophilous meadow with a predominance of *Arrhenatherum elatius*. An experiment in the form of random sample of blocks includes six varieties of fertilization: unfertilized control, PK, N50PK, N100PK, N150PK and N200PK. Evaluation of the botanical composition, forage quality and yields of meadow fodder was carried out in the 1st cut, the 2nd cut and the 3rd cut. Composition of grass, legumes and other dicots' plants was evaluated by weight method. Qualitative parameters of the forage (crude protein, crude fiber, PDIE and organic matter digestibility) were evaluated by NIR spectroscopy.

The results show that yield of aboveground biomass in the first cut has been twice bigger on plots of nitrogen fertilization than unfertilized control. Variants N50PK – N200PK contained 90 % of grasses, lower than 2 % legumes and lower than 6 % other herbs. Content of crude protein and crude fiber was increased with increasing dose of nitrogen applied. In first cut was highest organic matter digestibility in variants N100PK in comparison with other variants. Yield of dry matter aboveground biomass was half in the second cut compared with the first. On variants N100PK – N200PK was high proportion of grasses and very low proportion of legumes and other herbs. In the second mowing, the highest content of crude protein have been find out in biomass of unfertilized control. The crude fiber content increased with the intensity of fertilization. In the third cut, yield of dry matter biomass was very low, but content of crude protein and PDIE was high. In dry matter biomass in third mowing, content of crude fiber was lowest and organic matter digestibility was highest. Significant correlation between the proportion of individual agrobotanical groups and forage quality were found only in the fiber content of the 1st and 2nd cut and PDIE in forage 3rd cut.

The results of the thesis show that the forage quality, yield of dry biomass and botanical composition of grassland type *Arrhenatherion elatioris* is most appropriate fertilize 50 kg N.ha⁻¹ with phosphorus and potassium.

Keywords: Permanent grasslands, species composition, *Arrhenatherion elatioris*, quality of meadow fodder, yield

Obsah

1 Úvod	7
2 Vědecké hypotézy a cíle práce	8
3 Literární přehled	9
3.1 Trvalé travní porosty	9
3.1.1 Stav v České republice	10
3.2 Kvalita luční píče	11
3.2.1 Botanické složení travního porostu	11
3.2.2 Morfologická stavba rostlin	14
3.2.3 Fenofáze	15
3.2.4 Nutriční parametry píče	16
4 Materiál a metody	23
4.1 Charakteristika stanoviště	23
4.2 Založení pokusu	24
4.3 Hnojení porostu	24
4.4 Hodnocení botanického složení	25
4.5 Hodnocení kvality píče	25
4.6 Výnos nadzemní biomasy	26
4.7 Statistické hodnocení	26
5 Výsledky	27
5.1 Vliv hnojení na podíl jednotlivých agrobotanických skupin v porostu	27
5.2 Vliv různé intenzity hnojení a pořadí seče na kvalitu píče	31
5.3 Vliv jednotlivých agrobotanických skupin na kvalitu píče	34
5.4 Výnos nadzemní biomasy	40
6 Diskuse	41
6.1 Vliv hnojení na podíl jednotlivých agrobotanických skupin v porostu	41
6.2 Vliv různé intenzity hnojení a pořadí seče na kvalitu píče	42
6.3 Vliv jednotlivých agrobotanických skupin na kvalitu píče	44
7 Závěr	46
8 Seznam literatury	47

1 Úvod

Trvalé travní porosty tvoří důležitou část krajiny i zemědělské půdy. V České republice zaujímají trvalé travní porosty téměř čtvrtinu výměry zemědělské půdy.

Travní porosty jsou smíšená společenstva trav, jetelovin a ostatních dvouděložných druhů rostlin, která plní funkci produkční, tj. produkce objemné píce. Objemná krmiva tvoří základ krmné dávky, proto je velmi důležité, aby se problematice kvality věnovala vysoká pozornost. Vedle této produkční funkce mají trvalé travní porosty i řadu funkcí mimoprodukčních. Ty spočívají v ochraně půdy před větrnou a vodní erozí, v omezení povrchového odtoku vody, v hygienizaci vody, v utváření rázu krajiny, v udržování biodiverzity na úrovni rostlin, živočichů, hub, mikroorganismů apod.

Současné náročné ekonomické podmínky českého zemědělství si vynucují hledat a využívat všechny cesty ke zvýšení konkurenceschopnosti podniků. V zemědělství je chováno menší množství hospodářských zvířat, ale je kladen větší důraz na tvorbu kvalitní píce. Kvalita píce se odráží nejen v užitkovosti zvířat, ale také v jejich zdraví, proto by každý agronom společně se zootechnikem měli dbát na udržování vysoké úrovně krmiv, která zvířatům dodávají. Mezi nejdůležitější pratotechnické postupy, které mají vliv na kvalitu luční píce, patří sečení a hnojení. Hnojením travního porostu lze ovlivnit jeho botanické složení, které velmi významně působí i na kvalitu píce, ale také jím lze přímo ovlivnit chemické složení rostlin. Hnojení však nemusí vždy působit pozitivně na kvalitu porostu i píce, proto je velmi důležité, aby bylo prováděno na základě stanovištních a povětrnostních podmínek, intenzitě využívání a neméně důležité jsou i zkušenosti agronoma, který vždy musí zhodnotit aktuální stav porostu. Je důležité, aby píce byla sklizena v optimální fázi zralosti. Zemědělec proto musí být nejen schopen určit optimální zralost dominantního druhu travního porostu, ale musí také zvolit správný termín z hlediska průběhu počasí, aby bylo možné píci odpovídajícím způsobem konzervovat.

Je velice důležité mít dostatek podkladů, které ukazují efektivitu hnojení ve vztahu ke kvalitě píce. Tato práce je proto zaměřena na zhodnocení vlivu dlouhodobého hnojení a druhového složení travního porostu na kvalitu píce, přičemž se výzkum zabývá kvalitou píce ze všech tří sečí travního porostu typu *Arrhenatherion elatioris*.

2 Vědecké hypotézy a cíle práce

V práci byly stanoveny tyto hypotézy:

Dlouhodobé hnojení travního porostu typu *Arrhenatherion elatioris* dusíkem s fosforem a draslíkem ovlivňuje

- podíl trav, jetelovin a ostatních dvouděložných druhů v porostu
- množství dusíkatých látek (NL) v píce
- obsah hrubé vlákniny v píce
- obsah PDIE v píce
- stravitelnost organické hmoty (OMD) píce
- výnosy suché nadzemní biomasy

Podíl trav, jetelovin a ostatních dvouděložných druhů v lučním porostu typu *Arrhenatherion elatioris* koreluje

- s obsahem dusíkatých látek (NL) v píce
- s obsahem hrubé vlákniny v píce
- s obsahem PDIE v píce
- se stravitelností organické hmoty (OMD)

Cílem práce bylo zjistit, jak luční porost typu *Arrhenatherion elatioris* reaguje na různou intenzitu hnojení dusíkem (s fosforem a draslíkem), přičemž byl kladen důraz na hodnocení kvality píce a zastoupení jednotlivých agrobotanických skupin v závislosti na úrovni hnojení.

3 Literární přehled

3.1 Trvalé travní porosty

Trvalé travní porosty představují významnou a cennou součást krajiny ve všech evropských zemích. V průběhu dlouhodobého přírodního, společenského a agrárního vývoje byly zakládány a vznikaly především v lokalitách s obtížně sklíditelnými a nesklíditelnými plochami zemědělské půdy v podhorských a horských oblastech (vysoká svažitost pozemků, nízká orniční vrstva, nebezpečí vodní a větrné eroze), v inundačních územích a na malých a okrajových plochách nevhodných k polní výrobě. Jsou významným krajinnotvorným prvkem utvářejícím kulturně-estetický vzhled krajiny s mnohdy cennými a pro jednotlivé oblasti a způsoby využívání charakteristickými společenstvy rostlin a živočichů (Frydrieh et al., 2010).

Trvalé travní porosty (TTP) lze definovat jako pestré společenstvo trav, jetelovin a ostatních dvouděložných rostlin, které plní funkci produkční, tj. produkce objemných krmiv, i mimoprodukční, tj. uchování ekologické stability v krajině, ochrana genofondu rostlinných a živočišných druhů apod. (Kašparová a Šrámek, 2007). Produkční funkce TTP v minulosti jednoznačně představovala krmivovou základnu chovu hospodářských zvířat, především skotu a ovcí, v současnosti roste význam energetického využití travní biomasy, při výrobě bioplynu či při spalování (Frydrieh et al., 2010). Trvalé travní porosty jsou důležitým přírodním a kulturním dědictvím, přičemž jsou důležité pro udržování krajiny, ochranu životního prostředí a zachování osídlení (Kvapilík a Kohoutek, 2009).

Trvalé travní porosty mohou být přirozené, polopřirozené a umělé. Přirozené trvalé travní porosty mají druhovou skladbu spontánní, vyvinutou v souladu s podmínkami stanoviště. Polopřirozené travní porosty vznikaly po zásahu člověka do původního společenstva, přičemž došlo ke změně jak druhového složení, tak i stanovištních podmínek. Umělé travní porosty vznikly rekultivací a zasetím žádoucí travní nebo jetelotravní směsi, přičemž bývají výnosnější než přirozené a polopřirozené travní porosty, ale mají sníženou autoregulační stabilitu (Rychnovská et al., 1985).

3.1.1 Stav v České republice

V České republice mají trvalé travní porosty významné zastoupení mimo jiné také v chráněných oblastech a v pásmech hygienické ochrany vod, kde jsou největší plochy ve středních a vyšších polohách na méně kvalitních a svažitéch pozemcích (Vaněk et al., 2007).

Plocha trvalých travních porostů v České republice neustále roste, přičemž se snižuje plocha orné půdy i klesá celková rozloha zemědělské půdy. Vývoj stavu zornění a ploch trvalých travních porostů je uveden v tabulce č. 1.

Stav ke dni	Druh pozemku			
	Zemědělská půda (tis. ha)	Orná půda (tis. ha)	Louky (tis. ha)	Pastviny (tis. ha)
			Trvalé travní porosty (tis. ha)	
1. 4. 1966	4514	3352	658	292
1. 4. 1971	4470	3320	641	289
1. 1. 1976	4444	3316	615	286
1. 1. 1981	4374	3293	578	273
1. 1. 1986	4327	3269	567	256
1. 1. 1991	4287	3219	577	256
1. 1. 1996	4280	3143	630	272
31. 12. 2000	4279	3082	961	
31. 12. 2005	4259	3047	976	
31. 12. 2010	4234	3008	986	
31. 12. 2015	4212	2972	1001	

Tabulka č. 1: Vývoj plochy zemědělské půdy, orné půdy a TTP v České republice v letech 1966 – 2015 (ČÚZK, 2016).

3.2 Kvalita luční píce

Píci se rozumí ta část nadzemní biomasy travních porostů, která je určena pro zkrmování a je sklizena odpovídajícím způsobem – seno, senáž. Kvalita krmiva je chápána jako souhrn charakteristik, které udávají schopnost krmiva uspokojit určité přesně vymezené požadavky zvířete a které určují vhodnost daného krmiva pro jeho příjem zvířetem. V kvalitě píce se odráží široký komplex interakcí mezi porostem (pícními rostlinami) a zvířetem (Míka, 1997a).

Kvalitu píce určují tři základní faktory:

- ochota zvířat píci přijímat
- stravitelnost píce
- dostupnost základních živin obsažených v krmivu (Van Saun, 2016)

Celosvětově je píce trvalých travních porostů klíčovou složkou stravy přežvýkavců, proto by se kvalitě píce měla věnovat vysoká pozornost. To i proto, že kvalita píce se posléze odráží i v kvalitě mléka a mléčných výrobků (Martin et al., 2005).

Podle Nováka (2008) je pro dosažení plánované užitkovosti zvířat nutné zajistit píci správné výživné hodnoty, která je ovlivňována:

- botanickým složením porostu (množstvím a frekvencí výskytu vysokohodnotných druhů v porostu, krmnou hodnotou jednotlivých druhů v porostu)
- morfologickou stavbou rostlin (např. tvrdost, křehkost, ochlupení, trny, pružnost stébel)
- růstovou fází v době sklizně (stupeň zralosti)
- nutričními parametry píce (např. dusíkaté látky, sacharidy, minerální látky a vitamíny, obsah antinutričních látek, stravitelností a chutností nadzemní fytohmoty)

3.2.1 Botanické složení travního porostu

Obecně je známo, že mezi travami a jetelovinami jsou rozdíly ve stravitelnosti organické hmoty, výživné hodnotě i v dobrovolném příjmu zvířaty. Jeteloviny běžně obsahují více dusíkatých látek, méně buněčných stěn, v průběhu stárnutí píce pomaleji hromadí lignin a pomaleji klesá i jejich stravitelnost než je tomu u trav (Míka, 1997a; Bruinenberg, 2003). Jeteloviny bývají zvířaty lépe přijímány než trávy, proto je za jeden z nejdůležitějších přínosů výskytu jetelovin v porostu považováno zvýšení kvality a chutnosti píce (Ball et al., 2001; Hofmann and Isselstein, 2005).

Travní porosty je nutné hodnotit jako celek. Kvalitu travního porostu nelze určit jen dle výskytu dominantního druhu, ale je důležité se zaměřit na celý soubor charakteristických

druhů (Andueza et al., 2015). Botanické složení travního porostu je nejvýznamnější faktor, který ovlivňuje nejen kvalitu píce, ale i její výnos či dobu, kdy je nejvhodnější píci sklízet. Botanické složení travního porostu by mělo být také součástí zhodnocení nutnosti hnojení či predikce výnosu a kvality biomasy v různých sečích (Michaud et al., 2011).

Vzhledem ke kvalitě travního porostu lze rostlinné druhy rozdělit dle krmné hodnoty. Metodu hodnocení vytvořili Klapp et al. v roce 1953, avšak byla později modifikována Novákem (2004). Krmná hodnota je výsledkem kombinace obsahu živin, stravitelnosti, chutnosti, struktury pletiv, průběhu stárnutí a vlivu prostředí. V travním porostu se mohou vyskytovat druhy:

- **vysokohodnotné** (kostřava luční, jílek vytrvalý, bojínek luční, ovsík vyvýšený, srha říznačka, lipnice luční, jetel plazivý, jetel luční a další)
- **hodnotné** (psineček výběžkatý, lipnice obecná, pohánka hřebenitá, tollice srpovitá, vikve, štírovník růžkatý, jitrocel kopinatý, svlačec rolní, mléč zelinný a další)
- **méněhodnotné** (kostřava ovčí, sveřep měkký, lipnice smáčknutá, komonice bílá, komonice lékařská, bršlice kozí noha, sléz přehlížený, jitrocel větší a další)
- **bezenné až škodlivé** (smilka tuhá, ostřice, kručinka barvířská, jehlice rolní, lopuch plstnatý, máta rolní, violka rolní, kokoška pastuší tobolka a další)
- **slabě až silně jedovaté – toxické** (kosatce, kýchavice bílá, jehlice trnitá, lnice květel, pumpava obecná, třezalka skvrnitá, starček přímětník, přeslička rolní, přeslička bahenní, hasivka orličí a další) (Novák, 2004; Novák, 2008)

Při analýze travinných společenstev se používá mnoho metod, které popisují např. Klimeš et al. (2007), Moravec (1994), Klika (1955). Moravec (1994) uvádí, že nejčastěji se při hodnocení kvality píce používá váhová metoda stanovení botanického složení biomasy. Při váhovém stanovení složení biomasy se na odběrových plochách odřežou nadzemní části rostlin. Odebrané vzorky biomasy jsou roztříděny podle příslušnosti k jednotlivým agrobotanickým skupinám: **jednoděložné, bobovité a ostatní dvouděložné rostliny**. Jednotlivé skupiny jsou posléze usušeny, zváženy, následně je hmotnostní podíl přepočítán na procentuální.

3.2.1.1 Luční porostový typ *Arrhenatherion elatioris*

Porostový typ je základní kategorií ve fyziognomicko-floristickém třídění travních porostů, který vychází z výskytu a uplatnění dominantních a subdominantních druhů. V České republice lze rozlišit několik typů travních porostů, podmíněných topografickou polohou,

vertikální členitostí, různorodým geologickým podkladem, rozličnými klimatickými poměry i různým stupněm obhospodařování travního porostu (Rychnovská et al., 1985). Luční porostové typy nelze chápat jako stabilní jednotky, i když v extrémních podmínkách existují některá společenstva, která se vyznačují dlouhodobou dynamickou rovnováhou. Konkurenční schopnost jednotlivých druhů je rozdílně ovlivněna dobou a výškou seče, hnojením apod. (Regal a Veselá, 1981).

Vegetaci je možno klasifikovat mnoha různými způsoby (Regal a Veselá, 1981; Chytrý, 2010 a další). Regal a Veselá (1981) dělí luční porostové typy z pícninářského hlediska na hodnotné, u kterých jsou dominantními druhy trávy kulturní, kam lze zařadit např. porostové typy *Alopecuretum*, *Arrhenatheretum*, *Festucetum pratense* a další, a nehodnotné, které se většinou vyskytují na extrémních stanovištích, např. *Festucetum ovinae*, *Nardetum*, *Molinietum* a další.

Luční porostový typ *Arrhenatherion elatioris* se vyskytuje na živinami bohatých stanovištích, kde je velmi produktivní. U nehnojených porostů je výnos 3 – 4 t sena na hektar, přičemž u hnojené louky může být výnos až dvojnásobný (Rychnovská et al., 1985).

Typ *Arrhenatherion elatioris* zahrnuje mezofilní luční porosty, které se vyznačují vysokou druhovou rozmanitostí a jsou udržovány lidskou činností, především pravidelnou sečí a hnojením (Allegrezza and Biondi, 2011; Velev et al., 2011). Dominují zde výběžkaté trávy, které vytvářejí 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 kostřava (*Festuca* sp.) psineček obecný (*Agrostis capillaris*) a lipnice luční (*Poa pratensis*). Travní dominanty doprovázejí širokolisté byliny, které tvoří výrazně pestrobarevný květnatý aspekt před první sečí a méně pestrý aspekt před sečí druhou (Hájková et al., 2010).

Ovsíkové louky se vyskytují na vyšších stupních aluviálních teras a na svazích, nejčastěji v blízkosti sídel. Ovsík převládá zejména na živinami dobře zásobených půdách typu kambizem, hnědozem nebo fluvizem. Porosty s dominantní kostřavou červenou (*Festuca rubra*) jsou vázány za živinami chudší stanoviště vyskytující se často ve vyšších nadmořských výškách, na svažitých, mělkých a často kamenitých půdách (Kučera a Šumberová, 2010).

Zachování biotopu *Arrhenatherion elatioris* je ohroženo přehnojováním, ruderalizací a opuštěním pozemků s následným zarůstáním nejprve přítomnými dominantními druhy, později třtinou křovištní a následně křovinami (Hájková et al., 2010). Čámská a Skálová (2012) uvádějí, že dlouhodobým hnojením porostového typu *Arrhenatherion elatioris* nízkou dávkou dusíku ($50 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$) není snižována druhová pestrost porostu, ale mění se jeho

struktura. Zpočátku dochází k růstu nitrofilních druhů a vysokých trav (psárka luční, kostřava luční, bolševník obecný, pryskyřník prudký) a snižuje se pokryvnost nízkých trav. Druhovou bohatost naopak snižuje dřívější provedení první seče, které má negativní vliv na výskyt jarních kvetoucích druhů.

Z pohledu zemědělců je pro dosažení kompromisu mezi dobrým výnosem travního porostu typu *Arrhenatherion*, požadavky ochrany přírody a kvalitou píče dobré hnojit porosty až 120 kg N.ha⁻¹. Vyšší dávky dusíku vykazují více negativních vlivů, především významné změny v botanickém složení porostu (Duffková and Libichová, 2013; Duffková et al., 2015).

3.2.2 Morfologická stavba rostlin

Morfologická stavba rostliny ovlivňuje jak její fyziologické funkce, tak i výživnou hodnotu a dobrovolný příjem jednotlivých částí zvířaty. Stravitelnost jednotlivých částí rostliny má těsný vztah k úloze příslušné části během růstu a reprodukce.

Listy jako celek mají téměř vždy nejvyšší kvalitu píče ze všech částí rostliny, avšak listové pochvy trav se kvalitou blíží spíše stéblům (Míka, 1997a). Listové čepele mají nejvyšší obsah stravitelných živin a nejnižší obsah vlákniny, což souvisí s kvalitou porostu, s poměrem stravitelných a nestravitelných pletiv, obsahem trichomů, jejich tvrdostí apod. Kvalita řapíků u listů jetelovin je mezi kvalitou čepele a lodyhy, palisty mají téměř stejnou kvalitu jako čepele (Míka and Paul, 1985). Rozdíly ve stravitelnosti dvouděložných rostlin a trav popisuje i Duru (1997), který uvádí, že listové čepele jetelovin jsou lépe stravitelné než listy trav, protože listové čepele jetelovin mají funkce zejména metabolické, ale listové čepele trav plní i funkci podpůrnou. Kvalita listů trav je dána i úrovní, ve které jsou na rostlině uloženy, což souvisí s jejich stářím, se změnami v jejich anatomickém složení, velikostí i rychlostí vývoje. Při optimálních podmínkách jsou listy postavené výše na stéble méně stravitelné než listy níže, však rozdíly ve stravitelnosti mohou být menší, pokud je růst rostlin pomalý (Duru and Ducrocq, 2000).

Stébla vlivem stárnutí rychle tvrdnou (lignifikují) a jejich stravitelnost se rychle snižuje. V období metání obsahují nejvíce živin. V dalších růstových fázích přibývá lignin, pletiva dřevnatí a cévní svazky se inkrustují, čím se snižuje stravitelnost (Novák, 2008). Stonky i stébla obsahují méně dusíkatých látek v porovnání s listy (Boval et al., 2002).

Květenství, které se právě vynořilo z nejvyšší pochvy, je stravitelné srovnatelně s čepelí. Se stárnutím květenství klesá jeho stravitelnost a přibližuje se stravitelnosti organické hmoty stébla (Pozdíšek et al., 2008b).

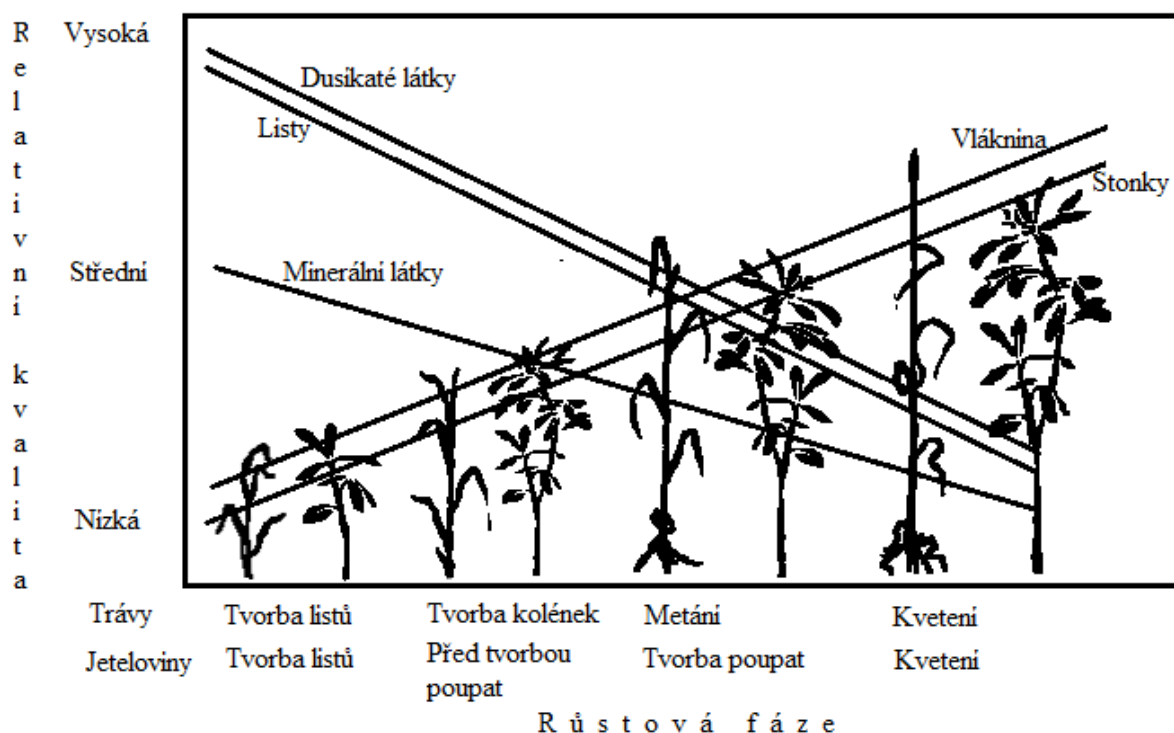
Míka et al. (1997) uvádějí, že morfologickou stavbu rostlin lze za příznivých vlhkostních podmínek ovlivnit dusíkatým hnojením, na které rostliny reagují zvětšením velikosti listů, dochází ke stimulaci růstu odnoží, ale také je ovlivňován nárůst píce či při optimálním využívání porostu je zpomalováno stárnutí píce. Boval et al. (2002) však uvádějí, že se listy po dusíkatém hnojení zvětšují, ale dochází i k rychlejšímu nárůstu stonků a stébel trav i jetelovin, které nedosahují takové kvality jako listy.

3.2.3 Fenofáze

Píce není konečným produktem rostliny, proto její kvalita závisí na růstové fázi, v níž se rostlina nachází v době sklizně. Stárnutí píce je faktorem významně ovlivňujícím morfologii rostliny (Míka, 1997a). Píce trvalých travních porostů se pro konzervaci nebo pro přímé krmení sklízí během vegetačního růstu, to je největší rozdíl od sklizně např. obilnin, které jsou sklizeny na konci generativního vývoje. Obecně platí, že pro krmení a pro konzervaci je nutné sklízet píci mladou, s nízkým obsahem vlákniny a ligninu, tzn. lehce stravitelnou a s optimálním obsahem proteinu. Vegetačně starší rostliny (mimo kukuřici) mají v květu a po odkvětu zpravidla vyšší obsah sušiny, vysokou koncentraci vlákniny, nízkou stravitelnost a nízký obsah lehce rozpustných sacharidů (Přikryl, 2012). Kvalita píce travního porostu v závislosti na fenologické fázi rostlin je znázorněna na obrázku č. 1 převzatém od Balla et al. (2001).

Zralost pících rostlin ovlivňuje kvalitu píce více než kterýkoli jiný samotný faktor, ale rostliny jsou sami ovlivňovány prostředím, agronomickými zásahy, geografickou polohou i počasím, proto i v případě, že je píce sklizena ve stejnou dobu zralosti, nemá každý rok stejnou kvalitu (Buxton, 1996). U kvality píce se projevují i sezónní změny. Nutriční parametry píce se mění v závislosti na druhu rostliny, jsou rozdílné u jednotlivých rostlinných orgánů i v případě, zda se jedná o první, druhou či třetí seč (Fulkerson et al., 2007).

Nejlepší kvalita krmiva je z píce sklizené v optimální fázi zralosti, tj. u trav v době začátku metání, u vojtěšky a jetele těsně před začátkem květu (Loučka, 1998). U trvalých travních porostů je termín sklizně nutné přizpůsobit dle doby kvetení dominantního travního druhu. U travních porostů se u trav postupně snižuje podíl listových čepelí a pochev, přibývá stébel. U mladého sloupkujícího porostu je stravitelnost listových čepelí, listových pochev a stébel vyrovnaná, se stárnutím porostu se snižuje stravitelnost stébel (Skládanka, 2012). Mládek and Juráková (2011) uvádějí, že rychlost stárnutí píce závisí mimo jiné na způsobu využívání. Při sečném využití porostu dochází ke stárnutí píce rychleji, než když je porost využíván pastevně.



Obrázek č. 1: Závislost množství listů, stonků/stébel, dusíkatých látek, vlákniny a minerálních látek na růstové fázi porostu.

Stanovení správné doby sklizně je důležité nejen kvůli dobré kvalitě píce, ale také proto, aby byla udržena druhová bohatost porostu. Raus et al. (2014) uvádějí, že druhová bohatost porostu je nejvyšší u porostů, které nebyly hnojeny a byly využívány třisečně, kdy první seč byla 30. 5. a následující vždy po 60 dnech. Naopak nejnižší druhová bohatost byla u porostů využívaných jen dvousečně, kdy byla první seč provedena až 30. 6. a následující byla po 90 dnech.

3.2.4 Nutriční parametry píce

Vzhledem k neustále se snižující ceně mléka a poměrně nízké výkupní ceně hovězího masa se kvalita objemných krmiv musí držet na vysoké úrovni, aby za nízkých vstupů pokryla co největší část z potřeb zvířat. Podniky se snaží zajistit velkou část krmiv ze svých zdrojů, přičemž objemná krmiva jsou základem krmné dávky, proto jejich kvalita musí být na vysoké úrovni (Mikyska, 2009). Kvalita krmiv se odráží v celkovém stavu zvířat, v jejich produktivitě, zdravotním stavu i v reprodukčních schopnostech (Buxton, 1996).

Výživná hodnota píce se stanovuje pomocí laboratorních testů. Mezi typické analýzy při určování nutričních parametrů píce lze zařadit stanovení obsahu sušiny, dusíkatých látek, vlákniny, energetické hodnoty píce či obsahu minerálních látek (Ball et al., 2001).

3.2.4.1 Obsah sušiny

Obsah sušiny je podíl suché hmoty biomasy po odpaření vody. Obsah sušiny je základní charakteristika, která umožňuje objektivně určovat další znaky kvality píce. Pokud by další analýzy nebyly určovány z obsahu sušiny, projevil by se negativně vliv zředovacího efektu a nebylo by možné jednotlivá krmiva mezi sebou porovnávat (Ball et al., 2001).

Obsah sušiny ve vzorku píce se podle normy ČSN 46 7092-3 (metody zkoušení krmiv, část 3: stanovení obsahu vlhkosti) zjišťuje pomocí laboratorních sušáren, kdy je vzorek sušen při teplotě 103 (±2) °C do konstantní hmotnosti (ÚKZÚZ, 2015).

V případě, že jsou u vzorku hodnoceny i další kvalitativní parametry, nejen obsah sušiny, je nutné obsah sušiny určovat pomocí horkovzdušného sušení na nižší teplotu. Obsah sušiny se proto z čerstvé hmoty nejčastěji určuje horkovzdušným sušením při teplotě 60 °C po dobu 48 hodin. Při vyšších teplotách než 80 °C dochází k termochemické degradaci materiálu, při nižších teplotách než 50 °C dochází ke ztrátám sušiny dýcháním a enzymatickou aktivitou (Adesogan et al., 2000).

3.2.4.2 Obsah dusíkatých látek

Dusíkaté látky hrají ve výživě zvířat velmi důležitou roli. Je to velmi rozmanitá skupina látek, která poskytuje zvířatům nezastupitelný zdroj živin pro naplňování jejich fyziologických požadavků. Jedná se především o bílkoviny složené z aminokyselin, močovinu či amonné soli (Pozdíšek, 1997).

V České republice je používán PDI systém hodnocení dusíkatých látek v píci. Zkratka PDI v překladu znamená protein skutečně stravitelný v tenkém střevě. Tento systém zohledňuje mikrobiální fermentaci v bachoru, degradaci dusíkatých látek krmiva i rozdílné využití dusíkatých látek vstupujících do tenkého střeva (Homolka, 1998; Zeman, 2006).

Pro výpočet PDI je nutné znát obsah dusíkatých látek v krmivu, degradovatelnost dusíkatých látek, obsah stravitelné organické hmoty a střevní stravitelnost proteinu nedegradovaného v bachoru.

Definování nutriční hodnoty v jednotkách PDI:

Obsah PDI v píci se skládá z:

- | | | |
|------|---|---|
| PDIA | – | nedegradovaný protein krmiva v bachoru skutečně stravitelný v tenkém střevě |
| PDIM | – | mikrobiální protein skutečně stravitelný v tenkém střevě |

Každé krmivo poskytuje bacherovým mikroorganismům pro zajištění proteosyntézy nejen degradovatelný protein, ale i energii, proto je nutné ukazatel PDIM dělit na dvě složky:

- PDIMN – množství mikrobiálního proteinu syntetizovatelného z degradovaného proteinu krmiva, pokud není množství dostupné energie a dalších živin limitující
- PDIME – množství mikrobiálního proteinu, které může být v bacheru syntetizováno z dostupné energie, není-li obsah degradovaného proteinu krmiva a dalších živin limitující

Každé krmivo má proto dvě hodnoty PDI:

$$PDIN = PDIA + PDIMN$$

$$PDIE = PDIA + PDIME$$

Nižší z hodnot PDIN nebo PDIE vyjadřuje skutečnou nutriční hodnotu krmiva. Vyšší hodnota vyjadřuje potenciální výživnou hodnotu krmiva, které lze dosáhnout kombinací s vhodným komplementárním krmivem. Při vyšší hodnotě PDIN by mělo být sníženo množství snadno degradovatelných krmiv krmné dávky, pokud je vyšší PDIE je naopak nutné zavést do krmné dávky větší množství snadno degradovatelného krmiva (Homolka et al., 1996; Homolka, 1998; Zeman, 2006).

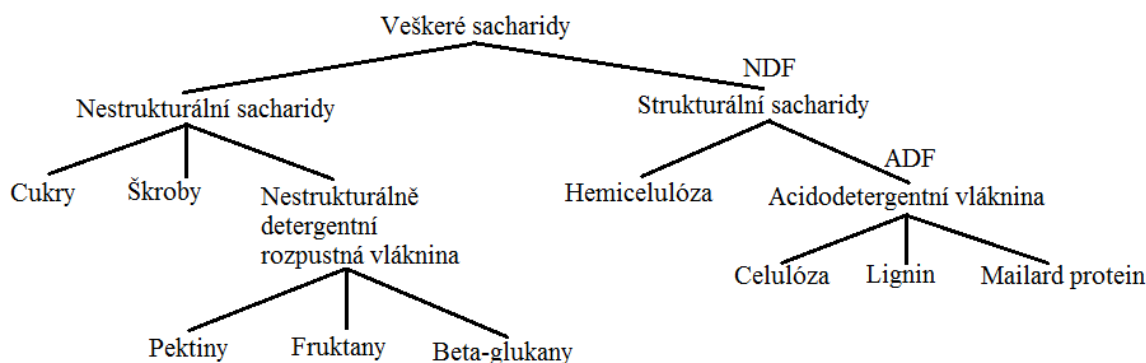
Obsah dusíkatých látek v píci závisí na botanickém složení porostu, ale i na hnojení dusíkem či na podílu jednotlivých rostlinných orgánů v píci. Ball et al. (2001) uvádějí, že běžně u vojtěšky může být obsah dusíkatých látek 16 %, ale u bojínku lučního jen 9,5 %, avšak obsah dusíkatých látek by u bojínku šlo zvýšit efektivním dusíkatým hnojením. Podle Hrevušové et al. (2014) obsahovala píce třetí seče více dusíkatých látek než ze sečí předchozích, protože rostliny měly větší podíl listů než řapíků a stonků či stébel. Ve třetí seči se také projevuje vliv bobovitých rostlin, které se zde lépe uplatňují díky menšímu zastínění vysokými travami a obsahují vyšší podíl dusíkatých látek než trávy. Vyšší obsah dusíkatých látek ve třetí seči souvisí také s tzv. zřed'ovacím efektem (Duru and Ducrocq, 1997; Güsewell and Koerselman, 2002).

3.2.4.3 Obsah sacharidů

Z krmivářského hlediska se sacharidy dělí na vlákninu a tzv. bezdusíkaté látky výtažkové (Zeman et al., 2006). Sacharidový komplex je jedním z nejvýznamnějších složek pícnin. Sacharidy tvoří 50 – 80 % sušiny krmiv a jsou hlavním zdrojem energie pro přežvýkavce (Pozdíšek et al., 2008b). Sacharidy obsažené v rostlinných krmivech jsou uloženy jednak

v buněčných stěnách (tzv. hrubá vláknina) a jednak v buněčné protoplasmě (bezdušikaté látky výtahkové – škrob, rozpustné sacharidy) (Urban, 1997; Van Saun a Koukal, 2003). Sacharidové frakce dle Pozdíška et al. (2008a) jsou znázorněny v obrázku č. 2.

Nestrukturální sacharidy v píce jsou významným zdrojem energie pro zvířata. Jsou velmi rychle a kompletně stravitelné. Obsah vodorozpustných sacharidů v píce pozitivně ovlivňuje i její chutnost (Van Soest et al., 1991).



Obrázek č. 2: Rozdělení sacharidů

Nestrukturální sacharidy jsou substrátem pro tzv. Mailardovu reakci, která je nežádoucí a probíhá při zahřátí sena (když je nedostatečně usušené), kdy dochází k neenzymatické reakci mezi sacharidy, aminy a aminokyselinami za přítomnosti vody. Při reakci dochází k hnědnutí sena, vzniká Mailard protein, který je nestravitelný a svými vlastnostmi se podobá ligninu a také klesá obsah energie v píce (Van Soest and Mason, 1991).

Hrubá vláknina je komplex živin v krmivu relativně rezistentních vůči trávení, které jsou pomalu a jen částečně stravitelné pro přežvýkavce. Skládá se v podstatě z celulózy, hemicelulózy a ligninu (Míka, 1997b). Obsah vlákniny v rostlinách je významným jednotčím ukazatelem kvality krmiva. Stárnutím rostlin se významně mění zastoupení vlákniny a mění se i poměr mezi celulózou a ostatními složkami vlákniny. Zvyšování obsahu vlákniny v rostlinách, především dřevnatění vlákniny, způsobené vyšším podílem ligninu v komplexu vlákniny, podstatně zhoršuje stravitelnost využitelných složek vlákniny a snižuje i stravitelnost celé organické hmoty krmiva. Celkový obsah energie v komplexu vlákniny je vysoký, ale využitelnost této energie je malá až nulová (Mudřík, 1998).

Acidodetergentní vláknina (ADF) vyjadřuje obsah celulózy, ligninu a lignifikovaných dusíkatých složek rostlin. Často se stanovuje, avšak neprezentuje celkový obsah buněčných stěn v krmivech, protože se neanalyzuje frakce hemicelulózy.

Neutrálnědetergentní vláknina (NDF) vyjadřuje obsah acidodetergentní vlákniny a hemicelulózy a je nejpřesnějším ukazatelem celkového obsahu vlákniny, tj. stavebních složek buněčných stěn rostlin. Celkové množství NDF by mělo být 30 – 45 % sušiny. Při menším množství NDF se snižuje aktivita přežvykávání, tvorba slin či se zvyšuje riziko vzniku metabolických poruch, naopak nadměrné zvýšení obsahu NDF vede k poklesu příjmu krmiv a živin v krmných dávkách (Pozdíšek et al., 2008b).

3.2.4.4 Obsah minerálních látek

Obsah minerálních látek v píce je dán interakcí mnoha faktorů, jako např. druhovým složením porostu, fenofází v době sklizně, obsahem přístupných prvků v prostředí, průběhem počasí apod. U jednotlivých druhů se liší obsah minerálních látek i mezi odrůdami a genotypy každé odrůdy (McDowell and Valle, 2000; Bumane, 2010). Jeteloviny mají často vyšší obsah vápníku, hořčíku, draslíku, mědi, zinku a kobaltu než trávy, naopak u trav bývá ve stejných podmínkách vyšší obsah manganu a křemíku (Sun et al., 2008). Obsah minerálních látek v píce zvyšuje zastoupení ostatních dvouděložných rostlin. Pirhofer-Walzl et al. (2011) uvádějí, že byliny v travních porostech měly pozitivní vliv na obsah minerálních látek, především obsahovaly vyšší koncentraci fosforu, hořčíku, draslíku, síry, zinku a bóru oproti travám a jetelovinám.

Obsah minerálních látek v píce lze ovlivnit efektivním hnojením. Rozhodující živinou pro tvorbu výnosu je dusík, který je důležitý pro tvorbu sušiny, ale působí i na příjem ostatních živin, pokud je zásoba přijatelných živin v půdě dostatečná (Čunderlík and Martincová, 2013). Hnojení dusíkem vede ke zvýšení množství listů oproti stéblům, čímž se zvyšuje i obsah minerálních látek v píce (McDowell and Valle, 2000), protože v různých částech rostliny je odlišný obsah minerálních látek. V listech a semenech je nejvyšší obsah minerálních látek, proto při výrobě sena dochází k větším ztrátám minerálních látek píce než při výrobě senáží, což je způsobeno odrolením části listů (Tvrzník and Zeman, 2005). Se stárnutím rostlin klesá obsah prvků v píce, zejména fosforu a draslíku, méně vápníku (Gomide et al., 1969), proto by se měla píce využívat mladá, v optimální zralosti (Schellberg et al., 1999).

Hnojení draslíkem vede ke zvýšení obsahu draslíku v píce (Webster and Ebdon, 2005), současně dochází ke snížení obsahu hořčíku v píce (Mayland and Grunes, 1974). Hnojení fosforem téměř neovlivňuje jeho obsah v píce, ale má pozitivní vliv na výskyt jetelovin v porostu, čímž je sekundárně ovlivněn obsah živin (Aydin and Uzun, 2005).

Dostupnost vody patří mezi důležité faktory, kterými je ovlivňován příjem živin kořeny rostlin (Walter et al., 2012). Greene et al. (1987) uvádějí, že obsah minerálních látek v pícei negativně ovlivňuje i přísušek během vegetačního roku, kdy je nejvíce ovlivněn obsah draslíku, méně vápníku a hořčíku. Snížený obsah fosforu za přísušku v pícei jimi nebyl prokázán.

3.2.4.5 Obsah antinutričních látek

Antinutriční látky v pícei jsou takové látky, jejichž výskyt v krmivu má negativní vliv na jeho kvalitu. Jedná se o látky snižující využití živin z krmiv, vyvolávající dietetické poruchy, narušující zdravotní stav zvířat apod. (Launchbaugh et al., 2001). Antinutriční komponenty mohou být látky kontaminující krmiva, mohou v krmivech vznikat jako produkty biologických, fyzikálních či chemických procesů nebo se může jednat o látky, které jsou přirozeně přítomné v krmivech. Tyto komponenty mohou jednoduše redukovat příjem sušiny zvířaty, snižovat stravitelnost organické hmoty či mohou vyvolávat nutriční nerovnováhu krmiv (Allen and Segarra, 2001).

Antinutriční látky kontaminující krmiva nejsou přirozenou součástí krmiv. Do krmiv se dostávají lidskou činností, prostřednictvím zvířat, větrem či vodou. Jedná se například o prach, půdu, chemické kontaminanty anorganické i organické, mikrobiální kontaminanty apod.

Antinutriční látky vznikající v krmivech jako produkty fyzikálních, chemických a biologických procesů vznikají v průběhu konzervace a skladování krmiv. Vznikají např. při chemických a mikrobiálních procesech při nesprávném procesu konzervace. Jedná se o látky, jako jsou produkty tzv. Mailardovy reakce (viz. kap. Obsah sacharidů), produkty mikrobiálního rozkladu dusíkatých látek či mykotoxiny.

Jako antinutriční látky přirozeně přítomné v krmivech jsou označovány látky anorganické i organické, které jsou běžně obsaženy v rostlinách. Může se jednat o křemík, dusičnany, draslík, organické kyseliny a jejich soli, rostlinné glykosidy, rostlinné estrogény a další (Suchý and Straková, 2006).

3.2.4.6 Stravitelnost organické hmoty a chutnost píce

Stravitelnost organické hmoty je míra, do jaké je organická hmota odbourána a následně vstřebána ve formě živin v trávicím traktu hospodářských zvířat (Romero et al., 2015). Živiny přijaté v krmivu (dusíkaté látky, vláknina, bezdusíkaté látky výtažkové aj.), které nebyly vyloučeny výkaly, lze označit za stravitelné (Zelenka, 2006).

Roukos et al. (2011) uvádějí, že in vitro stravitelnost organické hmoty je vyšší u vzorků s vyšším obsahem dusíkatých látek a nižší u píce s vyšším obsahem vlákniny. V tabulce č. 2 je uveden vztah mezi množstvím vlákniny dle vývojového stádia travního porostu a stravitelností organické hmoty. Je zřejmé, že se stářím porostu se zvyšuje množství vlákniny a snižuje se stravitelnost organické hmoty (Doležal, 2006).

Termín sklizně	Vývojové stádium	Obsah vlákniny v sušině (%)	Stravitelnost organické hmoty (%)
Velmi časný	před metáním	< 22	> 78
Středně časný	v metání	22 – 25	73 – 78
Středně pozdní	počátek kvetení	26 – 28	66 – 72
Pozdní	konec kvetení	29 – 32	60 – 65
Velmi pozdní	přestárlý porost	> 32	< 60

Tabulka č. 2: Obsah vlákniny v sušině a stravitelnost organické hmoty travního porostu v závislosti na termínu sklizně

Chutnost píce lze definovat jako ochotu zvířat přijímat píci na základě oblíbenosti druhů, čichových a vizuálních vjemů. Chutnost píce ovlivňuje upřednostňování krmiv, pokud mají zvířata možnost výběru, či rychlost příjmu, pokud mají jen jeden druh krmiva (Sultan et al., 2008). Chutnost píce je ovlivněna mnoha faktory: druhovým složením, zralostí v době sklizně, obsahem vlákniny, obsahem sušiny, kvalitou a stravitelností, obsahem vodorozpustných sacharidů, poměrem mezi množstvím listů a stonků apod. (Richards and Hawk, 1945). Brown and Kalmbacher (1998) uvádějí, že příjem píce zvířaty závisí i na stravitelnosti organické hmoty píce, která je dána rostlinným druhem i stářím píce v době sklizně. Uvádějí, že zvířata lépe přijímají větší množství mladé píce.

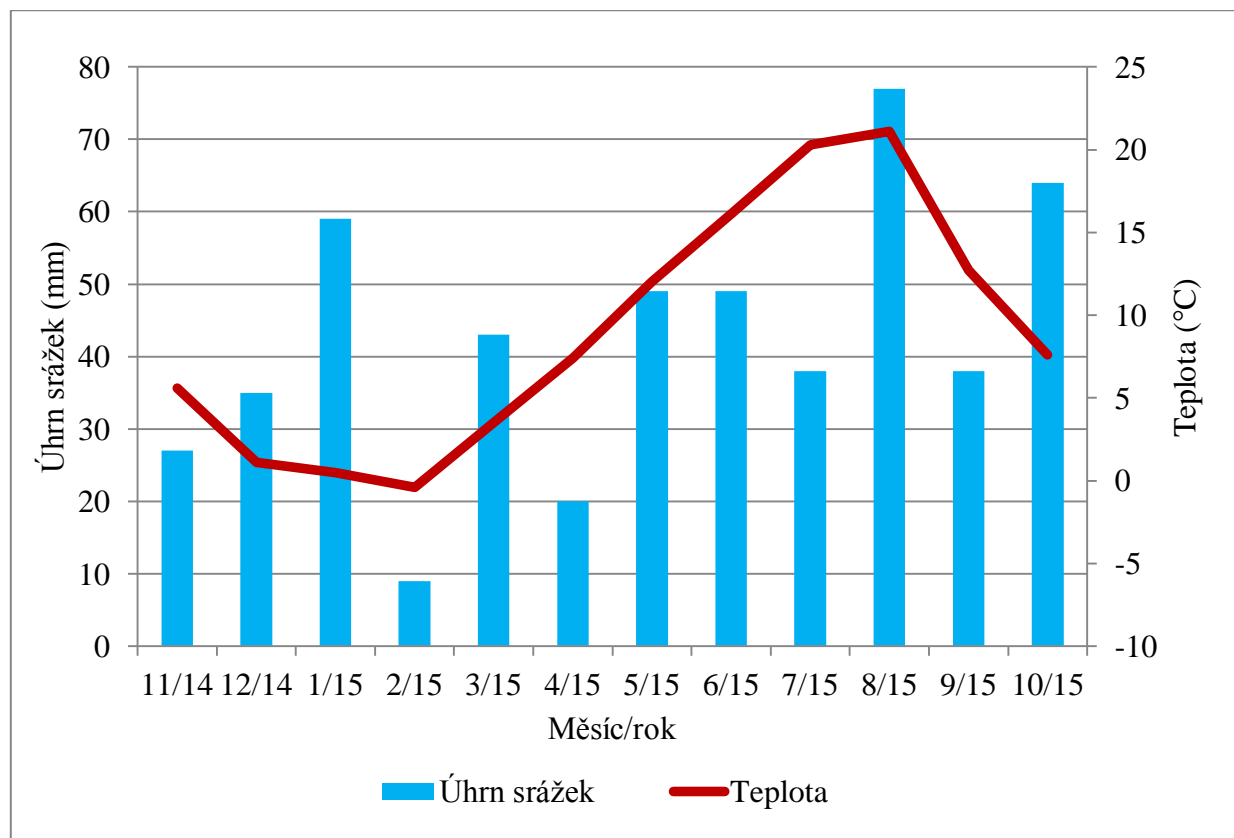
4 Materiál a metody

4.1 Charakteristika stanoviště

Pokusné stanoviště se nachází u obce Senožaty (49°34' N, 15°12' E) v okrese Pelhřimov. Pokus leží v nadmořské výšce 476 m nad mořem v mírně teplém, vlhkém klimatickém regionu. Dlouhodobá průměrná teplota v kraji Vysočina, kde leží pokusné stanoviště, je 7,2 °C a dlouhodobý průměrný roční úhrn srážek je zde 644 mm.

Lokalita se vyznačuje půdou hlinitopísčitou, s půdním typem pseudoglej. Jedná se o stanoviště mezofytního charakteru. Pokusný luční porost je typu *Arrhenatherion elatioris*, tj. výnosná ovsíková louka. Průměrná hloubka hladiny podzemní vody na pokusném stanovišti je během vegetace 0,65 m s kolísáním od 0,3 do 1 m.

Úhrn srážek a průběh teplot v hodnoceném vegetačním roce 2014/2015 v kraji Vysočina je znázorněn v grafu č. 1. Teplota v daném roce byla na Vysočině mírně nadprůměrná (o 1,9 °C oproti dlouhodobému průměru) a úhrn srážek byl podprůměrný (cca 85 % dlouhodobého průměru). Data jsou použita z portálu ČHMÚ (2017).



Graf č. 1: Úhrn srážek a průběh teplot ve vegetačním roce 2014/2015.

4.2 Založení pokusu

Dlouhodobý pokus byl založen v roce 1976 metodou znáhodněných bloků. Pokus zahrnuje šest variant hnojení, každá má čtyři opakování. Do roku 1991 zde byly aplikovány dvojnásobné dávky dusíku než v současnosti. Od roku 1992 je sledován dlouhodobý vliv aplikace hnojiv na travní porost s těmito variantami hnojení: nehnojená kontrola, PK, N50PK, N100PK, N150PK a N200PK. Jednotlivé parcely mají rozměr 4 x 3 m. Schéma pokusu znázorňuje obrázek č. 3.

Kontrola	N150PK	N200PK	PK	N50PK	N100PK
N200PK	PK	N50PK	N100PK	Kontrola	N150PK
N100PK	Kontrola	N150PK	N200PK	PK	N50PK
PK	N50PK	N100PK	Kontrola	N150PK	N200PK

Obrázek č. 3: Schéma umístění jednotlivých variant hnojení pokusu v Senožatech.

4.3 Hnojení porostu

Hnojení dusíkem je prováděno vždy na počátku jarní vegetace ledkem amonným s vápencem ($\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaCO}_3$) s obsahem dusíku 27,5 % a obsahem vápníku 8 %. Fosfor je aplikován vždy na podzim ve formě superfosfátu ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + \text{CaSO}_4$). Draslíkem je hnojeno vždy na podzim ve formě draselné soli ($\text{KCl} + \text{NaCl}$). Dávky aplikovaných živin na jednotlivé varianty hnojení jsou uvedeny v tabulce č. 3. Hnojiva jsou na porost aplikována ručně.

Varianta hnojení	Dávky živin (v $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)		
	N	P	K
Kontrola	0	0	0
PK	0	40	100
N50PK	50	40	100
N100PK	100	40	100
N150PK	150	40	100
N200PK	200	40	100

Tabulka č. 3: Přehled každoročně aplikovaných dávek živin na jednotlivé varianty pokusu.

4.4 Hodnocení botanického složení

Při hodnocení botanického složení byla použita váhová metoda. Z každé parcely byl před první sečí 11. 6. 2015, před druhou sečí 3. 8. 2015 a před třetí sečí 6. 10. 2015 odebrán průměrný vzorek z každého opakování. Váhovým rozbořením posečené píce byl v laboratoři stanoven podíl jednotlivých základních agrobotanických skupin: trav, jetelovin a ostatních dvouděložných druhů. Následně byly vzorky sušeny při 60 °C do konstantní hmotnosti a byly zváženy. Hmotnostní podíl jednotlivých agrobotanických skupin vzorku byl přepočítán na procenta.

4.5 Hodnocení kvality píce

Hodnocení kvality píce bylo provedeno s využitím služeb Výzkumného ústavu rostlinné výroby – Výzkumné stanice v Jevíčku metodou NIR, tj. spektroskopie v blízké infračervené oblasti. Výzkumná stanice Jevíčko využívá přístroj NIRSystems 6500, který byl nakalibrován na hodnocení kvality píce travních porostů. Vzorky byly měřeny v oblasti blízkého infračerveného spektra 1100 – 2500 nm.

Metoda měření NIR je založena na absorpci části infračerveného záření jednotlivými molekulami analyzovaného vzorku. Infračervená spektra zaznamenávají změny ve vibračních a rotačně vibračních pohybech molekul. Přístrojem naměřené hodnoty jsou posléze počítačově vyhodnoceny pomocí kalibračních křivek jednotlivých analyzovaných parametrů. Při měření lze hodnotit několik parametrů najednou. Je důležité, aby analyzovaný materiál obsahoval vazby C–H, N–H, S–H či O–H a aby koncentrace měřené látky nebyla nižší než 1 g.kg⁻¹.

Při stanovení výživné hodnoty krmiv se používá tzv. kvantitativní NIR analýza. Vzhledem k tomu, že výživná hodnota krmiv je velmi složitě stanovitelná, je výsledek jednotlivých parametrů kvality potenciální, proto se v případě měření NIR jedná o predikci (odhad) výživné hodnoty (Míka et al., 2008).

Pro hodnocení vlivu hnojení na kvalitu píce travního porostu byly analyzovány tyto parametry: Obsah dusíkatých látek (NL), obsah vlákniny, obsah skutečně stravitelných bílkovin v tenkém střevě (PDIE) a stravitelnost organické hmoty (OMD).

4.6 Výnos nadzemní biomasy

Výnos nadzemní biomasy travního porostu byl zjišťován u všech tří sečí, tzn. 11. 6. 2015, 3. 8. 2015 a 6. 10. 2015. Nejprve byl zjištěn výnos čerstvé biomasy z každé parcely. Nadzemní hmota středního pásu parcely (5,6 m²) byla posečena prstovou žací lištou MF-70 se záběrem 140 cm na výšku strniště 5 cm, čerstvá biomasa byla ihned po posečení zvážena. Z píce každé parcely byl posléze odebrán průměrný vzorek, který byl zvážen a v laboratoři u něj byl určen obsah sušiny pomocí horkovzdušného sušení při teplotě 105 °C do konstantní hmotnosti. Následně byl výsledek přepočten na výnos suché hmoty v t.ha⁻¹.

4.7 Statistické hodnocení

Statistické hodnocení bylo provedeno pomocí programu STATISTICA 12.

Hodnocení agrobotanických skupin v závislosti na variantě hnojení bylo provedeno pomocí jednofaktorové analýzy rozptylu – ANOVA test a následně Tukeyho HSD testem.

Kvalitativní parametry píce v závislosti na variantě hnojení a pořadí seče byly hodnoceny pomocí dvoufaktorové analýzy rozptylu – ANOVA s interakcemi, následně byl použit Tukeyho HSD test.

Pro hodnocení závislosti kvalitativních parametrů píce a podílu agrobotanických skupin v porostu byla použita korelační matice, u průkazných korelací byly využity bodové grafy vícenásobné lineární regrese.

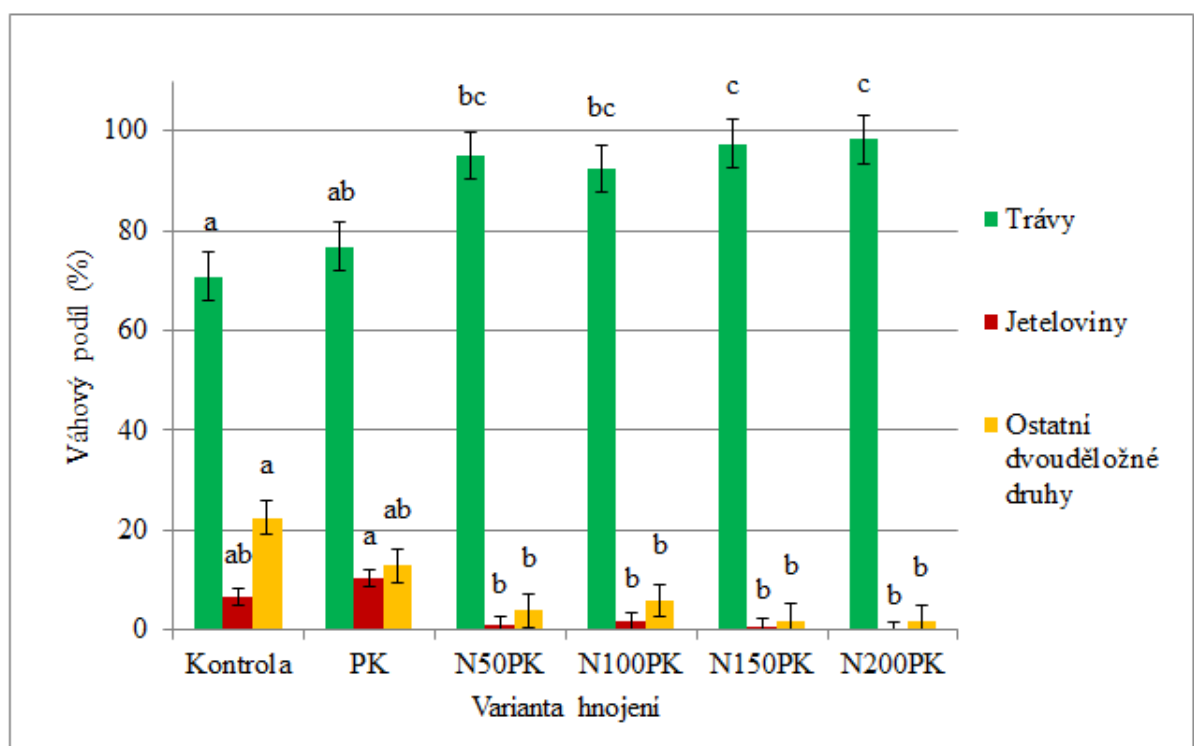
Rozdíly ve výnosu biomasy v závislosti na variantě hnojení byly hodnoceny pomocí jednofaktorové analýzy rozptylu – ANOVA test a následně Tukeyho HSD testem.

5 Výsledky

5.1 Vliv hnojení na podíl jednotlivých agrobotanických skupin v porostu

1. seč

Průměrný hmotnostní podíl (%) trav, jetelovin a ostatních dvouděložných druhů rostlin v travním porostu typu *Arrhenatherion elatioris* **při první seči** v závislosti na variantě hnojení je znázorněn v grafu č. 2. Při hodnocení průkaznosti rozdílů sledovaných hodnot byla určena hladina významnosti $p < 0,05$, dále v textu označováno jen jako průkazné/neprůkazné při této hladině významnosti.



Graf č. 2: Průměrný váhový podíl jednotlivých agrobotanických skupin **při první seči** (11. 6. 2015) v závislosti na variantě hnojení. Vertikální úsečky označují 95% interval spolehlivosti, rozdílné indexy nad vertikálními úsečkami označují statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými variantami hnojení při $\alpha < 0,05$.

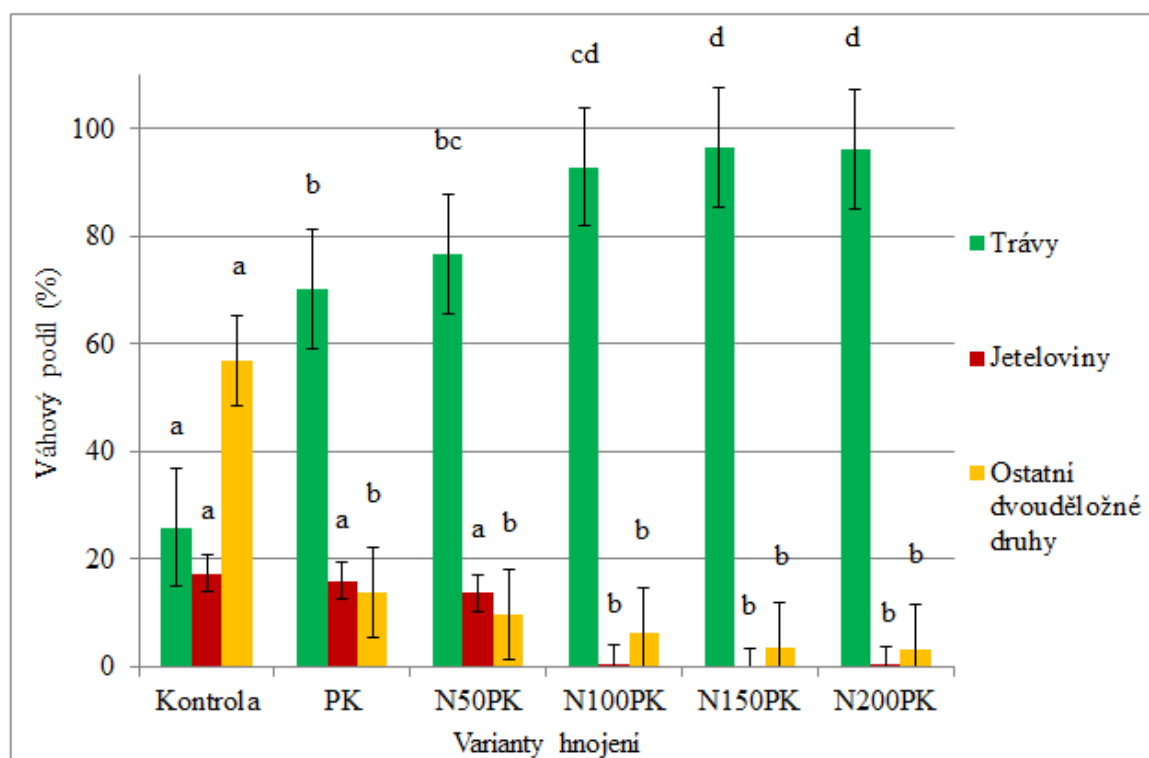
Podíl trav byl průkazně vyšší u všech variant hnojených dusíkem oproti kontrolní variantě. Průkazně vyšší podíl trav byl zjištěn i u variant N150PK a N200PK oproti variantám kontrola a PK. Průměrný podíl trav v první seči byl na parcelách dusíkem nehnojených 74 % a na parcelách dusíkem hnojených 96 %.

Průměrný váhový podíl jetelovin v první seči byl nejvyšší (10,3 %) u varianty hnojené jen fosforem a draslíkem. Tato varianta vykazovala průkazně vyšší podíl jetelovin než varianty N50PK – N200PK. Na parcelách hnojených dusíkem byl podíl jetelovin více než 12x nižší oproti variantě PK. Kontrolní varianta se průkazně nelišila od zbylých.

U ostatních dvouděložných rostlin byl v první seči zaznamenán průkazně nižší podíl u variant N50PK – N200PK oproti kontrole. Na kontrolní variantě bylo v porostu zastoupeno 22 % ostatních dvouděložných druhů, na parcelách hnojených dusíkem to bylo jen okolo 3 %. Na variantě PK bylo necelých 13 % ostatních dvouděložných rostlin, přičemž nebyl zjištěn průkazný rozdíl od ostatních variant.

2. seč

Graf č. 3 znázorňuje průměrný hmotnostní podíl (%) trav, jetelovin a ostatních dvouděložných druhů rostlin v travním porostu typu *Arrhenatherion elatioris* při druhé seči v závislosti na variantě hnojení.

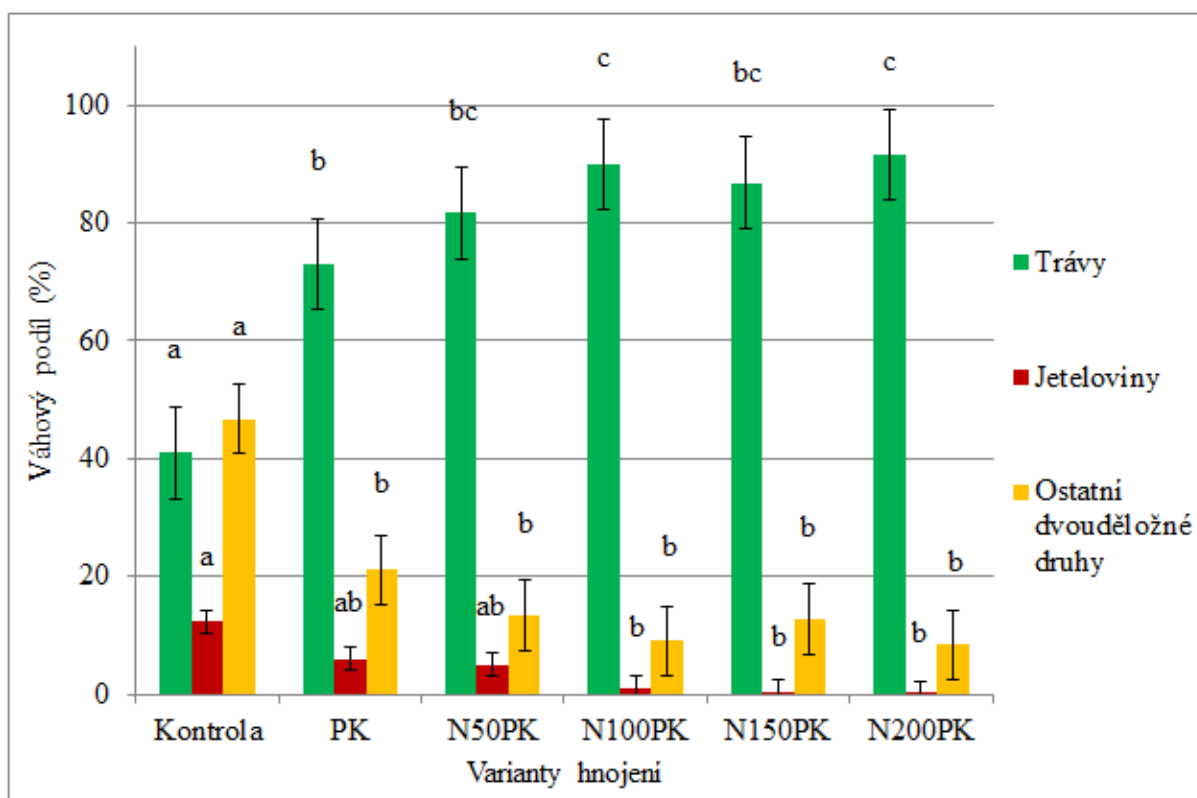


Graf č. 3: Průměrný váhový podíl jednotlivých agrobotanických skupin při druhé seči (3. 8. 2015) v závislosti na variantě hnojení. Vertikální úsečky označují 95% interval spolehlivosti, rozdílné indexy nad vertikálními úsečkami označují statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými variantami hnojení při $\alpha < 0,05$.

Váhový podíl trav byl v druhé seči nejnižší (26 %) u kontrolní varianty, která se průkazně lišila od ostatních variant. Po hnojení PK a N50PK průkazně vzrostl podíl trav v porostu průměrně na 73 %. Parcely N100PK vykazovaly průkazně vyšší podíl trav než varianty kontrola a PK, od ostatních variant hnojených dusíkem se průkazně nelišily. Nejvyšší podíl trav (96 %) byl zaznamenán u parcel N150PK a N200PK, u kterých byl průkazný rozdíl od všech zbylých variant hnojení.

Podíl jetelovin byl v druhé seči průkazně vyšší u variant kontrola, PK a N50PK oproti N100PK – N200PK. Nejvíce jetelovin bylo na nehnojené kontrole (17 %). Na parcelách N100PK – N200PK se jeteloviny v druhé seči vyskytovaly v zanedbatelném množství (pod 1 %).

U ostatních dvouděložných rostlin byl při druhé seči zaznamenán průkazný pokles u hnojených variant oproti kontrolní. Na kontrolních parcelách bylo průměrně 57 % ostatních dvouděložných druhů. K nejmenšímu poklesu podílu ostatních dvouděložných druhů (na 14 %) došlo na variantě PK, naopak nejvyšší pokles (na 3 %) způsobilo hnojení 150 – 200 kg N.ha⁻¹.



Graf č. 4: Průměrný váhový podíl jednotlivých agrobotanických skupin **při třetí seči** (6. 10. 2015) v závislosti na variantě hnojení. Vertikální úsečky označují 95% interval spolehlivosti, rozdílné indexy nad vertikálními úsečkami označují statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými variantami hnojení při $\alpha < 0,05$.

3. seč

Průměrný váhový podíl (%) trav, jetelovin a ostatních dvouděložných druhů v závislosti na variantě hnojení **při třetí seči** je znázorněn v grafu č. 4.

Z výsledků je zřejmé, že ve třetí seči byl průkazně nejnižší podíl trav (41 %) na nehnojené kontrole oproti všem ostatním variantám pokusu. U hnojených parcel bylo průkazně nižší zastoupení trav u varianty PK oproti N100PK a N200PK. Celkově na všech variantách dusíkem hnojených byl vysoký podíl trav v porostu (82 – 92 %).

Váhový podíl jetelovin v porostu ve třetí seči byl průkazně vyšší u nehnojené kontroly (12 %) oproti variantám N100PK – N200PK (do 1 %).

Podíl ostatních dvouděložných rostlin třetí seče byl průkazně nejvyšší u nehnojené kontroly (47 %). Na hnojených parcelách byl hmotnostní podíl ostatních dvouděložných rostlin nejvyšší na variantě PK (21 %), na parcelách hnojených dusíkem jich bylo méně (8 – 13 %).

Porovnání 1., 2. a 3. seče

Podíl agrobotanických skupin v první, druhé a třetí seči se nejvíc odlišuje u variant kontrola a N50PK. U kontrolní varianty bylo nejvyšší zastoupení trav v první seči (71 %), následovala třetí seč (41 %) a nejméně trav bylo zjištěno u druhé seče (26 %). Váhový podíl jetelovin zde byl nejnižší při první seči (7 %), následovala seč třetí (12 %) a nejvyšší byl u seče druhé (17 %). Nejvyšší zastoupení ostatních dvouděložných rostlin bylo u kontrolní varianty v druhé seči (57 %), následovala třetí seč (47 %) a nejméně jich bylo v seči první (22 %). Varianta N50PK měla podobný trend ve váhovém podílu jednotlivých agrobotanických skupin, ale rozdíly zde nebyly tak markantní. Zastoupení trav, jetelovin a ostatních dvouděložných rostlin v první, druhé a třetí seči u zbylých variant bylo vyrovnané.

5.2 Vliv různé intenzity hnojení a pořadí seče na kvalitu píce

Průměrný obsah dusíkatých látek (g.kg^{-1}), hrubé vlákniny (g.kg^{-1}), PDIE (g.kg^{-1}) a průměrná stravitelnost organické hmoty (%) u jednotlivých variant hnojení v první, druhé i třetí seči je uveden v tabulce č. 4. Výrazně vyšší obsah dusíkatých látek v píci byl zaznamenán u třetí seče, kde byl obsah dusíkatých látek u všech variant přibližně o 40 g.kg^{-1} vyšší než u seče první i druhé. Obsah hrubé vlákniny byl naměřen nejvyšší u první seče, nižší byl u seče druhé a nejnižší u seče třetí. U první, druhé i třetí seče byl nejnižší obsah vlákniny u nehnojené kontroly, naopak nejvyšší obsah vlákniny byl zaznamenán při první a druhé seči u variant silně hnojených dusíkem, ve třetí seči u N50PK. Obsah PDIE byl u první seče nejnižší, přičemž hnojené varianty obsahovaly méně PDIE než nehnojená kontrola. V druhé a třetí seči nebyl zaznamenán žádný vliv hnojení. Stravitelnost organické hmoty byla nejvyšší u třetí seče. Píce první a druhé seče byla ve stravitelnosti podobná.

	NL (g.kg^{-1})			Hrubá vláknina (g.kg^{-1})			PDIE (g.kg^{-1})			OMD (%)		
	1. seč	2. seč	3. seč	1. seč	2. seč	3. seč	1. seč	2. seč	3. seč	1. seč	2. seč	3. seč
Kontrola	113	117	145	264	226	209	74	79	78	65	64	67
PK	97	108	148	305	257	221	71	78	80	63	63	67
N50PK	100	113	141	304	254	229	72	78	79	66	65	68
N100PK	105	102	139	303	277	220	72	77	81	67	64	68
N150PK	111	106	155	316	274	212	72	79	83	65	64	68
N200PK	126	112	174	315	270	213	72	80	84	64	65	68

Tabulka č. 4: Průměrný obsah dusíkatých látek (NL), hrubé vlákniny, PDIE a průměrná stravitelnost organické hmoty v závislosti na variantě hnojení v první, druhé a třetí seči.

Výsledky dvoufaktorové analýzy rozptylu – ANOVA test pro kvalitativní parametry píce v závislosti na pořadí seče, variantě hnojení a interakci pořadí seče*varianta hnojení jsou zaznamenány v tabulce č. 5. Byl zjištěn průkazný vliv pořadí seče na obsah NL, hrubé vlákniny, PDIE i na stravitelnost organické hmoty. Varianta hnojení průkazně ovlivnila obsah NL, hrubé vlákniny a PDIE. Interakce mezi pořadím seče a variantou hnojení byla průkazná jen u obsahu hrubé vlákniny a PDIE.

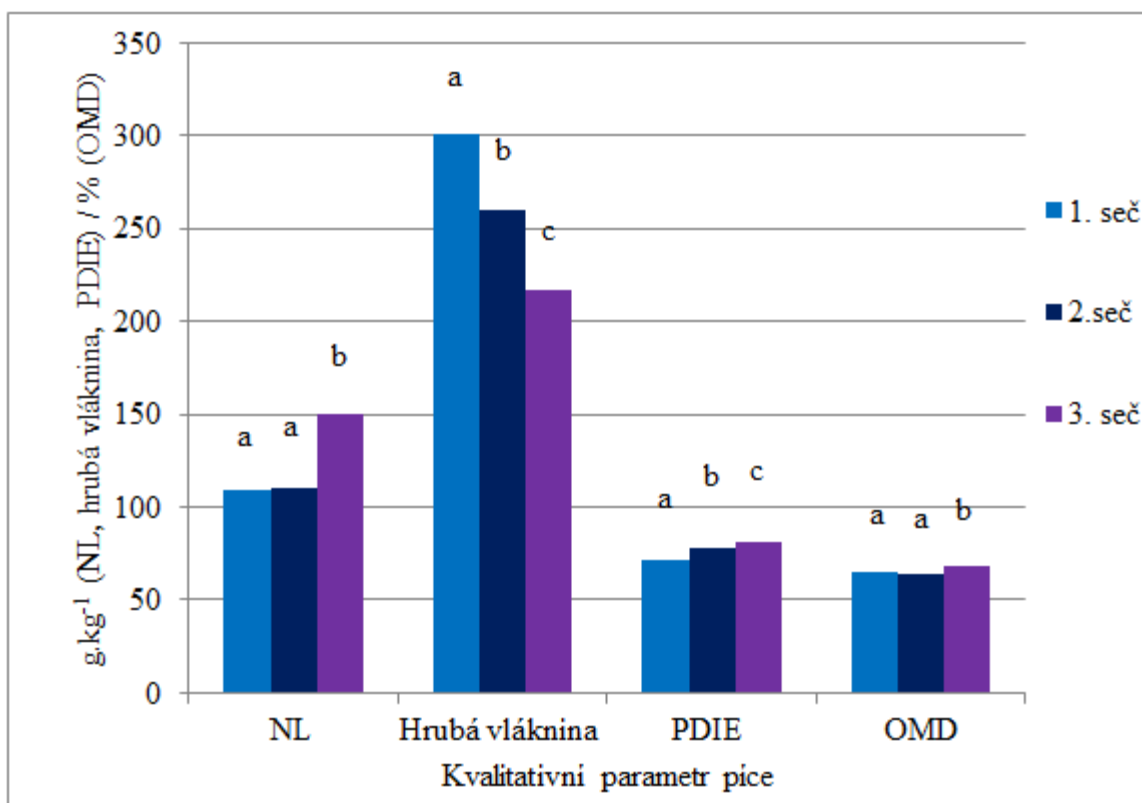
Na základě výsledků uvedených v tabulce č. 5 byla data dále vyhodnocena pomocí Tukeyho HSD testu, kdy byly určeny statisticky významné rozdíly v obsahu NL, hrubé vlákniny, PDIE a ve stravitelnosti organické hmoty mezi jednotlivými sečemi, které jsou

uvedeny v grafu č. 5. Bylo zjištěno, že obsah dusíkatých látek se průkazně nelišil v první a druhé seči, ale průkazně vyšší obsah dusíkatých látek byl v píci třetí seče oproti předchozím dvěma. Obsah hrubé vlákniny se průkazně lišil mezi všema třemi sečemi, kdy nejvyšší obsah byl v seči první (301 g.kg⁻¹), následovala druhá seč (260 g.kg⁻¹) a nejméně obsahovala píce třetí seče (217 g.kg⁻¹). Obsah PDIE se také průkazně lišil mezi všema třemi sečemi, ale měl opačný trend. Nejmenší množství PDIE v píci bylo naměřeno v seči první (72 g.kg⁻¹), následovala druhá (78 g.kg⁻¹) a nejvíce PDIE obsahovala píce třetí seče (81 g.kg⁻¹). Stravitelnost organické hmoty se průkazně nelišila mezi první a druhou sečí, ale průkazně vyšší stravitelnost organické hmoty byla u seče třetí oproti zbylým dvěma.

Kvalitativní parametr		Pořadí seče	Varianta hnojení	Pořadí seče*varianta hnojení
Dusíkaté látky (NL)	F-hodnota	93,099	5,366	1,504
	p-hodnota	<0,001	<0,001	0,164
Hrubá vláknina	F-hodnota	261,15	12,73	3,21
	p-hodnota	<0,001	<0,001	0,003
Obsah bílkovin (PDIE)	F-hodnota	148,8	4	3,2
	p-hodnota	<0,001	0,004	0,003
Stravitelnost organické hmoty (OMD)	F-hodnota	26,8	1,6	0,9
	p-hodnota	<0,001	0,176	0,525

Tabulka č. 5: Statistické vyhodnocení kvalitativních parametrů píce pro pořadí seče, varianty hnojení a interakci pořadí seče*varianty hnojení pro celkový vliv hnojení. Červeně zvýrazněny jsou charakteristiky s průkaznými rozdíly při $\alpha < 0,05$.

V tabulce č. 6 je uveden průměrný obsah NL, hrubé vlákniny, PDIE a průměrná stravitelnost organické hmoty bez ohledu na pořadí seče v závislosti na variantě hnojení. Z výsledků je zřejmé, že obsah dusíkatých látek v píci je průkazně vyšší u varianty N200PK oproti variantám PK, N50PK a N100PK. Kontrolní varianta ani N150PK se od ostatních průkazně nelišily. Obsah hrubé vlákniny byl průkazně nižší u nehnojené kontroly oproti hnojeným variantám. Obsah PDIE v píci měl stejný trend jako obsah dusíkatých látek. Stravitelnost organické hmoty byla u všech variant hnojení bez ohledu na pořadí seče vyrovnaná.



Graf č. 5: Průměrný obsah dusíkatých látek (NL), hrubé vlákniny, bílkovin (PDIE) a stravitelnost organické hmoty v 1., 2. a 3. seči. Rozdílné indexy nad sloupci označují statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými sečemi při $\alpha < 0,05$.

	NL (g.kg ⁻¹)	Hrubá vláknina (g.kg ⁻¹)	PDIE (g.kg ⁻¹)	OMD (%)
Kontrola	125 ^{ab}	233 ^a	77 ^{ab}	66 ^a
PK	118 ^a	261 ^b	76 ^a	65 ^a
N50PK	118 ^a	262 ^b	76 ^a	66 ^a
N100PK	115 ^a	266 ^b	77 ^a	66 ^a
N150PK	124 ^{ab}	267 ^b	78 ^{ab}	65 ^a
N200PK	137 ^b	266 ^b	79 ^b	65 ^a

Tabulka č. 6: Obsah dusíkatých látek (NL), hrubé vlákniny, PDIE a stravitelnost organické hmoty (OMD) v závislosti na variantě hnojení v průměru všech tří sečí. Rozdílné indexy označují statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými variantami hnojení při $\alpha < 0,05$.

5.3 Vliv jednotlivých agrobotanických skupin na kvalitu píce

Vyhodnocení vztahu mezi váhovým podílem trav, jetelovin a ostatních dvouděložných druhů rostlin v travním porostu typu *Arrhenatherion elatioris* na obsah dusíkatých látek, hrubé vlákniny, PDIE a na stravitelnost organické hmoty píce je uvedeno v tabulce č. 7 pomocí korelační matice.

1. seč				
Proměnná	Dusíkaté látky	Hrubá vláknina	PDIE	OMD
Trávy	0,247	0,509	-0,076	0,263
Jeteloviny	-0,346	-0,177	-0,134	-0,222
Ostatní dvouděložné druhy	-0,160	-0,615	0,177	-0,248
2. seč				
Proměnná	Dusíkaté látky	Hrubá vláknina	PDIE	OMD
Trávy	-0,377	0,789	0,058	0,009
Jeteloviny	0,334	-0,639	-0,124	-0,032
Ostatní dvouděložné druhy	0,334	-0,729	-0,017	0,003
3. seč				
Proměnná	Dusíkaté látky	Hrubá vláknina	PDIE	OMD
Trávy	0,231	0,207	0,586	0,343
Jeteloviny	-0,300	-0,034	-0,563	-0,381
Ostatní dvouděložné druhy	-0,180	-0,253	-0,533	-0,292

Tabulka č. 7: Korelační matice pro závislost mezi podílem agrobotanických skupin a hodnocenými kvalitativními parametry píce v první, druhé a třetí seči. Červeně jsou zvýrazněny průkazně významné hodnoty korelace na hladině významnosti $p < 0,05$.

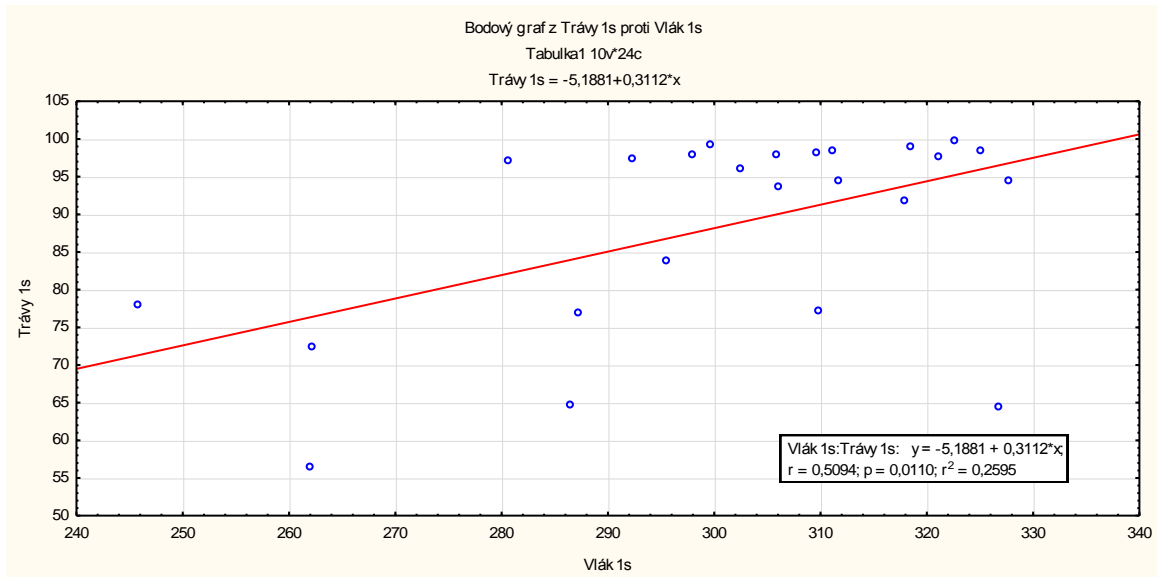
1. seč

V první seči byla zjištěna pozitivní korelace mezi obsahem dusíkatých látek v píci a podílem trav. Podíl jetelovin a ostatních dvouděložných druhů negativně koreloval s obsahem dusíkatých látek v píci.

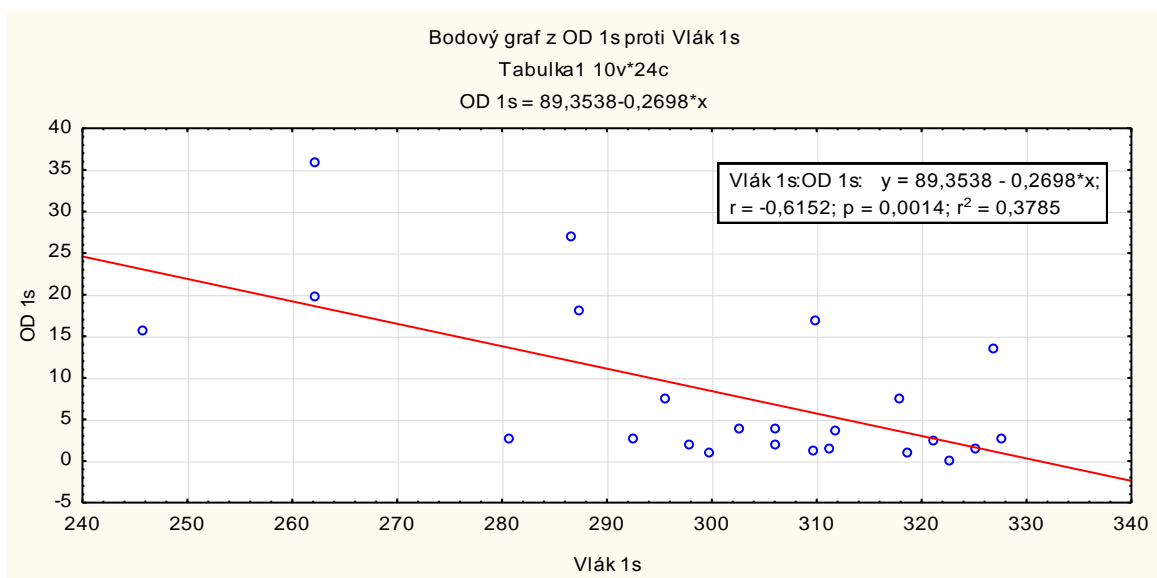
Obsah **hrubé vlákniny** v píci v první seči **průkazně pozitivně koreloval s podílem trav** (graf č. 6), negativně s podílem jetelovin a **průkazně negativně s podílem ostatních dvouděložných druhů** (graf č. 7).

Obsah PDIE a podíl trav spolu v první seči nekoreloval. Mezi podílem jetelovin a obsahem PDIE byla zjištěna negativní korelace, ostatní dvouděložné druhy naopak pozitivně korelovaly s obsahem PDIE.

Stravitelnost organické hmoty pozitivně korelovala s podílem trav v píci, naopak negativně korelovala s podílem jetelovin i ostatních dvouděložných rostlin.



Graf č. 6: Bodový graf průkazné ($p < 0,05$) korelace mezi váhovým podílem trav a obsahem hrubé vlákniny v píci v první seči.



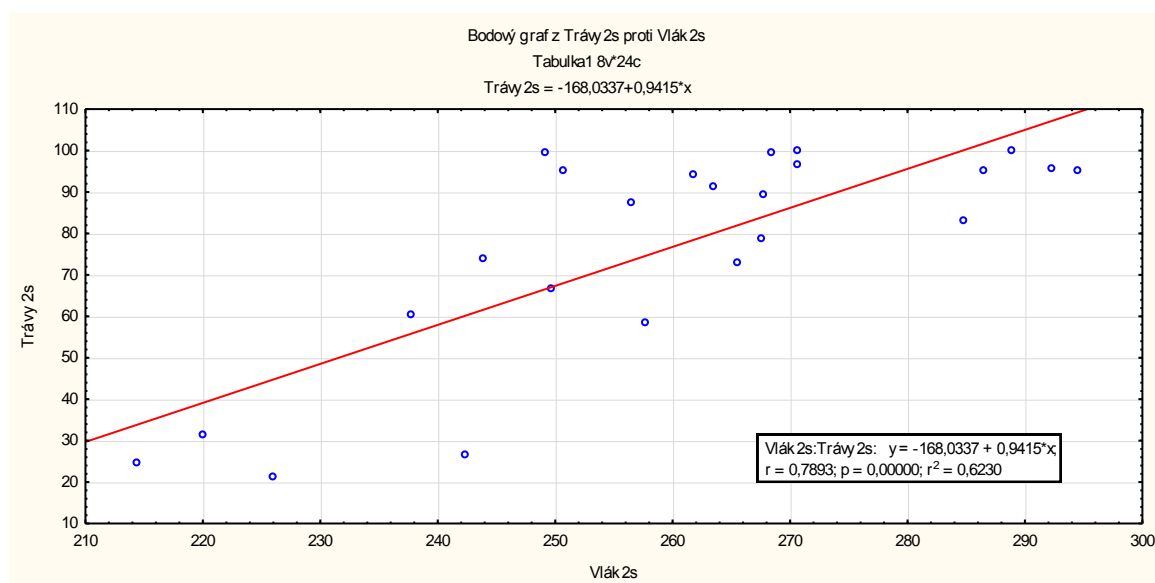
Graf č. 7: Bodový graf průkazné ($p < 0,05$) korelace mezi váhovým podílem ostatních dvouděložných rostlin a obsahem hrubé vlákniny v píci v první seči.

2. seč

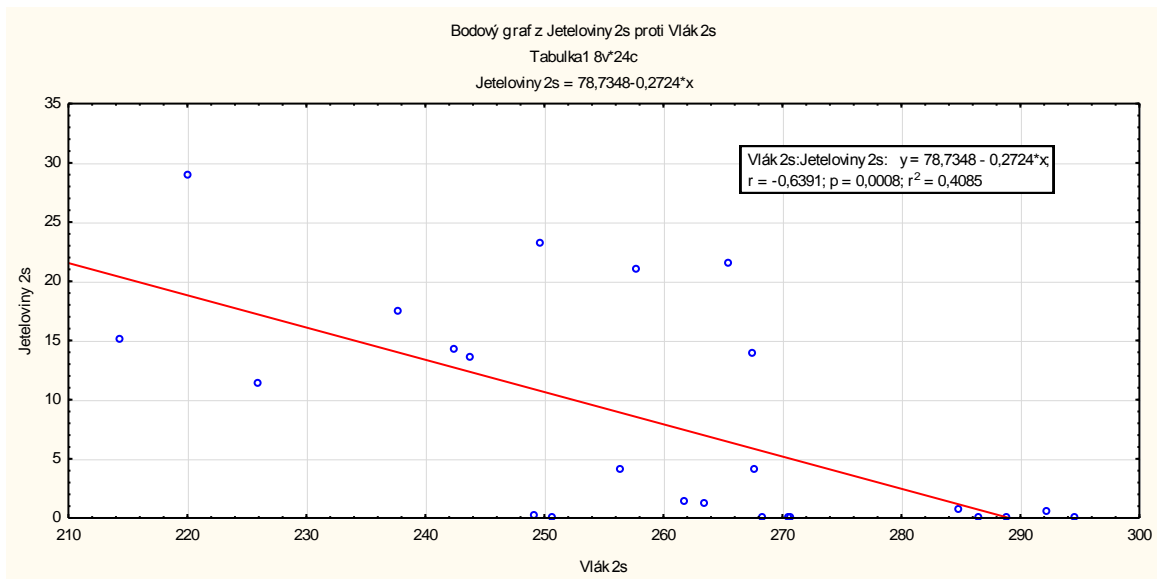
V druhé seči byly zjištěny zcela opačné korelace u dusíkatých látek než v seči první. Podíl trav v píci negativně koreloval s obsahem dusíkatých látek, naopak podíl jetelovin a ostatních dvouděložných druhů s obsahem dusíkatých látek v píci koreloval pozitivně.

Podíl trav v píci druhé seče **průkazně pozitivně koreloval** s obsahem **hrubé vlákniny** (graf č. 8). **Podíl jetelovin** naopak **průkazně negativně koreloval** s obsahem **hrubé vlákniny** v píci (graf č. 9), stejně tak **podíl ostatních dvouděložných druhů** (graf č. 10).

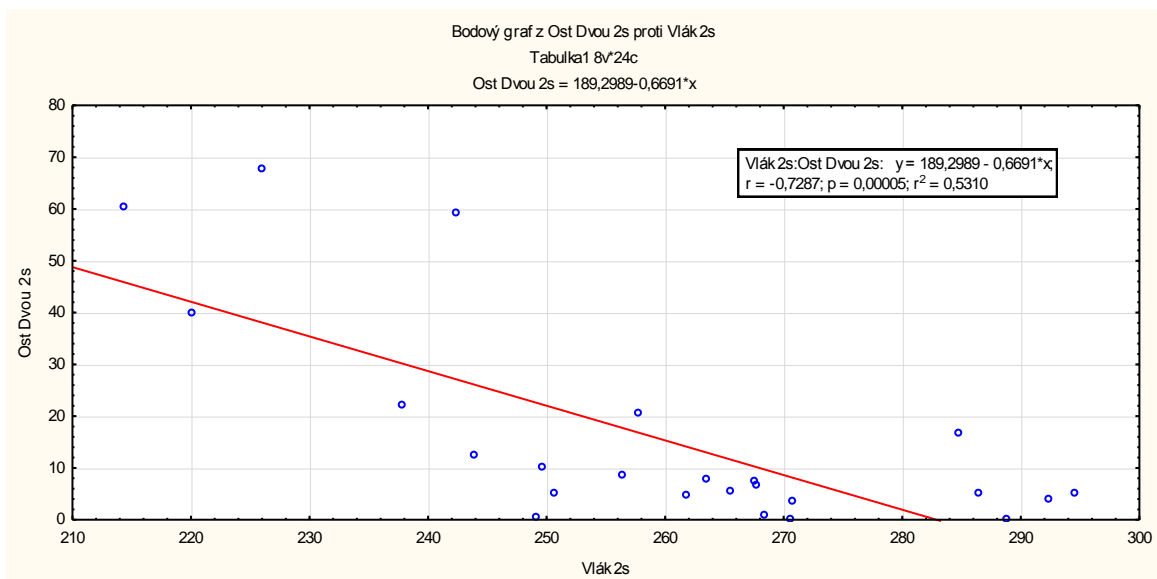
Mezi podílem trav, jetelovin i ostatních dvouděložných druhů a stravitelností organické hmoty píce nebyla zjištěna ve druhé seči žádná korelace.



Graf č. 8: Bodový graf průkazné ($p < 0,05$) korelace mezi váhovým podílem trav a obsahem hrubé vlákniny v píci v druhé seči.



Graf č. 9: Bodový graf průkazné ($p < 0,05$) korelace mezi váhovým podílem jetelovin a obsahem hrubé vlákniny v pici v druhé seči.



Graf č. 10: Bodový graf průkazné ($p < 0,05$) korelace mezi váhovým podílem ostatních dvouděložných rostlin a obsahem hrubé vlákniny v pici v druhé seči.

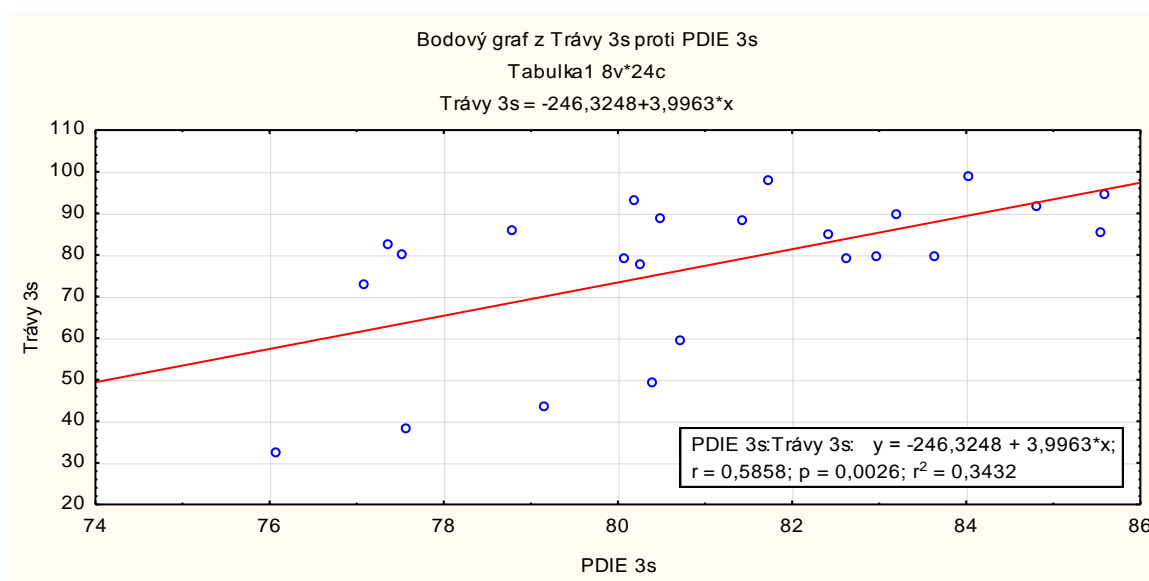
3. seč

V píci třetí seče byla zjištěna pozitivní korelace mezi podílem trav a obsahem dusíkatých látek. Podíl jetelovin a ostatních dvouděložných druhů negativně koreloval s obsahem dusíkatých látek. Tento trend odpovídá výsledkům z první seče.

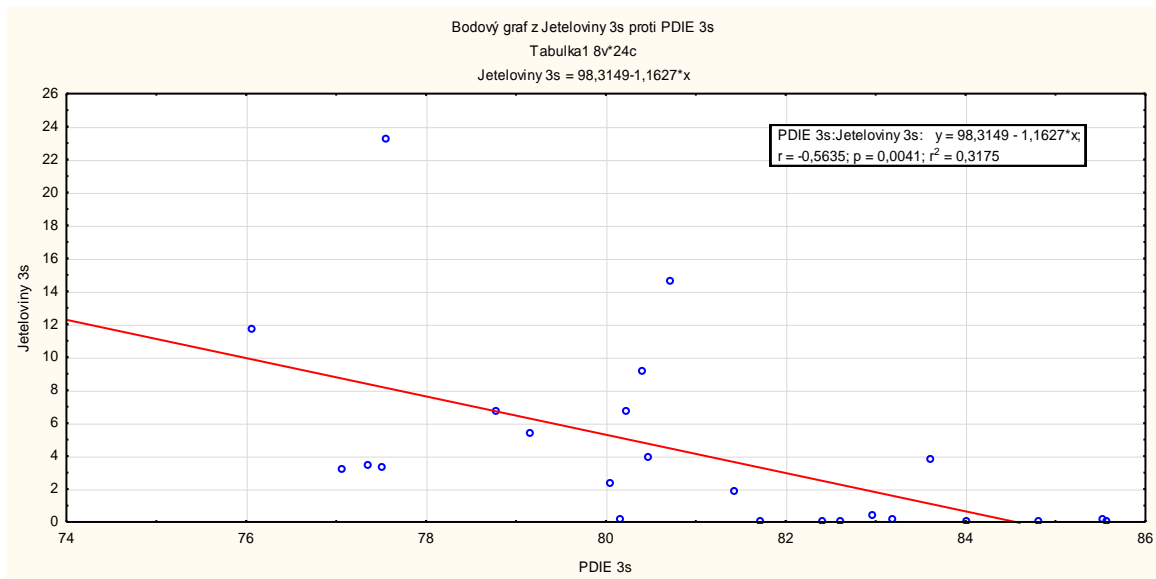
Obsah hrubé vlákniny v píci třetí seče pozitivně koreloval s podílem trav a negativně koreloval s podílem ostatních dvouděložných druhů. Mezi podílem jetelovin a obsahem hrubé vlákniny nebyla zjištěna korelace.

Obsah **PDIE průkazně koreloval s podílem trav, jetelovin i ostatních dvouděložných druhů**, přičemž pozitivně koreloval s podílem trav (graf č. 11) a negativně s podílem jetelovin (graf č. 12) i ostatních dvouděložných druhů (graf č. 13).

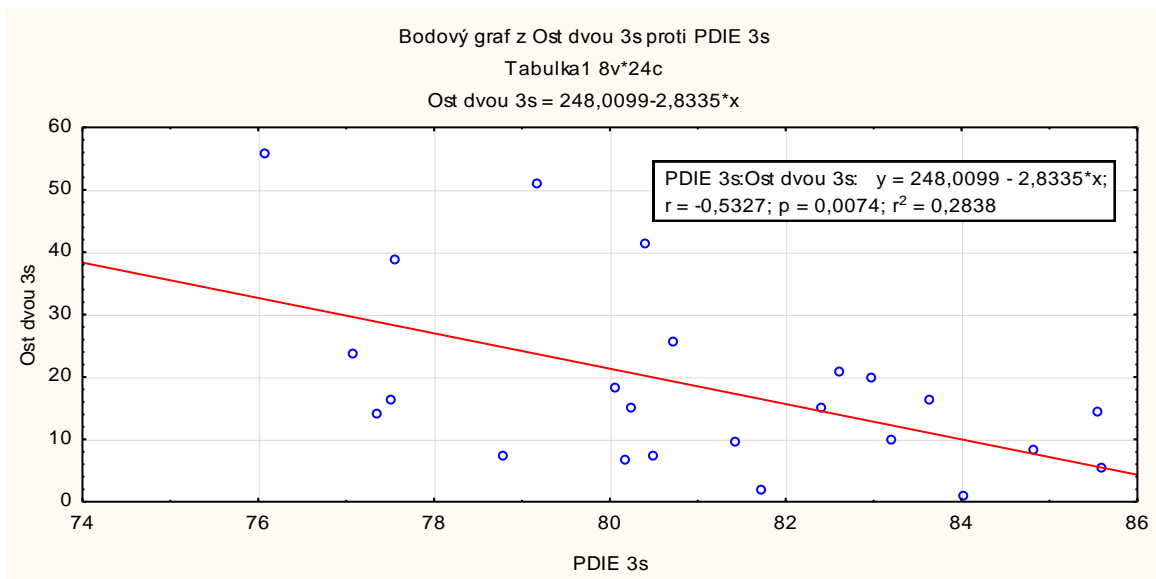
Stravitelnost organické hmoty píce třetí seče pozitivně korelovala s podílem trav, negativně s podílem jetelovin i ostatních dvouděložných druhů.



Graf č. 11: Bodový graf průkazné ($p < 0,05$) korelace mezi váhovým podílem trav a obsahem PDIE v píci ve třetí seči.



Graf č. 12: Bodový graf průkazné ($p < 0,05$) korelace mezi váhovým podílem jetelovin a obsahem PDIE v píci v třetí seči.



Graf č. 13: Bodový graf průkazné ($p < 0,05$) korelace mezi váhovým podílem ostatních dvouděložných rostlin a obsahem PDIE v píci v třetí seči.

5.4 Výnos nadzemní biomasy

Výnos suché biomasy u jednotlivých variant hnojení první, druhé a třetí seče je uveden v tabulce č. 8. Ve všech sečích se projevil pozitivní vliv hnojení na výnosy travní biomasy. V první seči byl nejnižší výnos na nehnojené kontrole, která se průkazně lišila od všech variant hnojených dusíkem. Varianta PK měla průkazně nižší výnos než varianty N100PK a N200PK. Druhá seč poskytovala podstatně nižší výnos než seč první. V druhé seči se na výnosu průkazně projevilo dusíkaté hnojení nad 100 kg.ha⁻¹ (PK) vzhledem k variantě nehnojené. Varianty PK a N50PK měly průkazně nižší výnos než varianty N150PK a N200PK. Třetí seč poskytovala velmi nízký výnos suché nadzemní biomasy. Nehnojená kontrola měla průkazně nižší výnos než varianty hnojené dusíkem (N50PK – N200PK).

Varianta hnojení	1. seč (t.ha ⁻¹)	2. seč (t.ha ⁻¹)	3. seč (t.ha ⁻¹)	Celkem za rok (t.ha ⁻¹)
Kontrola	2,6 ^a	1,2 ^a	0,3 ^a	4,1
PK	4,1 ^{ab}	1,5 ^{ab}	0,5 ^{ab}	6,1
N50PK	5,9 ^{bc}	1,5 ^{ab}	0,6 ^b	8,0
N100PK	7,0 ^c	2,2 ^{bc}	0,7 ^b	9,9
N150PK	6,1 ^{bc}	2,4 ^c	0,6 ^b	9,1
N200PK	7,0 ^c	3,0 ^c	0,7 ^b	10,7
Průměr	5,5	2,0	0,6	8

Tabulka č. 8: Výnosy suché biomasy první, druhé i třetí seče jednotlivých variant hnojení.

Rozdílné indexy označují statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými variantami hnojení při $\alpha < 0,05$.

6 Diskuse

6.1 Vliv hnojení na podíl jednotlivých agrobotanických skupin v porostu

Základní předpokladem tvorby kvalitní píce z trvalých travních porostů je zajištění vhodného botanického složení porostu, které je funkcí stanoviště. Mezi faktory ovlivňující botanické složení travních porostů patří obsah přístupných živin v půdě, vlhkostní podmínky stanoviště (Mrkvička a Veselá, 2002), úhrn srážek (Yang et al., 2011) i způsob obhospodařování porostu (Kahmen a Poschold, 2008). Dlouhodobé hnojení může způsobovat značnou změnu rostlinných společenstev a může se projevat i po mnoha letech po jeho ukončení (Hejman et al., 2007; Hrevušová et al., 2009). Tyto změny botanického složení travních porostů a nadzemní biomasy nemusejí být nevratné, protože po ukončení hnojení postupnou sukcesí může docházet ke změně rostlinného společenstva do původního stavu (Pavlů et al., 2012). Největší změny botanického složení lučních porostů po aplikaci hnojiv lze sledovat především na živinami chudých stanovištích (Pecháčková et al., 2010), kde mohou na hnojených parcelách růst druhy zcela odlišné než na parcelách hnojením ovlivněných (Chytrý et al., 2009). Dlouhodobý pokus v Senožatech však leží v lokalitě poměrně dobře zásobené živinami, proto se zde setkáváme jen s menší změnou botanického složení lučního porostu.

Hmotnostní podíl trav v lučním porostu typu *Arrhenatherion elatioris* byl ve sledovaném roce 2015 nejnižší na parcelách nehnojených dusíkem (nehnojená kontrola a PK) a to ve všech třech sečích. Ke stejným výsledkům došli i Čop et al. (2009) či Mrkvička and Veselá (2002), kteří uvádějí, že s intenzitou hnojení dusíkem roste podíl trav v travním porostu a snižuje se množství jetelovin i ostatních dvouděložných druhů. Největší rozdíly v hmotnostním podílu trav byly zjištěny ve druhé seči, kdy byl nejnižší podíl trav 26 % zjištěn u kontrolní varianty a nejvyšší na parcelách N150PK a N200PK, kde dosahoval téměř 97 %. Ve třetí seči již nebyly rozdíly v podílu trav tak markantní. Na kontrolní variantě byl podíl trav 41 %, na variantě PK 71 % a na všech variantách hnojených dusíkem přesahoval 80 %.

Podíl jetelovin v první seči byl průkazně vyšší na parcelách hnojených fosforem a draslíkem, kde dosahoval 10 %, oproti parcelám hnojených dusíkem (1 %). Tyto výsledky odpovídají mnoha pokusům, kde byla hodnocena biomasa první seče (Gaisler et al., 1998; Mrkvička and Veselá, 2002; Čop et al., 2009 a další). V druhé seči se jeteloviny podílely na druhové skladbě varianty kontrolní, PK a N50PK ze 14 – 17 %, přičemž na zbylých variantách bylo jejich zastoupení zanedbatelné. Ve třetí seči měl podíl jetelovin stejný trend jako v seči druhé, ale nejvyšší zastoupení bylo nižší (12 %). Velmi podobných výsledků dosáhli Brum et al. (2009). Ti uvádějí, že dusíkaté hnojení podporuje brzký nárůst trav, které

brzdí růst jetelovin, a ty se díky časné první seči nestihnou v porostu prosadit. Domnívám se, že u druhé a třetí seče je již menší vliv dusíkatého hnojení, které se provádí na počátku jarní vegetace, proto se v porostu více uplatňují jeteloviny i na parcelách, kde bylo hnojeno nízkou dávkou dusíku (N50PK), přičemž roli hraje i průběh počasí při obrůstání.

Podíl ostatních dvouděložných druhů ve sledovaném lučním porostu měl ve všech třech sečích stejný trend. Nejvyšší zastoupení bylo vždy na nehnojené kontrole, která se průkazně lišila od všech zbylých (kromě první seče), následovala varianta hnojená jen fosforem a draslíkem a ostatní varianty. V první seči se ostatních dvouděložných rostlin vyskytovalo nejméně (2 – 22 %), v druhé seči podíl zvyšovala především kontrolní varianta (3 – 57 %) a ve třetí seči jich bylo nejvíce (8 – 47 %). Podíl ostatních dvouděložných druhů měl opačný trend než zastoupení trav v porostu, proto se ve třetí seči vyskytovaly nejvíce. Vzhledem k tomu, že hnojením je podporován výskyt vysokých druhů rostlin v travním porostu, především trav, dochází ke snižování množství nízkých ostatních dvouděložných druhů, které negativně reagují na zastínění (Dickson and Gross, 2013). Problémem při dlouhodobém hnojení vysokými dávkami dusíku může být rozšíření tzv. ruderálních plevelů, např. kopřivy dvoudomé, šťovíků, pelyňků, heřmánků apod. (Mrkvička a Veselá, 2001).

6.2 Vliv různé intenzity hnojení a pořadí seče na kvalitu píce

Hnojení lučních porostů ovlivňuje nejen jejich botanické složení, ale i přímo kvalitu píce. Bylo zjištěno, že obsah dusíkatých látek v píci byl podobný v první a druhé seči, kdy nejvyšších hodnot dosahovaly varianty kontrola a N200PK. Domnívám se, že u kontrolní varianty se v první i druhé seči projevil pozitivní vliv jetelovin na obsah NL v píci a také to, že se zde i na nehnojené kontrole vyskytují hodnotné druhy trav. Důležité je také to, že nehnojená kontrola poskytovala nízký výnos biomasy, proto se zde neprojevil tzv. zředovací efekt jako u varianty PK, která měla také vysoké zastoupení jetelovin v porostu, ale vyšší výnos biomasy, proto došlo k zředění obsahu NL. Naopak u varianty N200PK se pravděpodobně projevilo zvýšení obsahu dusíkatých látek v píci výskytem kvalitních druhů trav i pozitivním vlivem hnojení dusíkem na chemické složení rostlin. Aufrère et al. (2008) uvádějí, že obsah dusíkatých látek v travních druzích při hnojení 120 kg N.ha⁻¹ dosahuje okolo 170 g.kg⁻¹ a hnojením lze ještě zvýšit. Fakt, že dusíkaté hnojení má pozitivní vliv na obsah dusíkatých látek v rostlinách, potvrzují Jankowski et al. (2013), kteří však uvádějí, že vysoké dávky dusíkatého hnojení eliminují v travních porostech obsah jetelovin, které jsou schopny přirozeně dusíkaté látky akumulovat. Ve třetí seči bylo naměřeno průměrně téměř o 40 g.kg⁻¹ dusíkatých látek více než v seči první a druhé, přičemž nejvíce dusíkatých látek bylo

v píce varianty N200PK, nejméně u varianty N100PK. Vyšší množství dusíkatých látek je obecně způsobeno tzv. zřed'ovacím efektem. Podobné výsledky popisují i Brum et al. (2009), kteří uvádějí pozitivní vliv dusíkatého hnojení na obsah dusíkatých látek v píce v první seči, kdy dosahoval obsah dusíkatých látek nejnižších hodnot, ale výnos píce byl nejvyšší. V druhé a třetí seči uvádí, že píce obsahovala více dusíkatých látek než v prvních dvou, ale již se neprojevoval efekt hnojení a výnos biomasy byl podstatně nižší. Obsah dusíkatých látek v píce mohl být ovlivněn i vývojovou fází porostu v době sklizně. Hloučalová et al. (2015) uvádějí, že obsah dusíkatých látek klesá se stárnutím píce, a naopak obsah vlákniny společně s fenofází roste.

Obsah hrubé vlákniny se průkazně lišil ve všech třech sečích, přičemž nejvyšší byl u seče první (264 – 316 g.kg⁻¹), následovala druhá (226 – 270 g.kg⁻¹) a nejméně hrubé vlákniny obsahovala píce třetí seče (209 – 229 g.kg⁻¹). Průkazně vyšší podíl hrubé vlákniny v píce první seče oproti seči druhé uvádí i Čop et al. (2009), kteří zjistili, že obsah vlákniny v píce klesá s vyšší intenzitou využívání. V první a druhé seči námi sledovaného pokusu rostl obsah vlákniny s intenzitou hnojení. Hloučalová et al. (2015) uvádí stejný trend pro obsah vlákniny v píce u první seče. Ve třetí seči bylo nejméně hrubé vlákniny v píce varianty kontrolní, nejvíce na N50PK, avšak rozdíly mezi jednotlivými variantami byly minimální. Nejnižší obsah hrubé vlákniny ve třetí seči pravděpodobně souvisí s nižší vývojovou fází porostu. To potvrzují Lloyd et al. (1961), kteří uvádějí, že s vývojovou fází porostu roste obsah vlákniny v píce.

Množství skutečně stravitelných bílkovin v tenkém střevě (PDIE) bylo nejnižší v první seči, následovala seč druhá a nejvíce bylo naměřeno v píce třetí seče. Tyto výsledky odpovídaly obsahu dusíkatých látek v píce. Pozdíšek et al. (2008a) či Kohoutek et al. (2008) uvádějí, že obsah PDIE v píce závisí nejen na hnojení, ale i na intenzitě využívání. Uvádí, že píce porostů intenzivněji využívaných (3, 4 seče) obsahují více bílkovin než porosty dvousečné, což platí u porostů hnojených i nehnojených.

Průměrná stravitelnost organické hmoty byla nejnižší u píce druhé seče (64 %), vyšší byla u první seče (65 %) a nejvyšší byla u seče třetí (68 %). Raleigh et al. (1964) uvádějí, že stravitelnost píce závisí na termínu sklizně, kdy opožděný termín sklizně stravitelnost vždy snižuje. Tento fakt souvisí i s obsahem vlákniny v píce. Obsah vlákniny se se stárnutím píce zvyšuje, čímž se snižuje i stravitelnost organické hmoty (Brown and Kalmbacher, 1998; Elgersma and Søegaard, 2017).

Obecně největší vliv na kvalitu píce má dusíkaté hnojení a to v dávkách přes 100 kg N.ha⁻¹ (Mrkvička and Veselá, 2002). To potvrzují i Skládanka et al. (2008), kteří uvádějí, že hnojení dusíkem má pozitivní vliv na kvalitu píce, protože v hnojených porostech se vyskytuje vyšší podíl vzrůstných trav s vysokou krmnou hodnotou než v porostech dusíkem nehnojených. Skládanka and Hrabě (2008) uvádějí, že kvalita travního porostu se zvyšuje do dávky 90 kg N.ha⁻¹ bez ohledu na to, zda je porost využíván dvousečně či třísečně. Čop et al. (2009) však popisují, že pro dosažení přijatelných výnosů sušiny s dobrou kvalitou u ovsíkové louky je nutné hnojit 150 kg N, 30 kg P a 160 kg K na hektar.

Problémem při hnojení travních porostů vysokými dávkami dusíku může být negativní hromadění dusičnanů v píci, proto by neměl být kladen důraz jen na hnojení vysokými dávkami dusíku podporujícího růst biomasy, ale na udržování porostu nižšími dávkami dusíku, fosforem i draslíkem v takovém stavu, aby poskytoval dobrý výnos kvalitní píce (Skládanka and Hrabě, 2008; Bijelić et al., 2011).

Před vlastním hnojením travních porostů je nutné zhodnotit jejich aktuální výživný stav a účel, k jakému je píce použita. Schellberg et al. (1999) uvádějí, že píce rostlinných společenstev na chudých půdách může být z energetického hlediska dostačující pro jalovice a nezabřezlé krávy, ale je nedostačující pro krávy dojené. Tento fakt dává možnost využití takových porostů i na farmách s intenzivním způsobem hospodaření. Při správném hnojení těchto porostů na chudých půdách lze dosáhnout i dobré kvality píce pro intenzivní využívání. To potvrzují i Hloučalová et al. (2015), kteří uvádějí, že pro výrobu kvalitní píce je nezbytné porosty hnojit. Nehnojené porosty jsou sice druhově bohatší, ale nedokáží pokrýt vysoké nutriční požadavky píce pro hospodářská zvířata.

6.3 Vliv jednotlivých agrobotanických skupin na kvalitu píce

V první a třetí seči obsah dusíkatých látek neočekávaně pozitivně koreloval s podílem trav, negativně s podílem jetelovin a ostatních dvouděložných druhů. Jednalo se však o slabou neprůkaznou závislost. Tyto výsledky pravděpodobně souvisí s nízkým zastoupením jetelovin v porostu a se zastoupením vysokého podílu pícninářsky hodnotných trav. Jistě se zde projevil i výraznější vliv hnojení na kvalitu píce než vliv zastoupení jednotlivých agrobotanických skupin. V druhé seči byly výsledky obsahu dusíkatých látek zcela opačné. Dle předpokladů zde byla pozitivní korelace mezi obsahem dusíkatých látek v píci a podílem jetelovin a ostatních dvouděložných druhů. Aydin and Uzun (2005) uvádějí, že obsah dusíkatých látek se výrazně liší dle příslušnosti rostlin do agrobotanické skupiny, kdy jeteloviny obsahují dusíkatých látek nejvíce, následují ostatní dvouděložné druhy a nejméně trávy, proto lze

usuzovat, že pozitivní korelace byla v druhé seči způsobena mimo jiné vyšším zastoupením jetelovin v porostu. Schellberg et al. (1999) ve svých výsledcích uvádějí, že trávy mohou mít srovnatelné i vyšší množství dusíkatých látek oproti ostatním dvouděložným druhům, proto se korelace mohly lišit v závislosti na pořadí seče, protože v každé seči se vyskytovalo rozdílné množství trav, jetelovin a ostatních dvouděložných druhů.

Obsah hrubé vlákniny v píci první, druhé i třetí seče pozitivně koreloval s podílem trav a negativně s podílem ostatních dvouděložných druhů. Pozitivní korelace obsahu vlákniny a podílu trav souvisí s vysokým podílem trav ve sledovaném porostu (Bruinenberg et al., 2002). Kohoutek et al. (2007) také uvádějí, že na obsah vlákniny v píci má vliv obsah jetelovin – s rostoucím podílem jetelovin klesá obsah vlákniny v píci.

Korelace mezi stravitelností organické hmoty a podílem jednotlivých agrobotanických skupin se projevily jen u první a třetí seče. U stravitelnosti organické hmoty obou sečí byla zjištěna pozitivní korelace s podílem trav a negativní s podílem jetelovin a ostatních dvouděložných druhů. Tyto výsledky jsou v souladu s mnoha studiemi (Bruinenberg et al., 2002; Kohoutek et al., 2007; Andueza et al., 2015 a další).

7 Závěr

V práci zabývající se vlivem dlouhodobé aplikace různých dávek dusíku s fosforem a draslíkem na luční porost typu *Arrhenatherion elatioris* bylo vyhodnoceno, že:

- aplikace dusíku v dávce nad $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ s fosforem a draslíkem zvyšuje podíl trav, snižuje podíl jetelovin a ostatních dvouděložných druhů v travním porostu ve všech třech sečích
- varianta hnojení ovlivňuje obsah dusíkatých látek v píce
- obsah hrubé vlákniny v píce se zvyšuje se stoupající intenzitou dusíkatého hnojení ve všech sečích
- obsah PDIE se zvyšuje se zvyšující se intenzitou dusíkatého hnojení, ale jen ve třetí seči
- aplikace hnojiv nemá vliv na stravitelnost organické hmoty píce
- aplikace hnojiv zvyšuje výnos suché biomasy všech tří sečí travního porostu
- podíl trav, jetelovin a ostatních dvouděložných druhů průkazně koreluje s obsahem hrubé vlákniny v první a druhé seči
- podíl trav, jetelovin a ostatních dvouděložných druhů průkazně koreluje s obsahem PDIE ve třetí seči

Z výsledků práce lze vyvodit, že z hlediska kvality píce, výnosu suché biomasy i botanického složení porostu je nejvhodnější travní porost typu *Arrhenatherion elatioris* hnojit $50 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ s fosforem a draslíkem. Je především důležité, aby travní biomasa byla sklizena v optimální fázi zralosti, aby neztrácela svou kvalitu vlivem stárnutí.

8 Seznam literary

- Adesogan, A. T., Givens, D. I., Owen, E. 2000. Measuring chemical composition and nutritive value in forages. In: 't Mannetje, L., Jones, R. M. (eds.) Field and laboratory methods of grassland and animal production research. CABI Publishing. Wallingford (UK). s. 263 – 278. ISBN: 0851993516.
- Allegrezza, M., Biondi, E. 2011. Syntaxonomic revision of the *Arrhenatherum elatius* grasslands of central Italy. *Fitosociologia*. 48. 23 – 40.
- Allen, V. G., Segarra, E. 2001. Anti-quality components in forage: Overview, significance, and economic impact. *Journal of Range Management*. 54. 409 – 412.
- Andueza, D., Rodrigues, A. M., Picard, F., Rossignol, N., Baumont, R., Cecato, U., Farruggia, A. 2015. Relationships between botanical composition, yield and forage quality of permanent grasslands over the first growth cycle. *Grass and Forage Science*. 71. 366 – 378.
- Aufrère, J., Carrère, P., Dudilieu, M., Baumont, R. 2008. Estimation of nutritive value of grasses from semi-natural grasslands by biological, chemical and enzymatic methods. *Grassland Science in Europe*. 13. 426 – 428.
- Aydin, I., Uzun, F. 2005. Nitrogen and phosphorus fertilization of rangelands affects yield, forage quality and the botanical composition. *European Journal of Agronomy*. 23. 8 – 14.
- Ball, D. M., Collins, M., Lacefield, G. D., Martin, N. P., Mertens, D. A., Olson, K. E., Putnam, D. H., Undersander, D. J., Wolf, M. D. 2001. Understanding forage quality. American Farm Bureau Federation Publication 1-01. Park Ridge II. s. 17.
- Bijelić, Z., Tomić, Z., Ružić-Muslić, D. 2011. The effect of nitrogen fertilization on production and qualitative properties of sown grassland in the system of sustainable production. *Biotechnology in Animal Husbandry*. 27. 615 – 630.
- Boval, M., Cruz, P., Ledet, J. E., Coppry, O., Archimede, H. 2002. Effect of nitrogen on intake and digestibility of a tropical grass grazed by Creole heifers. *The Journal of Agricultural Science*. 138. 73 – 84.
- Brown, W. F., Kalmbacher, R. S. 1998. Nutritional Value of Native Range and Improved Forages: A Perspective from Central and South Florida. 47. Annual Florida Beef Cattle Short Course. 79 – 87.
- Bruinenberg, M. H. 2003. Forages from intensively managed and semi-natural grasslands in the diet of dairy cows. PhD Thesis Wageningen University. Wageningen (The Netherlands). 184 s.

- Bruinenberg, M. H., Valk, H., Korevaar, H., Struik, P. C. 2002. Factors affecting digestibility of temperate forages from seminatural grasslands: a review. *Grass and Forage Science*. 57. 292 – 301.
- Brum, O. B., López, S., García, R., Andrés, S., Calleja, A. 2009. Influence of harvest season, cutting frequency and nitrogen fertilization of mountain meadows on yield, floristic composition and protein content of herbage. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 38. 596 – 04.
- Bumane, S. 2010. The influence of NPK fertilization on *Lolium perenne* L. forage quality. *Agronomy Research*. 8. 531 – 536.
- Buxton, D. R. 1996. Quality-related characteristics of forages as influenced by plant environment and agronomic factors. *Animal Feed Science Technology*. 59. 37 – 49.
- Čámská, K., Skálová, H. 2012. Effect of low-dose N application and early mowing on plant species composition of mesophilous meadow grassland (*Arrhenatherion*) in Central Europe. *Grass and Forage Science*. 67. 403 – 410.
- Český úřad zeměměřický a katastrální. 2016. Souhrnné přehledy o půdním fondu z údajů katastru nemovitostí České republiky. ČÚZK. Praha. 76 s. ISBN: 978-80-86918-90-7.
- ČHMÚ. 2017. Historická data. Územní srážky. Územní teploty [online]. portal.chmi.cz [cit. 2017-03-06]. Dostupné z <<http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/zakladni-informace>>
- 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. 454 – 465.
- Čunderlík, J., Martincová, J. 2013. Sledovanie produkčných a kvalitatívnych parametrov poloprírodného trávneho porastu při diferencovanej výžive. In: Britaňák, N., Hanzes, L', Pollák, Š. *Ekológia trávneho porastu*. Centrum výskumu rastlinnej výroby. Piešťany. s. 38 – 42. ISBN: 987-80-89417-48-3.
- Dickson, T. L., Gross, K. L. 2013. Plant community responses to long-term fertilization: changes in functional group abundance drive changes in species richness. *Oecologia*. 173. 1513 – 1520.
- Doležal, P. 2006. Objemná statková krmiva. In: Zeman, L. (ed.) *Výživa a krmení hospodářských zvířat*. Profi Press. Praha. s. 102 – 125. ISBN: 80-86726-17-7.

- Duffková, R., Hejcman, M., Libichová, H. 2015. Effect of cattle slurry on soil and herbage chemical properties, yield, nutrient balance and plant species composition of moderately dry Arrhenatherion grassland. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 213. 281 – 289.
- Duffková, R., Libichová, H. 2013. Effects of cattle slurry application on plant species composition of moderately moist Arrhenatherion grassland. *Plant Soil and Environment*. 59. 485 – 491.
- Duru, M. 1997. Leaf and stem In Vitro digestibility for grasses and dicotyledons of meadow plant communities in spring. *Science of Food and Agriculture*. 74. 175 – 185.
- Duru, M., Ducrocq, H. 1997. A nitrogen and phosphorus herbage nutrient index as a tool for assessing the effect of N and P supply on the dry matter yield of permanent pastures. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 47. 59-69.
- Duru, M., Ducrocq, H. 2000. Growth and senescence of the successive grass leaves on a tiller. ontogenic development and effect of temperature. *Annals of Botany*. 85. 635 – 643.
- Elgersma, A., Søegaard, K. 2017. Changes in nutritive value and herbage yield during extended growth intervals in grass-legume mixtures: effects of species, maturity at harvest, and relationships between productivity and components of feed quality. *Grass and Forage Science*. 72. 1 – 16.
- Frydrieh, J., Andert, D., Kovaříček, P., Tippl, M. 2010. Hospodaření na půdě ve zranitelných oblastech se zřetelem na trvalé travní porosty [online]. *Biom.cz* [cit. 2016-09-29]. Dostupné z <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/hospodareni-na-pude-ve-zranitelnych-oblastech-se-zretelem-na-trvale-travni-porosty>>.
- Fulkerson, W. J., Neal, J. S., Clark, C. F., Horadagoda, A., Nandra, K. S., Barchia, I. 2007. Nutritive value of forage species grown in the warm temperate climate of Australia for dairy cows: Grasses and legumes. *Livestock Science*. 107. 253 – 264.
- Gaisler, J., Fiala, J., Spoustová, B. 1998. The changes of botanical composition and yield in dependence on the type of grassland and fertilization. *Rostlinná výroba*. 44. 39 – 44.
- Gomide, J. A., Noller, C. H., Mott, G. O., Conrad, J. H., Hill, D. L. 1969. Mineral composition of six tropical grasses as influenced by plant age and nitrogen fertilization. *Agronomy Journal*. 61. 120 – 123.
- Greene, L. W., Pinchak, W. E., Heitschmidt, R. K. 1987. Seasonal dynamics of minerals in forages at the Texas experimental ranch. *Journal of Range Management*. 40. 502 – 506.
- Güsewell, S., Koerselman, W. 2002. Variation in nitrogen and phosphorus concentrations of wetland plants. *Plant Ecology, Evolution and Systematic*. 5. 37-61.

- Hájková, P., Hájek, M., Blažková, D., Kučera, T., Chytrý, M., Řezníčková, M., Šumberová, K., Černý, T., Novák, J., Simonová, D. 2010. Louky a mezofilní pastviny. In: Chytrý, M. (ed.). Vegetace České republiky 1. Travinná a keříčková vegetace. Academia. Praha. s. 165 – 280. ISBN: 978-80-200-1896-0.
- Hejčman, M., Klauďisová, M., Šustra, J., Pavlů, V., Schellberg, J., Hejčmanová, P., Hakl, J., Rauch, O., Vacek, S. 2007. Revisiting a 37 years abandoned fertilizer experiment on *Nardus* grassland in the Czech Republic. *Agriculture, Ecosystem and Environment*. 118. 231 – 236.
- Hloučalová, P., Novotná, M., Horký, P., Skládanka, J., Knot, P. 2015. Effect of fertilization on grassland quality [online]. MendelNet 2015 [cit. 2016-11-25]. Dostupné z <https://mnet.mendelu.cz/mendelnet2015/articles/60_hloucalova_1168.pdf>
- Hofmann, M., Isselstein, J. 2005. Species enrichment in an agriculturally improved grassland and its effects on botanical composition, yield and forage quality. *Grass and Forage Science*. 60. 136 – 145.
- Homolka, P. 1998. Systémy hodnocení energie a dusíkatých látek krmiv. In: Kudrna, V. (ed.). *Produkce krmiv a výživa skotu*. Agrospoj. Praha. s. 172 – 180.
- Homolka, P., Tománková, O., Komprda, T., Frydrych, Z. 1996. Hodnocení dusíkatých látek krmiv pro přežvýkavce podle systému PDI. ÚZPI. Praha. 33 s.
- Hrevušová, Z., Hejčman, M., Pavlů, V., Hakl, J., Klauďisová, M., Mrkvička, J. 2009. Long-term dynamics of biomass production, soil chemical properties and plant species composition of alluvial grassland after the cessation on fertilizer application in the Czech Republic. *Agriculture, Ecosystem and Environment*. 130. 123 – 130.
- Hrevušová, Z., Hejčman, M., Hakl, J., Mrkvička, J. 2014. Soil chemical properties, plant species composition, herbage quality, production and nutrient uptake of an alluvial meadow after 45 years of N, P and K application. *Grass and Forage Science*. 70. 205 – 218.
- Chytrý, M. 2010b. Vymezení vegetačních jednotek a jejich interpretace. In: Chytrý, M. (ed.). *Vegetace České republiky 1*. Travinná a keříčková vegetace. Academia. Praha. s. 19 – 35. ISBN: 978-80-200-1896-0.
- Chytrý, M., Hejčman, M., Hennekens, S. M., Schellberg, J. 2009. Changes in vegetation types and Ellenberg indicator values after 65 years of fertilizer application in the Rengen Grassland Experiment, Germany. *Applied Vegetation Science*. 12. 167-176.

- Jankowski, K., Jodelka, J., Sosnowski, J. 2013. The influence of nitrogen fertilization applied in different doses on fodder quality of meadow sward. *Journal of Ecological Engineering*. 14. 59 – 62.
- Kahmen, S., Poschlod, P. 2008. Effects of grassland management on plant functional trait composition. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 128. 137 – 145.
- Kašparová, J., Šrámek, P. 2007. Vliv způsobu obhospodařování na produkci a botanické složení. In: Míka, V. (ed.). *Sborník příspěvků z mezinárodní vědecké konference na téma Multifunkční obhospodařování a využívání travních porostů v LFA*. Výzkumný ústav pro chov skotu, s.r.o. Rapotín. s. 94-97. ISBN: 978-80-87144-00-8.
- Klika, J. 1955. *Nauka o rostlinných společenstvech (Fytocenologie)*. Nakladatelství Československé akademie věd. Praha. 360 s.
- Klimeš, F., Kolář, L., Květ, J., Opitz von Boberfeld, W., Laser, H. 2007. Methodological aspects in the study of species richness, diversity and homotony of grass cover. *Plant Soil and Environment*. 53. 33 – 41.
- Kohoutek, A., Komárek, P., Nerušil, P., Odstrčilová, V. 2007. Přísevy jetelovin a trav do trvalých travních porostů. *Výzkumný ústav rostlinné výroby*. Praha. 34 s. ISBN: 978-80-87011-19-5.
- Kohoutek, A., Komárek, P., Nerušil, P., Odstrčilová, V., Hrabě, F., Rosická, L., Šrámek, P., Kašparová, J., Gaisler, J., Fiala, J., Pozdíšek, J., Mičová, P., Svozilová, M., Jakešová, H. 2008. Effects of intensity of fertilization and cutting frequency on forage quality and diversity of permanent grassland in Central Europe in 2003-2007. *Grassland Science in Europe*. 13. 595 – 597.
- Kučera, T., Šumberová, K. 2010. Louky a pastviny. In: Chytrý, M., Kučera, T., Kočí, M., Grulich, V., Lustyk, P. (eds.). *Katalog biotopů České republiky*. Ed. 2. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. Praha. s. 165 – 189. ISBN: 978-80-87457-03-0.
- Kvapilík, J., Kohoutek, A. 2009. *Chov přežvýkavců a trvalé travní porosty*. VÚŽV a VÚRV. Praha. 25 s. ISBN: 978-80-7403-039-0.
- Launchbaugh, K. L., Provenza, F. D., Pfister, J. A. 2001. Herbivore response to anti-quality factors in forages. *Journal of Range Management*. 54. 431 – 440.
- Lloyd, L. E., Jeffers, H. F. M., Donefer, E., Crampton, E. W. 1961. Effect of four maturity stages of timothy hay on its chemical composition, nutrient digestibility and nutritive value index. *Journal of Animal Science*. 20. 468 – 473.
- Loučka, R. 1998. Konzervace a skladování objemných krmiv. In: Kudrna, V. (ed.) *Produkce krmiv a výživa skotu*. Agrospoj Praha. Praha. s. 71 – 101.

- Martin, B., Verdier-Matz, I., Buchin, S., Hurtaud, C., Coulon, J. B. 2005. How do the nature of forages and pasture diversity influence the sensory quality of dairy livestock products? *Animal Science*. 81. 205 – 212.
- Mayland, H. F., Grunes, D. L. 1974. Magnesium concentration in *Agropyron desertorum* fertilized with Mg and N. *Agronomy Journal*. 66. 79 – 82.
- McDowell, L. R., Valle, G. 2000. Major minerals in forages. In: Givens, D. I., Owen, E., Axford, R. F. E., Omed, H. M. (eds.) *Forage evaluation in ruminant nutrition*. CABI Publishing, Wallingford (UK). s. 373 – 398. ISBN: 0851993443.
- Michaud, A., Andueza, D., Picard, F., Plantureux, S., Baumont, R. 2011. Seasonal dynamics of biomass production and herbage quality of three grasslands with contrasting functional compositions. *Grass and Forage Science*. 67. 64 – 76.
- Míka, V. 1997a. Kvalita píce a výživa přežvýkavců. In: Míka, P. (ed.) *Kvalita píce*. Ústav zemědělských a potravinářských informací. Praha. s. 10 – 29. ISBN: 80-96153-59-2.
- Míka, V. 1997b. Sacharidy a fenolické látky v buněčných stěnách. In: Míka, P. (ed.) *Kvalita píce*. Ústav zemědělských a potravinářských informací. Praha. s. 70 – 87. ISBN: 80-96153-59-2.
- Míka, V., Kohoutek, A., Komárek, P. 1997. Vliv „prostředí“ na kvalitu píce. In: Míka, P. (ed.) *Kvalita píce*. Ústav zemědělských a potravinářských informací. Praha. s. 32 – 42. ISBN: 80-96153-59-2.
- Míka, V., Kohoutek, A., Nerušil, P. 2008. Spektroskopie v blízké infračervené oblasti (NIR). Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha. 48 s. ISBN: 978-80-87011-53-9.
- Míka, V., Paul, Ch. 1985. Charakteristika změn ve výživné hodnotě píce vybraných odrůd trav a jetelovin v průběhu jejich jarního a podzimního růstu. *Rostlinná výroba*. 31. 95 – 108.
- Mikyska, F. 2009. Kvalita objemných krmiv od roku 1997 do roku 2008. *Kvalita a konzervace objemných krmiv. Náš chov (Speciál) – Konzervace 2009*.
- Mládek, J., Juráková, J. 2011. Using phenological progression and phenological complementarity to reveal potential for late grassland harvest. *Grassland Science in Europe*. 16. 139 – 141.
- Moravec, J. 1994. Analýza a popis rostlinného společenstva. In: Moravec, J. (ed.) *Fytcenologie*. Acadamia. Praha. s. 63 – 86. ISBN: 80-200-0457-2.
- 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. *Roslinná výroba*. 48. 494 – 498.
- Mudřík, Z. 1998. Význam živin pro skot. In: Kudrna, V. (ed.) *Produkce krmiv a výživa skotu*. Agrospoj Praha. Praha. s. 130 – 145.
- Novák, J. 2004. Evaluation of grassland quality. *Ekológia*. 23. 127 – 143.
- Novák, J. 2008. *Pasienky, lúky a trávniky*. Patria I. spol. s.r.o. Prievidza. 708 s. ISBN: 978-80-85674-23-1.
- Pavlů, V., Gaisler, J., Pavlů, L., Hejzman, M., Ludvíková, V. 2012. Effect of application and abandonment on plant species composition of *Festuca rubra* grassland. *Acta Oecologica*. 45. 42 – 49.
- Pecháčková, S., Hadincová, V., Münzbergová, Z., Herben, T., Krahulec, F. 2010. Restoration of species-rich, nutrient-limited mountain grassland by mowing and fertilization. *Restoration Ecology*. 18. 166 – 174.
- Pirhofer-Walzl, K., Sørensen, K., Høgh-Jensen, H., Eriksen, J., Sanderson, M. A., Rasmussen, J., Rasmussen, J. 2011. Forage herbs improve mineral composition of grassland herbage. *Grass and Forage Science*. 66. 415 – 423.
- Pozdíšek, J. 1997. Dusíkaté látky. In: Míka, P. (ed.) *Kvalita píce. Ústav zemědělských a potravinářských informací*. Praha. s. 47 – 69. ISBN: 80-96153-59-2.
- Pozdíšek, J., Mikyska, F., Loučka, R., Bjelka, M. 2008b. Metodická příručka pro chovatele k výrobě konzervovaných krmiv (siláží) z víceletých pícnin a trvalých travních porostů. Výzkumný ústav pro chov skotu. Rapotín. 39 s. ISBN: 978-80-87144-06-0.
- Pozdíšek, J., Štýbnarová, M., Kouhoutek, A., Svozilová, M., Rzonca, J. 2008a. Forage quality by animal fertilizer applications and by different grassland management. *Grassland Science in Europe*. 13. 498 – 500.
- Přikryl, J. 2012. Termín a způsob sklizně a úprava pokosu před sklizní. In: Doležal, P. (ed.). *Konzervace krmiv a jejich využití ve výživě zvířat*. Mendelova univerzita v Brně. Olomouc. s. 53. ISBN: 978-80-87091-33-3.
- Raleigh, R. J., Rumburg, C. B., Wallace, J. D. 1964. Digestibility of native flood meadow hay at different stages of growth. *American Society of Animal Science*. 15. LVII – 5.
- Raus, J., Knot, P., Skládanka, J., Kvasnovský, M., Sochorec, M., Alba Mejía, J. E., Hrabě, F. 2014. Effect of cutting pattern and fertilization level on species diversity and evaluation of grassland quality. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 62. 1087 – 1093.

- Regal, V., Veselá, M. 1981. Hlavní typy přirozených lučních porostů. Sborník Vysoké školy zemědělské v Praze – Fakulta agronomická. Řada A. 35. 167 – 181.
- Richards, D. E., Hawk, V. B. 1945. Palatability for sheep and yield of hay and pasture grass. Station Bulletin 431. Oregon State System of Higher Education. 52 s.
- Romero, J. J., Castillo, M. S., Burns, J. C., Moriel, P., Davidson, S. 2015. Forage quality: Concepts and practices. North Carolina Cooperative Extension. College of Agriculture and Life Sciences. 5 s.
- Roukos, C., Papanikolaou, K., Karalazos, A., Chatzipanagiotou, A., Mountousis, I., Mygdalia, A. 2011. Changes in nutritional quality of herbage botanical components on a mountain side grassland in North-West Greece. *Animal Feed Science and Technology*. 169. 24 – 34.
- Rychnovská, M., Balátová-Tuláčková, E., Úlehlová, B., Pelikán, J. 1985. Ekologie lučních porostů. Academia. Praha. 292 s.
- Schellberg, J., Mösel, B. M., Kühbauch, W., Rademacher, I. F. 1999. Long-term effects of fertilizer on soil nutrient concentration, yield, forage quality and floristic composition of a hay meadow in the Eifel mountains, Germany. *Grass and Forage Science*. 54. 195 – 207.
- Skládanka, J. 2012. Termín sklizně víceletých píceň. In: Doležal, P. (ed.). Konzervace krmiv a jejich využití ve výživě zvířat. Mendelova univerzita v Brně. Olomouc. s. 54 – 56. ISBN: 978-80-87091-33-3.
- Skládanka, J., Hrabě, F. 2008. Effect of fertilization and cutting frequency on botanical composition, diversity and grassland quality. *Agriculture*. 54. 1 – 13.
- Skládanka, J., Hrabě, F., Heger, P. 2008. Vliv intenzity hnojení a využití na druhovou diverzitu a kvalitu travního porostu. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 56. 131 – 138.
- Suchý, P., Straková, E. 2006. Látky antinutriční a škodlivé. In: Zeman, L. (ed.) *Výživa a krmení hospodářských zvířat*. Profi Press. Praha. s. 33 – 50. ISBN: 80-86726-17-7.
- Sultan, J. I., Inam-Ur-Rahim, Nawaz, H., Yaqoob, M., Javed, I. 2008. Mineral composition, palatability and digestibility of free rangeland grasses of northern grasslands of Pakistan. *Pakistan Journal of Botany*. 40. 2059 – 2070.
- Sun, X., Luo, N., Longhurst, B., Luo, J. 2008. Fertiliser nitrogen and factors affecting pasture responses. *The Open Agricultural Journal*. 2. 35 – 42.
- Tvrzník, P., Zeman, L. 2005. Stopové prvky ve výživě zvířat. Výzkumný ústav živočišné výroby. Praha. 52 s.

- ÚKZÚZ. 2015. Stanovení obsahu vlhkosti a těkavých látek [online]. eAGRI [cit. 2016-12-04]. Dostupné z <http://eagri.cz/public/web/file/244485/_10001._1_Stanoveni_obsahu_vlhkosti_a_tekavych_latek.pdf>
- Urban, F. 1997. Chov dojeného skotu. Apros. Praha. 298 s. ISBN: 80-901100-7-X.
- Van Saun, J. R., Koukal, P. 2003. Výživa přežvýkavců – trávení sacharidů. Farmář. 1. 40 – 42.
- Van Saun, R. J. 2016. What is forage quality and how does it effect a feeding program? [online] The Pennsylvania State University [cit. 2016-11-14]. Dostupné z <<http://extension.psu.edu/animals/camelids/nutrition/what-is-forage-quality-and-how-does-it-effect-a-feeding-program>>
- Van Soest, P. J., Mason, V. C. 1991. The influence of the Maillard reaction upon the nutritive value of fibrous feeds. *Animal and Feed Science and Technology*. 32. 43 – 53.
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B., Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. 74. 3583 – 3597.
- Vaněk, V., Balík, J., Pavlíková, D., Tlustoš, P. 2007. Výživa polních a zahradních plodin. Profi Press, s. r. o. Praha. 167 s. ISBN: 976-80-86726-25-0.
- Velev, N., Apostolova, I., Rozbrojová, Z. 2011. Alliance *Arrhenatherion elatioris* in West Bulgaria. *Phytologia Balcanica*. 17. 67 – 78.
- Walter, J., Grant, K., Beierkuhnlein, C., Kreyling, J., Weber, M., Jentsch, A. 2012. Increased rainfall variability reduces biomass and forage quality of temperate grassland largely independent of mowing frequency. 148. 1 – 10.
- Webster, D. E., Ebdon, J. S. 2005. Effects of nitrogen and potassium fertilization on perennial ryegrass cold tolerance during deacclimation in late winter and early spring. *Hort Science*. 40. 842 – 849.
- Yang, H., Li, Y., Wu, M., Zhang, Z., Li, L., Wan, S. 2011. Plant community responses to nitrogen addition and increased precipitation: the importance of water availability and species traits. *Global Change Biology*. 17. 2936 – 2944.
- Zelenka, J. 2006. Stanovení stravitelnosti živin. In: Zeman, L. (ed.) *Výživa a krmení hospodářských zvířat*. Profi Press. Praha. s. 55 – 60. ISBN: 80-86726-17-7.
- Zeman, L. 2006. Systém hodnocení dusíkatých látek pro přežvýkavce. In: Zeman, L. (ed.) *Výživa a krmení hospodářských zvířat*. Profi Press. Praha. s. 76 – 85. ISBN: 80-86726-17-7.

Zeman, L., Veselý, P., Ryant, P., Skládanka, J., Zelenka, J. 2006. Živiny. In: Zeman, L. (ed.)
Výživa a krmení hospodářských zvířat. Profi Press. Praha. s. 11 – 32. ISBN: 80-86726-
17-7.