ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce

Vliv dlouhodobého hnojení na výnos a kvalitu trvalých travních porostů

doktorská disertační práce

Autor: **Ing. Anna Dindová**

Školitel: **doc. Ing. Josef Hakl, Ph.D.**

Konzultant: **Ing. Zuzana Hrevušová, Ph.D.**

Praha 2019

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že doktorskou disertační práci „Vliv dlouhodobého hnojení na výnos a kvalitu trvalých travních porostů“ jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího a školitele doktorandské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury.

V Domašíně dne 29. 8. 2019 ……

Poděkování

Ráda bych poděkovala všem, kteří se na předložené práci podíleli a kteří umožnili její vznik. V prvé řadě děkuji svému školiteli doc. Ing. Josefu Haklovi, Ph.D. za jeho rady, odborná doporučení a za vedení této práce. Poděkování bych chtěla vyjádřit i své konzultantce Ing. Zuzaně Hrevušové, Ph.D. za cenné připomínky k práci a za pomoc během let, kdy pokus probíhal. Velmi děkuji vedoucímu Katedry pícninářství a trávníkářství prof. Ing. Jaromíru Šantrůčkovi, CSc., za vytvoření příznivých pracovních podmínek a také vedoucímu Katedry agroekologie a rostlinné produkce prof. Ing. Josefu Soukupovi, CSc., za podmínky potřebné k dokončení studia. Dále bych chtěla poděkovat pracovníkům z Výzkumné stanice v Jevíčku za analýzy vzorků na kvalitu píce. V neposlední řadě bych chtěla poděkovat svým nejbližším, kteří mi byli velkou oporou i pomocí a bez nichž by tato práce nevznikla.

Obsah

1. Úvod 1

2. Literární přehled 2

2.1 Význam a funkce lučních porostů 2

2.2 Charakteristika lučních porostů 3

2.2.1 Hodnocení botanického složení 3

2.2.2 Stanovení výnosu a kvality píce 5

2.2.3 Luční porost typu *Arrhenatherion elatioris* 5

2.3 Faktory ovlivňující druhové složení, výnos a kvalitu píce lučních porostů 7

2.3.1 Abiotické faktory 7

2.3.2 Vliv botanického složení 8

2.3.3 Výživa a hnojení travních porostů 10

2.3.3.1 Vliv hnojení 12

2.3.4 Vliv seče 14

2.4 Nutriční složení píce 15

2.4.1 Bílkovinná hodnota 15

2.4.2 Energetická hodnota 17

2.4.3 Vláknina 18

2.4.4 Minerální látky 19

2.4.5 Sekundární metabolity a fenolické látky 19

2.5 Kvalita píce pro hospodářská zvířata 20

3. Cíle a hypotézy 24

3.1 Cíl práce 24

3.2 Hypotézy 24

4. Materiál a metody 25

4.1 Stanoviště 25

4.2 Design experimentu a rozbory půdy 25
4.3 Odběry vzorků a hodnocení funkčních skupin a druhového složení 26
4.4 Výška porostu, výnos a kvalita píce 27
4.5 Statistické vyhodnocení dat 27
5. Výsledky 29
5.1 Druhové složení, pokryvnost a počet druhů 29
5.2 Stav výnosu sušiny, hmotnostního podílu funkčních skupin a výšky porostu 31
5.3 Kvalita píce travního porostu 32
5.4 Vztah mezi vnějšími faktory a nutriční hodnotou píce vysvětlené výnosem a funkčními skupinami 33
6. Diskuze 35
6.1 Variabilita botanického složení, funkčních skupin, výnosu píce a výšky porostu. ..35
6.2 Vliv dlouhodobého hnojení na nutriční hodnotu píce 37
6.3 Vztah mezi vnějšími faktory a nutriční hodnotou píce 38
6.4 Vliv pokryvnosti funkčních skupin a hmotnostního podílu funkčních skupin na kvalitu píce 39
6.5 Vysvětlení vlivu hnojení na výnos a funkční skupiny lučního porostu 40
7. Závěry 42
8. Doporučení pro využití poznatků v praxi pro další rozvoj vědního oboru 44
9. Citovaná literatura 45
10. Přílohy 57
10.1 Seznam příloh grafů 57
10.2 Seznam příloh tabulek 57
10.3 Seznam příloh obrázků 59
11. Publikační činnost 92

1. Úvod

Pastevní a luční porosty pokrývají velkou část zemského povrchu a jsou využívány extenzivně či intenzivně a z těchto důvodů porosty dosahují výnosů v širokém rozpětí 1 - 15 t.ha^{-1} v sušině. Představují trvalá společenstva různých druhů trav, jetelovin a bylin, které jsou tradičním zdrojem živin pro hospodářská zvířata. Ačkoliv se na travní porosty v ČR hledí spíše jako na extenzivní zdroj píce, dobrou mléčnou či masnou užitkovost lze udržet i z píce z trvalých travních porostů, za předpokladu dostatečného přísunu vyváženého poměru živin pro chovaná zvířata v závislosti na jejich potřebách. Znalosti o složení porostu, vlastnostech stanoviště, typologii, proměnlivosti lučních fytocenóz v závislosti na klimatických podmínkách jsou klíčovým předpokladem pro úspěšné využívání travních porostů. Vysoká variabilita kvality a obsahu živin mezi jednotlivými druhy rostlin se může zdát jako jeden z problémů trvalých travních porostů jakožto základního krmiva hospodářských zvířat.

Hnojení travních porostů představuje základní intenzifikační opatření při jejich využívání. Ve výzkumu se věnuje nejvíce pozornosti jeho vlivu na výnos, botanické složení a ekologické funkce trvalých travních porostů. Dopady hnojení na nutriční parametry píce z travních porostů jsou sledovány mnohem méně, ačkoliv u druhově bohatých porostů, jako jsou louky a pastviny se značně liší produkce, kvalita a dynamika nutričních hodnot v porovnání s monokulturami pícních plodin či jejich jednoduchými směsmi na orné půdě. V mnoha studiích bylo botanické složení travních porostů hodnoceno z hlediska dominance druhů nebo funkčních skupin, vyjádřených procentuálním zastoupením, přičemž pokryvnost druhů nemusí zcela odpovídat skutečnému hmotnostnímu poměru druhů ve vztahu k nutriční hodnotě píce. Nicméně jen minimum studií analyzuje detailně vliv hnojení na nutriční hodnotu píce v souvislosti se změnami v zastoupení jednotlivých funkčních skupin nebo výnosu píce. Tato detailní analýza vlivu hnojení na nutriční hodnotu píce z travních porostů z dlouhodobého stacionárního lučního pokusu může přispět k optimalizaci tohoto opatření ve vztahu k následnému využití píce pro živočišnou produkci.

2. Literární přehled

2.1 Význam a funkce lučních porostů

Trvalé travní porosty zaujímají v České republice 1 007 tis. ha, tedy 24 % zemědělské půdy a jejich rozloha se stále zvyšuje, za rok 2017 stouply plochy o 4 000 ha (ČSÚ, 2018). Vlastní produkční funkce travních porostů spočívá jednak v přímé produkci biomasy, jakožto zdroje živin pro hospodářská zvířata a v nepřímé produkci, kdy jsou travní porosty zdrojem organických látek, které se po transformaci hospodářskými zvířaty stávají zdrojem humusu.

V mnoha částech Evropy je živočišná výroba založena na intenzivně využívaných travních porostech, kukuřici a jaderném krmivu, zatím co polo-intenzivní travní porosty jsou v mnoha případech nevhodně využívány. Zvýšením využívání polo-intenzivních druhově bohatých travních porostů pro pastvu nebo pro píci by mohlo vést k udržení vzájemných vztahů mezi biodiverzitou, ochranou a živočišnou produkcí (French, 2017). Přirozenou variabilitu kvality píce z travních porostů lze snížit vhodným hospodařením, ve kterém zvýšené frekvence seče poskytují píci s vyšší nutriční hodnotou (Čop et al., 2009). Intenzivně využívané travní porosty jsou obvykle hnojeny vysokými dávkami dusíku, aby se zvýšila produkce a kvalita píce (Bruinenberg et al., 2002). Adekvátní management trvalých travních porostů, který využívá přiměřenou úroveň hnojení a optimální dobu sklizně, poskytuje lepší výnos a kvalitu píce, čímž je možné snížit potřebu drahých koncentrovaných krmiv při optimalizaci krmných dávek a omezit dopad na životní prostředí (Dale et al., 2013).

Významnou roli hrají mimoprodukční funkce trvalých travních porostů, mezi které lze zařadit ochranu a tvorbu krajiny a funkce sociální a estetické. S probíhajícími klimatickými změnami bude pravděpodobně stoupat také četnost přívalových dešťů. Nejnovější studie Bauer et al. (2019), která se zabývá řešením rizik přívalových dešťů a následným splavem sedimentů v rizikových oblastech České republiky, doporučuje kromě technických opatření také přeměnu těchto lokalit na travní porosty, čímž by se mohl snížit počet vysoce rizikových lokalit z 23 400 na 3 700. S tímto souvisí přítomnost makropórů v půdě, které se přirozeně vyskytují v travních porostech, zvyšují několikanásobně intenzitu zasakování vody a brání negativním odtokovým situacím. Důležitá je také správně zvolená pratotechnika v okolí vodních zdrojů, jelikož makropóry mohou být příčinou vyplavováním živin a obohacování podzemních vod nežádoucími látkami z hnojiv a chemických postřiků (Litschmann a Straka, 2000; Alaoui, 2015). Ochrana půdy před vodní a větrnou erozí je důležitá z hlediska

obhospodařování půdy a ekologické obnovy krajiny, podle způsobu využívání krajiny dochází na travních porostech ke ztrátám jen 3,6 $t.ha^{-1}$ půdy za rok, v porovnání s plodinami pěstovanými na poli, kde to může být i desetkrát vyšší hodnota (Xiong et al., 2019). Travní porosty také poskytují vysoké množství mrtvé organické hmoty, která zvyšuje úrodnost půdy a obohacuje půdu o humus, což zlepšuje strukturu půdy. Mezi důležitou vlastnost travních porostů patří fytoremediace, především fytotransformace a rhizosferní bioremediace, kdy dochází ke snižování kontaminujících látek (herbicidů, dusičnanů, fosfátů, pesticidů) z prostředí. Mezi typické rostliny lze zahrnout trávy (kostřava, troskut, žito, rákos) a bobovité (jetel, vojtěška), kdy s rostoucí druhovou diverzitou rostlin je možné stimulovat mikrobiální aktivitu, která může napomáhat degradaci nežádoucích látek v půdě (Soudek et al., 2008; Bandowe et al., 2019). Vhodně zvolený management daného travního porostu podporuje druhovou diverzitu stanoviště, která také napomáhá k udržení ekologické stability (Gałka et al., 2005; Čop et al., 2009; Čámská a Skálová, 2012; Gaujour et al., 2012).

2.2 Charakteristika lučních porostů

Louky jsou podle Rychnovské et al. (1985) považovány za ekosystémy s převahou vytrvalých mezofytních trav a bylin, na nichž dochází k pravidelnému exportu rostlinné biomasy pro hospodářské účely mimo tento ekosystém. Smíšená společenstva trvale travních porostů jsou z pícninářského hlediska tříděna do tří základních agrobotanických skupin: trávy, jeteloviny a ostatní byliny. Na zamokřených stanovištích se dále významně vyskytuje další skupina podobná travám, mezi níž zahrnujeme čeleď šáchorovité a sítinovité (Velich, 1996). Do určité míry suboptimální podmínky pro tvorbu biomasy vedou u přirozených travinných porostů k bohatšímu botanickému složení, a naopak optimální nebo supraoptimální podmínky pro tvorbu biomasy redukují druhovou diverzitu a vedou k dominanci jednoho nebo více druhů, které jsou přizpůsobeny těmto stanovištním podmínkám (Rychnovská et al., 1985). Porosty s málo hodnotnými druhy je možné zlepšovat neradikálním způsobem pomocí hnojení, využíváním, přísevem nebo jejich kombinací, popřípadě způsobem radikálním, při němž dochází ke zrušení stávajícího porostu a založení nového (Velich, 1996).

2.2.1 Hodnocení botanického složení

Možnosti klasifikace lučních společenstev jsou z hlediska jejich rozmanité druhové skladby často komplikovaná. Proto také existuje více metod, které se zabývají tříděním lučních společenstev z různých hledisek.

Třídění travinných ekosystémů z hlediska vysetých kulturních luk a luk polokulturních vyhovuje klasifikace podle fyziognomicko-floristického hlediska, které vychází z výskytu dominantních a subdominantních druhů rostlin, které jsou charakterizovány z hlediska jejich projektivního nebo váhového podílu. Na základě určení jednotlivých druhů nebo agrobotanických skupin můžeme sledovat jejich reakci na daný zásah, například na vliv hnojení. U přirozených lučních porostů, je doporučována klasifikace z hlediska floristicko-cenologického, pro bližší získání stanovištních podmínek, která je budována na základě výskytu charakteristických a diferenciálních druhů, kterou se zabývá Aćić et al. (2013). Stanovené druhy na lučním porostu úzce souvisí s přímými ekologickými faktory, které často indikují i minulý stav porostu a jeho možný vývoj. Například stav po odvodnění nebo po hnojení, čímž se zabývala práce Hrevušové et al. (2015), z čehož je možné dojít k rozhodnutí, zda je vhodné dané stanoviště nechat beze změny, nebo zvolit pratotechnická opatření zvyšující kvalitu a produktivitu porostu. S přihlédnutím na vlastnosti prostředí (klimatické poměry, topografické umístění a vlastnosti stanovitě), na hodnotu porostů, výnosnost a potenciál využití je možné travinné porosty třídit podle ekologicko-floristického hlediska, kdy je typ porostu udáván druhovou kombinací nápadnějších druhů (Chytrý, 2007). Proměna společenstev v čase i prostoru, která je ovlivněna především vodním režimem a úrovní minerální výživy, je tříděna z hlediska syngeneticko-floristického. Díky tomuto roztřídění je možné při praktickém hodnocení lučních stanovišť zkoumat působení ekologického stupně na kvalitu a produktivitu porostu (Rychnovská et al., 1985). Z tohoto typu hodnocení také vychází práce Hofmanna and Isselsteina (2005), kteří brali v úvahu počet stanovených druhů, růst a budoucí vývoj vyskytujících se rostlin a jejich následné změny v botanické skladbě.

Pro stanocení druhového složení se využívá váhová metoda, kterou se stanovuje podíl jednotlivých druhů v procentech z celkové hmotnosti sušiny. Metoda je velmi přesná, pracná a časově náročná, je zde problém s reprezentativností výsledků v souvislosti s velikostí odběrových plošek a jejich nezbytným počtem. Vzhledem k těmto důvodům byly navrženy nepřímé metody stanovení biomasy, mezi které například patří odhad pokryvnosti jednotlivých druhů v procentech (Moravec et al., 2000). Metoda procentuálního odhadu zastoupení jednotlivých druhů rostlin v trvalých travních porostech je vhodná, vzhledem k tomu, že nemusí být znám přesný počet odnoží zejména u travinných druhů a zároveň je tato metoda považovaná za nedestruktivní (Klapp, 1938; Novák, 2008).

2.2.2 Stanovení výnosu a kvality píce

Výnos nadzemní biomasy travního porostu je možné stanovit přímo pomocí váhové metody, nebo nepřímo, stanovením např. produkce dusíkatých látek (NL). Tyto metody jsou destruktivní a mohou na sebe případně navazovat. Při sestřihu porostu ve výšce 5 cm, kdy se napodobuje hospodářské využívání porostu, se dále posuzuje objem celkové nadzemní biomasy a výnos sušiny (Rychnovská, 1987).

Pro zlepšení ekonomiky a zvýšení čistého zisku jsou známy různé metody odhadu výnosu píce travních porostů. Produkci nadzemní biomasy je možné odhadnout pomocí nedestruktivních metod, například využitím vztahu měřením výšky porostu a výnosu. Jak uvádějí Trott et al. (2002), Radtke et al. (2010) nebo Fricke et al. (2011), je přesnějších odhadů dosahováno zvýšením počtu opakování nebo použitím různé měřící techniky (talířové měřidlo, laserové skenování, ultrazvuk). Příkladem jsou výsledky Hejcmana et al. (2012), kde byla stlačená výška porostu měřena týdně pomocí talířového měřidla (rising plate meter).

Metodu NIRS (Near Infrared Spectroscopy) je možné využít pro zjišťování nutričních parametrů píce, jako jsou sušina, NL, tuk, vláknina, popel, PDI (protein skutečně stravitelný v tenkém střevě), NEL (netto energie laktace), OMD (stravitelnost organické hmoty) a další, nejen u píce z trvalých travních porostů, ale i u pícních plodin pěstovaných na orné půdě (Míka et al., 2001; Míka et al., 2003; Islam et al., 2012; Ul-Allah et al., 2014). Metoda NIRS pro hodnocení kvality píce splňuje požadavky laboratorních testů, které by měly být rychlé, opakovatelné a v přímé korelaci s užitkovostí zvířat (Casler and van Santen, 2010).

2.2.3 Luční porost typu *Arrhenatherion elatioris*

V lukařství je důležité rozlišovat jednotlivé typy lučních porostů, v závislosti na shodných či podobných vlastností stanoviště, mezi které patří půda, vlhkost, klima, obhospodařování. Tyto znalosti jsou potřebné pro plánovité vytváření optimálních lučních porostů a jsou nápomocné pro stanovení jednotlivých melioračních opatření (Moravec et al., 2000). Travní porost lze převést na kulturní luční typ úpravou vodního režimu, systematickým hnojením, frekvencí, dobou a výškou seče. Tyto zásahy upravují konkurenční schopnost různých druhů (Regal a Veselá, 1981). Z hlediska výživnosti substrátu lze *Arrhenatheretalia* rozdělit podle Ačić et al. (2013) do tří podskupin: typ porostu vyskytující se v nížinných a pahorkatinných polohách, který zároveň odpovídá pokusnému stanovišti této práce, je typický výskytem dominantního druhu *Arrhenatherum elatius*. Tento porost poskytuje 5 až 6 $t.ha^{-1}$ kvalitního sena a dále se

zde může uplatnit *Dactylis glomerata* a *Alopecurus pratensis*. V horských oblastech jsou rozšířeny kvalitní typy s *Trisetum flavescens* s výnosností 1,5 až 5 $t.ha^{-1}$. Při nadměrném hnojení mohou vznikat porosty s převažujícími druhy, jako jsou např. *Anthriscus sylvestris* a *Heracleum sphondylium*. Další typ je nejrozšířenější v pahorkatinné oblasti převážně ve svahových polohách, poskytuje 1,5 až 3 $t.ha^{-1}$ středně hodnotného sena. Z druhů se zde zpravidla vyskytují *Festuca rubra, Agrostis tenuis* a *Anthoxanthum odoratum*. Poslední typ, s převládajícím *Holcus mollis,* se vyskytuje v údolních polohách, které jsou chudé na živiny (Aćić et al., 2013; Rodríguez-Rojo et al., 2014; Rychnovská et al., 1985; Šilc et al., 2014). Nejběžnějším porostovým typem v centrální Evropě je *Arrhenatherion elatioris,* běžně je možné na něm nalézt 50 – 70 druhů cévnatých rostlin, což poskytuje také významný semenný zdroj pro udržení a obnovu těchto porostů. Mezofilní ovsíkové a kostřavové louky (*Arrhenatherion elatioris*) jsou ovlivňovány pravidelnou sečí a patří mezi kulturní luční typ. Ovsík vyvýšený nesnáší pastvu, proto patří k typickým lučním druhům. Travní dominanty jsou na lučních porostech doplněny vytrvalými širokolistými bylinami (Chytrý, 2007). Vedle trav se zde také vyskytují jetele, *Trifolium pretense, Lotus corniculatus* a další mezofytní druhy, *Achillea millefolium, Leucanthemum vulgare*. Ovsíkové porosty mohou také vznikat přeměnou jílkových porostů v důsledku snížené frekvence sečí, kdy dochází k omezení přístupu světla k nízce rostoucím druhům (Hofmann and Isselstein, 2005).

Úrodnost půdy je dána půdním druhem, typem a vodními poměry stanoviště, travní porosty navíc obohacují půdu o organické látky a humus. Střední půdy podle Mehlicha III na loukách obsahují pH 5 – 6, P 51 – 90 $mg.kg^{-1}$, K 161 – 250 $mg.kg^{-1}$ a Mg 131 – 170 $mg.kg^{-1}$. Mezofytní stanoviště jsou z hlediska lukařství nejvhodnější pro hodnotné trávy, jeteloviny a ostatní byliny. Luční porosty jsou náročnější na vodu než polní plodiny, na tomto stanovišti je denní potřeba vody zajišťována vzlínáním podzemní vody, nebo srážkami či jejich kombinací (Velich, 1996). Při využití sklizené píce jako krmiva pro hospodářská zvířata je je nutné přizpůsobit dobu kosení nejen začátku květu nejhojněji se vyskytujících druhů, ale přihlédnout také na nejvyšší nárůst biomasy, výskyt stanoviště a optimální obsah živin v rostlinách.

2.3 Faktory ovlivňující druhové složení, výnos a kvalitu píce lučních porostů

Druhová skladba a výnos trvalých travních porostů jsou ovlivňovány ekologickými faktory prostředí a zásahy člověka. Abiotické faktory, které jsou člověkem neovlivnitelné, či jen z části ovlivnitelné, představují klimatické podmínky, orografické podmínky a edafické faktory. Mezi faktory ovlivnitelné člověk patří vodní režim, výživný režim, botanické složení a dále například intenzita kosení porostu a pasení. Důležité je hodnotit změny těchto faktorů během celého roku (Rychnovská et al., 1985; Fiala et al., 2007, Skládanka, 2014). Faktory ovlivňující druhové složení a výnos lučního porostu jsou velmi úzce provázané, proto je zde nasnadě toto propojení jednotlivých faktorů ukázat jako celek.

Na loukách jsou často zkoumány rozsáhlé účinky hnojení, a jen na několika málo dlouhodobých pokusech je popsán vliv hnojení na výnos a kvalitu píce (Schellberg et al., 1999; Honsová et al., 2007; Hrevušová et al., 2015). Řada studií zkoumá souvislost mezi vstupem živin, koloběhem živin v půdě a výživnou hodnotou krmiva nebo chemickým složením (Gierus et al., 2005; Hejcman et al., 2010). Nicméně, důvody vlivu hnojení musí být dále pečlivě prozkoumány. Van Soest et al. (1978) poznamenali, že faktory, jako jsou voda a hnojení ovlivňují kvalitu píce prostřednictvím vývoje rostlin. Pro luční porosty, existují obecně negativní vztahy mezi výnosem a kvalitou píce. Z hlediska živin v půdě, dusík hraje důležitou roli v příjmu ostatních minerálních látek do rostlin.

2.3.1 Abiotické faktory

Mezi klimatické podmínky ovlivňující druhovou skladbu a výnos travních porostů patří atmosférické srážky, teplota vzduchu, světlo a vítr. Určujícím faktorem vodního režimu je začátek vegetačního období a jeho dynamika v průběhu roku, proto bývají hodnoty průměrné hladiny podzemní vody pro určitý typ lučního porostu často nedostačující. Atmosférické srážky jsou významné pro druhovou skladbu a vývoj travinných porostů tam, kde nemohou být nahrazeny jiným zdrojem vláhy (Gough et al., 2000). Průměrné roční srážky jsou také jedním z důležitých environmentálních faktorů pro denitrifikaci, která ovlivňuje ztrátu dusíku a produkci skleníkových plynů v půdách (Kou et al., 2019). Jak uvádějí Regal a Krajčovič (1963), produktivnost travních porostů je ovlivňována průměrnými ročními srážkami a teplotou, kdy při nižších teplotách než je průměrná roční teplota dochází ke zkrácení vegetační doby a následně ke snížení produkční schopnosti trav. Výsledky z dlouhodobého

pokusu Vozár et al. (2012) ukazují, že se zvyšujícími srážkami byl v porostu snížen podíl trav. Pro porozumění reakcí travních porostů na klimatické vlivy je důležité snažit se porozumět všem působícím klimatickým vlivům a místním podmínkám stanoviště.

Výnos a druhovou skladbu ovlivňují orografické podmínky, zejména nadmořská výška, reliéf a expozice terénu a svažitost. Vzhledem k hloubce prokořenění u lučních porostů (do 80 – 120 cm) je druhové složení dáno především půdními vlastnostmi horního reliéfu. S nadmořskou výškou dochází ke snižování teploty a zhoršují se půdní podmínky a možnost pratotechniky. Na druhou stranu se s nadmořskou výškou zvyšují úhrny srážek a intenzita slunečního záření, čímž je urychlována tvorba biomasy a proto je možné i na těchto stanovištích dosahovat dobré produkce luční píce (Skládanka, 2014). Za vysokých teplot dochází u trav ke ztenčování stébel a rychlejšímu dozrávání, jež vede k rychlejší lignifikaci pletiv a snížení stravitelnosti píce. Střídání mrazu a tání způsobuje vyplavování živin a prodýchání stravitelných součástí, zmrzlá píce navíc nadýmá. Vodní deficit zpomaluje růst rostlin, zvyšuje podíl listů ke stéblům (lodyhám). Lze říci, že má pozitivní vliv na kvalitu píce, ale zároveň významně snižuje výnos. Kvalita píce se obecně zlepšuje v důsledku stoupající fotosyntetické aktivity, kdy dochází ke kumulaci jednoduchých sacharidů (Buxton, 1996).

Edafické faktory, které se podílejí na produkci a druhové skladbě lučních porostů, jsou geologický podklad, půdní druh, půdní typ, půdní reakce a obsah humusu. Hloubka půdního profilu ovlivňuje také například hluboko kořenící druhy, které se často vyznačují svou vyšší kvalitou (*Arrhenatherum elatius, Alopecurus pratensis, Festuca pratensis*), podzemní části rostlin se také vzájemně ovlivňují (tzv. „alelopatie“) specificky působícími látkami, které vznikají při látkové výměně (Rychnovská et al., 1985).

2.3.2 Vliv botanického složení

Studium sezónní dynamiky je klíčem k pochopení rozmanitosti travních porostů v rámci probíhajících změn ve využívání půdy. V současné době dochází k poklesu biodiverzity v druhově bohatých travních porostech, které souvisejí s ukončením hospodaření, eutrofizací a expanzí dominantních druhů (Doležal et al., 2019). Podíl jednotlivých botanických skupin je také dán jejich růstovým optimem během roku, které u trav odpovídá jaru a částečně podzimu, u jetelovin létu a u ostatních bylin většinou jaru. Druhově bohaté travní porosty mají vyšší předpoklady k přizpůsobivosti místním podmínkám a také jejich výnosy bývají vyrovnanější během sezóny, jelikož každý druh dosahuje svého produkčního vrcholu

v různém termínu. Za hlavní výnosotvornou složku travního porostu jsou považovány trávy (Velich, 1996). Výsledky Elsaessera a Engela (2016) ukazují zvýšení průměrného výnosu také po přisetí jetele lučního do trvalých travních porostů. Choroby rostlin snižují výnos i kvalitu píce, zatímco škůdci snižují více výnos než kvalitu (Míka et al., 1997).

Andueza et al. (2010) popsali změny v nutriční hodnotě píce z trvalých travních porostů během první růstové fáze a zjistili, že botanické složení a funkční skupiny rostlin jsou významnými faktory při vysvětlování těchto rozdílů. Současně se změnou botanického složení může být pozměněn poměr obsahu nutričních látek v píci, trávy poskytují vyvážený poměr energetické hodnoty a NL (jen v mladé píci je vysoký), jeteloviny jsou bohaté na NL a minerální látky (Ca, Mg, mikroprvky) a ostatní byliny obsahují rozdílný poměr nutričních látek, který závisí na rostlinném druhu (Velich, 1996). Dusíkaté látky v píci mohou být naředěny zvýšením výnosu a listové plochy bylin nebo může zůstat koncentrace NL konstantní při výrazném nárůstu výnosu (Duffková et al., 2015; Lemaire et al., 2008; Schellberg et al., 1999). Jeteloviny v píci mají obvykle vyšší obsah NL než trávy (Ergon et al., 2017; Romano, 2017), proto v travních porostech může N-hnojení snížit obsah NL ve sklizené píci v důsledku jeho vlivu na snížení podílu jetelovin v píci (Dale et al., 2013). Změny botanického složení v travním porostu jsou také spojeny se změnami stravitelnosti organických látek (OMD) a chemického složení píce (Bruinenberg et al., 2002). Andueza et al. (2010) ve své práci ukázali, že rostoucí podíl bylin (mimo jetelovin) v travních porostech může vést ke snížení OMD. Studie také naznačuje, že pokryvnost trav patří mezi důležité faktory ovlivňující OMD v rané fázi vegetace, zatímco podíl bylin je důležitější v pozdních fázích vegetace. Následně Andueza et al. (2016) stanovili vztah mezi převládajícími druhy a parametry kvality píce z trvalých travních porostů v průběhu prvního vegetačního cyklu. Kromě obecného vlivu mezidruhových rozdílů na kvalitu píce se druhy z polopřirozených travních porostů liší svou fenologií, z čehož vyplývá, že vývojové stádium travních druhů a bylin může značně ovlivňovat kvalitu píce (Duru, 1997). Zvýšení výnosu v travních porostech prostřednictvím minerálního hnojení může zvyšovat obsah vlákniny a následně snížit stravitelnosti organických látek (Dale et al., 2013) a netto energie laktace (NEL) (Čop et al., 2009). U jednotlivých botanických druhů je možné zaznamenat jejich pící kvalitu podle Nováka (2004) a na základě jednoduchého výpočtu krmné hodnoty píce stanovit další pratotechnická opatření, která zlepší kvalitu trvalého travního porostu.

2.3.3 Výživa a hnojení travních porostů

Pěstování trvalých travních porostů zaujímá významné postavení v zemědělské výrobě, které přispívá k úrodnosti půdy, hromadění humusu a jeteloviny obohacují půdu dusíkem. Pícniny, jsou také představiteli vhodných předplodin, které kořenovými sekrety příznivě ovlivňují půdní mikroflóru (Regal a Krajčovič, 1963). Půdní vlastnosti biologické, chemické a fyzikální přímo nebo nepřímo ovlivňují dynamiku a dostupnost živin v půdě. Produkce plodin je závislá na úrodnosti půdy, která je krátkodobě i dlouhodobě ovlivnitelná. Pro zemědělské účely jsou rozhodující především chemické a fyzikální vlastnosti půdy, které určují potenciál půdy k produkci plodin (Roy et al., 2006). Rostlinné živiny odebrané při sklizni píce je možné nahrazovat z půdních zdrojů, z atmosféry nebo hnojením. Rozdíl mezi organickými a minerálními hnojivy je především v různé zásobě živin, které jsou poskytovány rostlinám. Anorganické formy hnojiv poskytují více dostupných živin než formy organické, které zase zvyšují obsah organické hmoty v půdě a hodnoty pH, kdy pH mezi 4 a 5 zvyšuje dostupnost živin (Gaujour et al., 2012).

Příjem živin trvale travními porosty podle Roy et al. (2006):

- Travní porosty v mírném klimatu (trvalý travní porost – vysetý/úhor, výnos sušiny kolem 10 $t.ha^{-1}$):
    - makroživiny ($kg.ha^{-1}$): N 300, P_2O_5 80, K_2O 300, MgO 34, CaO 84, S 24
    - mikroživiny ($g.ha^{-1}$): Fe 1000, Zn 400, Mn 1600, Cu 80
- Travní porosty v mírném klimatu (porost jetelovinotrav, výnos sušiny 8 $t.ha^{-1}$):
    - makroživiny ($kg.ha^{-1}$): N 320, P_2O_5 69, K_2O 240, MgO 33, CaO 189, S 25
    - mikroživiny ($g.ha^{-1}$): Fe 1500, Zn 260, Mn 880, Cu 80, Mo 5
- Tropické travní porosty (výnos sušiny 8 $t.ha^{-1}$):
    - makroživiny ($kg.ha^{-1}$): N 170, P_2O_5 46, K_2O 240, MgO 34, CaO 28, S 16
    - mikroživiny ($g.ha^{-1}$): Fe 640, Zn 240, Mn 560, Cu 56, Mo 2,4, B 160

Tvorbu nových stébel a listů po sečích je potřeba podpořit dodáním minerálních látek a energie do půdy. Minerální hnojiva jsou aplikována v období, kdy jsou rostlinami nejlépe využity. Pro dusík, hořčík a fosfor je to jarní období na začátku vegetace při intenzivním růstu trav. Draslík je aplikován po první seči, kdy se zamezuje nadměrné koncentraci K v píci a

zároveň je zajištěna vyrovnaná výživa travního porostu (Velich a Mrkvička, 1988). Aplikace hnojiv je závislá na době působení jednotlivých hnojiv a důležitá je také pravidelnost a dávkování (Fiala et al., 2007). Živiny, které jsou odstraněny z porostu pastvou, jsou z velké části navráceny močí a výkaly. Je-li čerstvá nebo suchá biomasa využita na seno nebo na siláž jako krmení pro hospodářská zvířata, měly by být odstraněné živiny o to více dodány zpět do půdy.

V Evropě je kladen důraz na snižování dusičnanů v podzemních vodách, zplavovaných z travních porostů. Předpokladem je nízký vstup dusíku z minerálních hnojiv použitých v travnatých porostech. Fiala et al. (2007) uvádějí, že při dávkách dusíku vyšších než 150 kg.ha^{-1} dochází k ekonomickým ztrátám a přebytečný dusík v půdě může být vyplavován do podzemních vod. Mrkvička et al. (2007) potvrdili, že luční porosty mají vysokou retenční schopnost, z dlouhodobých pokusů je zřejmé, že potenciální úniky živin do hydrosféry jsou pod sečně využívanými trvalými travními porosty řádově nižší než ztráty vyplavením u orných půd.

Prvkem nejvíce zastoupeným v rostlinách je dusík, který tvoří 2 – 4 % sušiny rostlin. Dusík je rostlinami absorbován jako nitrátový (NO_3^-) nebo amonný (NH_4^+) iont. Je součástí chlorofylu a všech proteinů. Rozhoduje o tmavě zeleném zbarvení stonku a listů, rychlosti růstu, větvení a odnožování, produkci listů, velikosti a tvorbě výnosu. V rostlině je využíván jako nitrátový iont, nebo může být v kořenech redukován a transportován v organické formě jako aminokyselina či amid (Roy et al., 2006). Působení dusíku v rostlinách úzce souvisí také s dostupností síry. Nedostatek síry v půdě má za následek omezení syntézy proteinů v rostlinách, a následně je dusík v rostlinných pletivech kumulován jako nebílkovinný ve formě nitrátů, volných aminokyselin a amidů (Gierus et al., 2005).

Dodávaný dusík statkovými nebo minerálními hnojivy je nejdříve využíván trávami a bylinami na úkor jetelovin. Gierus et al. (2005) vysvětlují snížený příjem dusíku travními porosty v závislosti na minerálním hnojení. Hlavními zdroji dusíkaté výživy travních porostů jsou dusíkatá hnojiva a vzdušný dusík, který je biologicky poután symbiotickými mikroorganismy. Podle směrnice 91/676/EHS nemá množství použitých statkových hnojiv překročit 170 kg N.ha^{-1}. Aplikace dusíku by měla být prováděna po seči a nejlépe před deštěm, zejména u močoviny (Roy et al., 2006). Pokud je na jaře na začátku vegetace udržován vyšší podíl jetelovin na loukách, dávky dusíku by neměly překračovat 60 kg.ha^{-1}. Při nižším podílu jetelovin by měly být dávky dusíku 60 – 150 kg.ha^{-1}, tyto dávky je účelnější dělit ke každé seči (Velich, 1996). Samotné N-hnojení na počátku zvyšuje výnos píce, ale po

vyčerpání ostatních živin produkce klesá. Při intenzivnějším využívání porostu se u mladých rostlin zvyšuje potřeba dusíku v půdě. Dusík nejvíce ovlivňuje růst rostlin a také jejich kvalitu, zejména v důsledku zvyšování koncentrace proteinů. Nicméně při dodání vysokých dávek dusíku, mohou být tvořeny škodlivé látky, které následně negativně ovlivní kvalitu rostlin. Hnojení dusíkem je uzpůsobováno výnosům a způsobu využití stanoviště.

Na loukách je třeba hnojit hořčíkem při výnosech vyšších než 3,5 $t.ha^{-1}$ sušiny, nejčastěji dolomitickým vápencem. Minerální hnojiva je třeba aplikovat v termínech, kdy je rostliny nejlépe využijí. Pro dusík, hořčík a fosfor je to na jaře v začátku vegetace, kdy je nejintenzivnější růst trav (Fiala et al., 2007). Hořčík nejčastěji bývá deficitním v travách, zejména na písčitých půdách. Fosfor a draslík mají malou pohyblivost v půdě, proto nedochází k jejich nedostatku a vyplavováním neohrožují podzemní vody. Fosfor zlepšuje využití ostatních živin a příznivě působí na kvalitu píce, především zvyšuje obsah dusíkatých látek. Včasnou sečí a PK-hnojením na půdách s jejich nedostatkem jsou podporovány jeteloviny. U draslíku je častější jeho nadbytek, který zhoršuje kvalitu píce, její chutnost a nepříznivě ovlivňuje zdraví zvířat. Při nadbytku draslíku v půdě je přijímán lučním porostem v nadměrném množství bez odpovídajícího přírůstku výnosu (Velich, 1996). Proto je draslík na loukách aplikován po první seči, protože na jaře je jeho obsah v píci nejvyšší, díky uvolňování draslíku přes zimu. Při hnojení minerálními hnojivy jsou dávky P, K a Mg uzpůsobovány výnosové úrovni a zásobě těchto prvků v půdě (Velich a Mrkvička, 1988; Fiala et al., 2007).

Pro dobrou produkční schopnost travních porostů je aplikace NPK-hnojení jen při optimálním rozmezí pH v půdě. Při dávkách vyšších jak 200 $kg.ha^{-1}$ dusíku a výnosech vyšších než 8 $t.ha^{-1}$ sušiny dochází na loukách k poklesu pH. V těchto případech je dobré $CaCO_3$ doplnit hnojením. Vápník zvyšuje mineralizaci a uvolňování dusíku, proto je vápněním při rozorávce drnu zvyšováno riziko vyplavování dusičnanů (Fiala et al., 2007).

2.3.3.1 Vliv hnojení

Odvozem biomasy dochází k odčerpávání živin z půdy, proto je nutné tyto živiny pravidelně doplňovat. Hnojení může do značné míry ovlivňovat druhovou diverzitu porostu. Jak uvádí Mrkvička (1991) hnojením jsou podporovány vzrůstné druhy rostlin, které potlačují méně vzrůstné a často méně hodnotné až plevelné druhy. N-hnojení podporuje vysoké druhy trav a druhy nitrofilní (Hejcman et al., 2007; Honsová et al., 2007; Čámská a Skálová, 2012; Pavlů et al., 2012). Gałka et al. (2005) a Honsová et al. (2007) popisují snížení počtu druhů se

zvyšujícími dávkami N. Snížení diverzity se zvýšeným používáním hnojiv ve své práci hodnotí Hejcman et al. (2007), kteří dále posuzují negativní dopad hnojení na ohrožené druhy. Interakci P a N hnojení ve vztahu se snížením podílu jetelovin v důsledku zvyšování dávek hnojení popisují Gaujour et al. (2012) a Polat et al. (2007). Negativní působení N-hnojení na růst jetelovin se následně může projevit na kvalitě píce. Obdobný efekt N-hnojení na snižování počtu druhů je možné pozorovat v různých terestriálních rostlinných společenstev s výjimkou například suchých alpinských tunder, kde byl pozorován opačný vliv (Gough et al., 2000). Nicméně P-hnojiva do určité míry podíl jetelovin v porostu zvyšují (Gałka et al., 2005; Beltman et al., 2007; Hejcman et al., 2012; Vozár et al., 2012; Kok, 2013), přičemž pokryvnost bylin a jetelovin je na variantách s N-hnojením snížena. Půdní podmínky, pozdní a nízká frekvence sečí mají podle výsledků Čop et al. (2009) nepříznivý vliv na podíl jetelovin i přes dodání PK-hnojení. Pokud je ale PK-hnojení dodáno na půdách chudých na tyto prvky, projeví se to pozitivně na pokryvnosti jetelovin (Pavlů et al., 2012). Čop et al. (2009) zjistili, že účinek hnojení na dominantní funkční skupiny byl větší než účinek různých režimů sečí. Podle Velicha (1996) vápnění a hnojení fosforem na půdách s velmi nízkým pH podporuje zakořeňování přisévaného porostu a potlačuje konkurenční schopnost starého porostu. Willems and van Nieuwstadt (1996) popisují významný vliv složení hnojiv, a především mnohem delší účinek fosforu než dusíku na druhovou diverzitu travního porostu. Hejcman et al. (2007) zkoumali vliv aplikace hnojiv na druhovou skladbu po čtyřiceti letech, kdy byla v listech ještě patrná zvýšená koncentrace P a N. Výsledky Čop et al. (2009) ukazují zvyšování druhové diverzity při extenzivní pastvě a při oddálené první sečí a nízkých dávkách hnojiv. Tuto teorii také potvrzují Skládanka a Hrabě (2008), jejichž výsledky diverzity dosahovaly nejvyšších hodnot na nehnojených variantách. Pro zachování vysoké druhové diversity trvalých travních porostů je vhodné pravidelně tyto porosty obhospodařovat (Doležal et al., 2019). Gaujour et al. (2012) popisují změnu botanického složení nejen v závislosti na obsahu živin v organických hnojivech, ale také ve vztahu s půdní zásobou semen a vlastnostmi půdy.

Výše výnosů trvalých travních porostů dále souvisí s rychlostí a intenzitou odnožování jednotlivých druhů i s rychlostí obrůstání, tyto pochody je možné podpořit hnojením. Při optimálním hnojení minerálními látkami je podporována kvalita a produkce trvalých travních porostů. Nejvyšší reakce na N-hnojení bývá zaznamenána po první aplikaci na jaře, která je způsobena změnou mikrobiální aktivity v půdě a růstem kořenového systému. Následná aplikace N během roku nezpůsobuje tak znatelný nárůst biomasy, pravděpodobně

přizpůsobením se porostu na zvýšenou dostupnost N (Hejcman et al., 2012). Fiala et al. (2007) popisují pokles výnosů se zvyšujícími se dávkami dusíku v závislosti na produkčním potenciálu půdy a průběhu meteorologických podmínek. Jak uvádějí Mrkvička a Veselá (2002a) z pokusů lučního porostu na mezofytním stanovišti bylo dosaženo nejvyšších výnosů při hnojení N (+PK) oproti nehnojené kontrole a variantě s PK-hnojením. Zvýšení výnosu při vyšší aplikaci živin (zejména N) je často dokumentováno u hnojení minerálními hnojivy (Štýbnarová et al., 2011; Čámská a Skálová, 2012; Hejcman et al., 2012; Hrevušová et al., 2015) a organickými hnojivy (Duffková a Libichová, 2013; Duffková et al., 2015), omezený příjem N může snížit výnos píce a obsah NL. Beltman et al. (2007) potvrdili vyšší výnos na variantách s N-hnojením na trvalém travním porostu v záplavové oblasti. V posledních desetiletí byl také prokázán nedostatek síry v travních porostech, proto Gierus et al. (2005) zkoumali různé poměry dávek N a S hnojení na travní porost. Autoři zjistili významný vliv na zlepšování chemického složení a výnosu porostu při aplikaci N 300 kg.ha^{-1} a S 25 kg.ha^{-1}. Vyšší dávky síry už výnos sušiny neovlivňovaly.

2.3.4 Vliv seče

Druhově bohatá luční společenstva využívají různé hloubky půdního profilu i různé roviny nadzemního porostu. Dominantní postavení druhů v porostu je dáno například rychlostí růstu, schopností rozšiřovat se podrůstáním nebo prorůstáním a schopností odolávat kosení či spásání. Po sečích jsou zvýhodněné především druhy s rychlou regenerací a časnou dobou dozrávání v porovnání s druhy, které kvetou a dozrávají v pozdním létě, u nichž následně může docházet k postupnému ústupu z porostu. Seč by se měla uskutečnit v době metání nejhojněji se vyskytujících druhů rostlin, tehdy je nejvyšší nárůst biomasy a optimální obsah živin v rostlinách (Rychnovská et al., 1985). Vyšší frekvence sečí během vegetační doby může zvyšovat počet rostlinných druhů na stanovišti (Šantrůček et al., 2002; Hofmann and Isselstein, 2005). Tuto teorii také podporují výsledky Pavlů et al. (2011), ale zároveň tvrdí, že zvýšením intenzity frekvencí sečení nedochází na travních porostech k významným změnám v počtu druhů, které vysvětluje potlačením vysokých druhů. Podle Velicha (1996) je včasnou 1. sečí podporován růst nízkých výběžkatých druhů trav, kdy se s vyšším počtem sečí zvyšuje konkurenční schopnost méně vzrůstných druhů a hustota drnu. Vliv intenzity managementu travních porostů zkoumali také Louault et al. (2005), kteří došli k závěru, že se zvyšující intenzitou využívání porostu je zvyšován podíl nízkých druhů rostlin (*Poa pratensis, Trifolium repens, Taraxacum* sect. *Ruderalia*) a zároveň je snižován počet druhů v porostu.

Výsledky Čámské a Skálové (2012) z lučního porostu typu *Arrhentherion elatioris* podporují tvrzení, že brzká seč (polovina května) snižuje podíl vysokých druhů trav. V sečně využívaných porostech ubývá podíl bylinných druhů s přízemní růžicí, které se více objevují na pasených nebo kombinovaně využívaných porostech (Ansquer et al., 2009). Kvítek et al. (1998) uvádějí, že při jednosečném využití a vynechání hnojení porostu dochází k vzestupu dvouděložných bylin na úkor leguminóz, které v některých případech zcela vymizí. Velich (1996) uvádí, že s počtem sečí se výnos snižuje, a to tím více, čím je úrodnost stanoviště a úroveň hnojení nižší. Na druhou stranu je zvyšována kvalita píce a obsah stravitelných živin. Kvítek et al. (1998) a Svobodová et al. (2004) sledovali vliv mulčování na výnos sušiny v porovnání se sečným využitím porostu a zjistili vyšší výnosy u mulčované varianty. Toto zjištění vysvětlují rozkladem mulčované hmoty a uvolněním živin do porostu. Pozdní termín seče, například z důvodu nepříznivých povětrnostních podmínek, poskytuje píci s velkým rozptylem koncentrace NL 90 – 140 $g.kg^{-1}$ (Romano, 2017).

2.4 Nutriční složení píce

Chemické složení píce je závislé hlavně na fázi růstu, době sklizně, míře znečištění, částech rostlin, hnojení a uskladnění. Jak uvádějí Regal a Krajčovič (1963), obsah živin je ovlivňován dobou seče, kdy nejvíce živin je u trav obsažen před a v době metání. V době květu dochází k rychlému poklesu nejdůležitějších živin a stárnutím trav rychle přibývá obsah vlákniny (ligninu) a křemičité kyseliny, s tím dále souvisí pokles stravitelnosti organické hmoty. Z čehož vyplývá, že vysoká proměnlivost chemického složení dána mimo jiné histologickou strukturou a morfologickou stavbou rostlin. Mezi téměř kompletně stravitelná pletiva patří parenchym, mezofyl, floém a kolenchym (celulózová pletiva), naproti tomu téměř nestravitelná pletiva zahrnují sklerenchym, xylém a u trav i kutikulu (Míka et al., 1997).

2.4.1 Bílkovinná hodnota

Bílkovinná hodnota vychází z obsahu a kvality bílkovin, v moderních systém je hodnocena především jako příjem aminokyselin. Systém PDI představuje hodnocení, které posuzuje úroveň krytí požadavku na přívod aminokyselin podle množství bílkovin skutečně vstupujícího do tenkého střeva, zohledňuje mikrobiální fermentaci v bachoru, degradaci dusíkatých látek (NL) krmiva i rozdílné využití NL vstupujících do tenkého střeva. Dusík je v rostlinách kumulován jako dusík nebílkovinný (NPN) v různých formách (nitráty, volné aminokyseliny a amidy). Vliv N-hnojení na nebílkovinné frakce může významně ovlivňovat

celkový obsah N v píci, jelikož 10 až 35 % z celkového N je tvořeno NPN. Zatímco obsah NPN v píci je pro přežvýkavce méně výhodný, N zabudovaný v bílkovinách je hodnotnější (Gierus et al., 2005). Za určitých okolností může být nadbytečné množství bílkovinného dusíku vyloučeno močí. K tomu dochází, pokud je protein příliš rychle degradován v bachoru na amoniak, který není dále syntetizován na protein mikrobiální z důvodu nedostatku energie. Výhodnější možností je, pokud bílkoviny projdou bachorem nedegradovány, aby mohly být degradovány ve střevech, kde je absorpce účinnější (Buxton, 1996). Dusíkaté látky v píce je možné zvýšit N-hnojením, brzkou první sečí nebo zvýšením podílu jetelovin v porostu. S délkou dne se také zvyšuje obsah N a zároveň je snižován poměr listů ke stéblům.

Přidáním N-hnojení je zvyšována koncentrace NL u trav, ale přesto je koncentrace NL obvykle vyšší u jetelovin. Vyšší koncentrace NL se mimo jiné projevuje sytější zelenou barvou porostu (Buxton, 1996; Beltman et al., 2007; Hejcman et al., 2012). Koncentrace NL je ovlivněna reakcí jednotlivých druhů na hnojení dusíkem a jejich potencionální produkční schopností, jak například popisuje Islam et al. (2012) u řepky nebo Ul-Allah et al. (2014) u jetele alexandrijského, ovsa, čiroku či kukuřice. Pokles obsahu dusíkatých látek je vyšší při jednorázové aplikaci N-hnojení na začátku vegetace v porovnání s aplikací dělenou ke každé seči (Regal a Veselá, 1977). N-hnojení může způsobit hromadění nitrátů až na toxickou úroveň. Pouze při dávkách N-hnojení vyšších jak 400 $kg.ha^{-1}$ byla v píci zjištěna vysoká hodnota nitrátů, která byla kritická pro výrobu siláží a sena (Gierus et al., 2005). Jak uvádějí Čop et al. (2009), s vyšším počtem sečí se snižuje nutriční hodnota porostu, zároveň se zvyšuje koncentrace NL a dochází ke snížení obsahu strukturálních sacharidů. Kvalitní píce pro hospodářská zvířata obsahuje 119 – 156 $g.kg^{-1}$ dusíkatých látek (Hejcman et al., 2012), podle Buxtona (1996) 70 $g.kg^{-1}$ pro masný skot a 190 $g.kg^{-1}$ pro mléčný skot.

Jeteloviny jsou obecně špatně udržitelné v trvalých travních porostech, vzhledem k tomu, že jsou méně tolerantní k vyšším frekvencím sečí a v intenzivním hospodaření jsou limitovány N-hnojením (Herrmann et al., 2014; Luescher et al., 2013). Podle Hofmann and Isselstein (2005) je možné přisetím jetelovin (*Trifolium pratense* a *Lotus corniculatus*) zvýšit koncentraci dusíku v píci. Toto tvrzení podporují také výsledky Elsaesser and Engel (2016), z nichž je patrné, že i po třech letech se správným managementem je možné v trvalém travním porostu udržet jetel luční a zvýšit tak koncentraci NL. Obecně v travních porostech, kde byl vyšší podíl bylin (zároveň i jetelovin), koncentrace NL dosahovala vyšších hodnot. Při samostatné aplikaci P-hnojení je koncentrace NL v píci zvyšována, v důsledku zvyšování podílu jetelovin, které mají vysokou koncentraci NL. Jeteloviny (27,4 $g.kg^{-1}$ N) mohou

dosahovat až dvojnásobku obsahu N v sušině v porovnání s travami (13,9 $g.kg^{-1}$ N) (Khalsa et al., 2012; Kok, 2013). I přes vyšší koncentraci NL, jsou v jetelovinách pro přežvýkavce hůře využitelné vzhledem k relativně nízké dostupnosti energie, i proto je krmení pící z trvale travních porostů výhodnější (Buxton, 1996). Tonn et al. (2010) u trav popisují kolísání koncentrace N v závislosti na termínu dozrávání semen a dozrávání a obrůstání listů, kdežto u bylin docházelo ke kontinuálnímu poklesu koncentrace N. U vysokých druhů trav se během vegetace snížil obsah NL oproti nízkým druhům trav (Glover et al., 2004).

Nejen botanické složení porostu ovlivňuje obsah NL v píci, ale také abiotické faktory. Grant et al. (2014) popisují zvýšení kvality píce hodnocené zvýšením obsahu NL a snížením obsahu vlákniny se zvyšující se variabilitou srážek, které v této studii dosahovaly ve vegetačním období (květen – září) celkového úhrnu srážek 478, 258 a 297 mm v letech 2014, 2015 a 2016.

2.4.2 Energetická hodnota

Energetická hodnota souvisí s chemickým složením píce a OMD (stravitelnost organické hmoty). Důležitým ukazatelem nutriční hodnoty je schopnost krmiva uhradit požadavky zvířete na energii. Fotosyntetická energie se transformuje na sacharidy v Calvinově cyklu, tyto sacharidy jsou výchozími látkami téměř pro všechny prvotní metabolické dráhy v rostlině, které jsou pro přežvýkavce hlavním zdrojem energie v krmivu a z 90 % jsou uvolňovány v bachoru. Sacharidy jsou v rostlině zastoupeny hlavně nestrukturálními sacharidy, které dosahují nejvyšší koncentrace v pozdním odpoledni. Jsou důležitým substrátem pro posklizňovou fyziologii a uchování krmiv (Míka et al., 1997). Vysoké teploty negativně ovlivňují stravitelnost trav, vzhledem ke zvýšení podílu buněčných stěn a snížení stravitelnosti listů a stébel, což vede k následnému snížení obsahu ME (metabolizovatelná energie) (Ul-Allah et al., 2014). Koncentrace energie je zvyšována s počtem sečí, zároveň je zvýšena koncentrace dusíkatých látek a snížena vláknina. Při použití statkových hnojiv v porovnání s minerálními hnojivy je zvyšována energetická složka píce a obsah dusíkatých látek (Fiala et al., 2007). Koncentrace energie je ovlivněna mírou olistění druhů nebo raností druhů v porostu, kdy mohou být zvýhodněny pozdnější druhy, které mají při stejné době sklizně s ranými druhy měkčí a stravitelnější pletiva a vyšší koncentraci energie (Míka et al., 1997).

Brutto energii je možné stanovit kalorimetricky, metabolizovatelnou energii pro stanovení stravitelnosti energie v bilančních pokusech a po provedení korekce stravitelné

energie o ztráty energie v kvasných plynech a moči. Úroveň výživy zvířat je vyjádřena pomocí zjištěného množství přijaté stravitelné energie. Vzhledem k pracnosti zjištění hodnoty energie byly odvozeny regresní rovnice závislosti brutto energie (metabolizovatelné energie) na obsahu organické hmoty (stravitelné organické hmoty) a dusíkatých látek pro objemná krmiva a v závislosti na obsahu jednotlivých živin (stravitelných živin) u jadrných krmiv. Z důvodu stejného vlivu koncentrace energie na využití energie pro záchovu i pro produkci byly požadavky záchovy dojnic rovněž vyjádřeny v jednotce NEL, tato jednotka se také používá pro odchovaný skot do výše přírůstku 0,8 kg (Zeman, 2006).

2.4.3 Vláknina

Obsah vlákniny v sušině významně ovlivňuje kvalitupíce z trvalých travních porostů. Její obsah je ovlivňován stanovištními a klimatickými podmínkami a způsobem využívání těchto porostů. Jedná se o komplex látek v krmivu, které jsou relativně odolné vůči trávení a jsou pomalu a jen částečně pro přežvýkavce stravitelné. Tyto strukturální sacharidy zajišťují normální funkci bachoru, stimulují žvýkání, slinění, přispívají k pufrovací kapacitě v bachoru a podílejí se na regulaci příjmu píce (Buxton, 1996). Obsah vlákniny se u lučního a vojtěškového sena pohybuje v rozmezí 33,2 – 318,8 $g.kg^{-1}$ sušiny, kdy vyšší hodnoty odpovídají senu vojtěškovému (Vyskočil et al., 2008). Pozdním termínem sklizně je v píci zvyšován obsah vlákniny a zároveň je snižována stravitelnost, obsah NL a využitelných energetických složek (Fiala et al., 2007).

Neutrálně detergentní vláknina (NDF) je lehce stravitelná část vlákniny a obsahuje hemicelulózu, celulózu, lignin a lignifikované dusíkaté složky, přičemž negativně ovlivňuje příjem píce. Koncentrace NDF je obvykle vyšší u trav než u jetelovin, způsobené převážně rozdílnou koncentrací NDF v listech trav a jetelovin (Buxton, 1996). Acidodetergentní vláknina (ADF) je těžce stravitelná část vlákniny a obsahuje celulózu, lignin a lignifikované dusíkaté složky a negativně působí na stravitelnost (Givens et al., 2000). Za nestravitelnou část vlákniny je považován acidodetergentní lignin (ADL).

U většiny druhů trav dochází s postupným dozráváním ke zvyšování NDF a ADF, Glover et al. (2004) také připouštějí možnost snížení vlákniny při dozrávání, které vysvětlují novým nárůstem vegetativních výhonků v důsledku nadprůměrných srážek nebo salinitou půdy, která brání fotosyntéze a vede k následnému zeslabení buněčné stěny a snížení koncentrace vlákniny. Ul-Allah et al. (2014) toto tvrzení ještě podporují výsledky práce s N-hnojením, kdy při vysokých dávkách N a optimálním množství srážek nedocházelo

k významným změnám obsahu vlákniny. Seither et al. (2012) uvádějí vztah vysokých hodnot ADF s nízkými nutričními hodnotami travního porostu a s vysokým podílem vysokých trav. Podle závěru Hofmanna and Isselsteina (2005) je možné přisetím bylin zvýšit obsah ADF, což bylo v rozporu s jejich očekávání. Následný pokles stravitelnosti u přisetých porostů vysvětlují velkou variabilitou ve stravitelnosti různých druhů, například u *Trifolium pratense* byla stravitelnost organické hmoty vyšší než u *Trifolium repens*. Obsah vlákniny zároveň negativně koreluje s koncentrací NEL v píci. Obsah ligninu je ovlivňován rostlinným druhem, vyšších hodnot dosahuje v jetelovinách a bylinách oproti travám, při stejném termínu seče porostu a také s pořadím seče se obsah ligninu zvyšuje (Khalsa et al., 2012).

2.4.4 Minerální látky

Popel představuje zbytek po důkladném vyžíhání rostlinného materiálu při 550 °C. Nemá energetickou hodnotu a zbylé prvky se převážně vyskytují ve formě oxidů. Obsah popele se v porostu snižuje se zvyšující se dostupností vody na stanovišti a s brzkým termínem první seče, vyšší obsah popele je v porovnání s travami u bylin (Tonn et al., 2010). V lučním a vojtěškovém seně se hodnota popele pohybuje mezi 61 – 84 $g.kg^{-1}$ sušiny (Vyskočil et al., 2008). Jeden z antinutričních faktorů v píci může být také způsoben nedostatečným nebo nadbytečným množstvím minerálních látek. Ve výživě zvířat má význam pouze 20 prvků a pouze u 8 dochází někdy k jejich nedostatku: P, Na, Mg, Zn, Cu, Co, I, Se. Mezi nejzávažnější onemocnění způsobené nerovnováhou minerálních látek je hypomagnezémie, kdy dochází nejčastěji k nedostatku Mg nebo přebytku K v čerstvé píci (Casler and Santen, 2010).

2.4.5 Sekundární metabolity a fenolické látky

Krmná kvalita píce je závislá na sekundárních metabolitech některých druhů rostlin a na technologických charakteristikách píce (silážovatelnost, aerobní stabilita siláže). Sekundární metabolity často snižují chutnost, stravitelnost, příjem a také ovlivňují zdraví a kondici zvířat (Míka et al., 2001). Tyto vlastnosti působí u rostlin jako obranné mechanismy. U rostlin chemické obranné mechanismy zahrnují látky toxické, antinutriční a zhoršující využitelnost živin. Není mezi nimi jednoznačná hranice, proto lze řadu látek zařadit do více skupin (dusičnany, glykosidy, alkaloidy, fytoestrogeny, fenoly). Taniny některých leguminóz snižují chutnost píce, ale zároveň mají důležitou roli při navazování rozpustných proteinů v bachoru, čímž chrání přežvýkavce před nadýmáním. V trávách se přirozeně vyskytují endofytní houby

(rod *Acremonium*), které v hostiteli podnítí tvorbu toxických alkaloidů, avšak růst zjevně nepoškozují. Tyto houby jsou často vázány na botanické druhy a u zvířat způsobují například „kostřavové toxikózy“ či „jílkové závratě“. Obsah alkaloidů v rostlině stoupá se zvyšujícími se dávkami dusíku, teplotou (> 23 °C) a prohlubujícím se vláhovým deficitem. Sekundární metabolity mohou mít negativní vliv na aktivitu mikroorganismů v píci, které mohou snižovat fermentační procesy při výrobě senáží z trvalých travních porostů. Příkladem takových druhů jsou *Geranium pratense* a *Anthriscus sylvestris* tvořící taniny a kyselinu galovou, které na začátku fermentace mohou rychle snížit pH, inhibovat fermentaci a snížit rozklad proteinů (Lukač et al., 2012). Také *Rumex acetosa*, který obsahuje dostatečnou koncentraci vodorozpustných sacharidů, kvůli jeho vysoké hladině kyseliny šťavelové způsobuje snížení pH, čímž je omezena fermentace, růst a vývoj bakterií a kvasinek (Isselstein and Daniel, 1996). Fenolické kyseliny snižují stravitelnost buněčných stěn, jelikož jsou toxické pro bachorovou mikroflóru, jejich obsah se zvyšuje v pokročilé vegetační fázi rostlin (Míka et al., 1997). Pro hodnocení travních porostů a píce lze využít IANP (index potencionálního negativního působení), který vyjadřuje působení inhibujících látek primárního a sekundárního metabolismu v rostlinném extraktu na celulolytickou aktivitu fungálních celuláz, a tedy na průběh trávení (Míka et al., 2001). Tuto jednoduchou, rychlou a opakovatelnou metodu, která odhaduje potenciál bylin inhibovat enzymatické účinky během trávení, stanovil Scehovic (1995). Míka et al. (1998) stanovili u několika druhů (*Alchemilla sp., Plantago lanceolata, Taraxacu officinale*) s vysokou stravitelností také vysoké hodnoty IANP, které se vyskytují u druhů s nízkou koncentrací vlákniny a dochází k nadhodnocení kvality. Značný podíl těchto druhů v porostu může mít negativní vliv na kvalitu luční píce a také mohou zastavovat mléčné kvašení během silážování (Míka et al., 2001).

2.5 Kvalita píce pro hospodářská zvířata

Výroba nadzemní biomasy je důležitým zemědělským produktem. Pro pochopení kvantitativních a kvalitativních změn nadzemní biomasy je důležité znát také vztah nadzemní biomasy k podzemní hmotě a vlivu procesů vedoucích k těmto změnám. Výnos píce je ovlivněn především úrodností půdy, úrovní výživy, floristickým složením, počtem a termínem sečí, pastvou a průběhem počasí (Fiala *et al.,* 2007).

Dobrá kvalita je důležitá u všech rostlinných produktů, ať už se jedná o potraviny, krmivo nebo průmyslové suroviny. Kvalita píce je na loukách ovlivňována zejména vodním režimem spolu s obsahem živin v půdě (Roy et al., 2006). Přežvýkavci jsou významní

konzumenti píce, proto je důležité mít na paměti, že jejich krmení je složitý proces výživy celé komunity mikroorganismů usídlených v bachoru. Kvalita je chápána jako souhrn charakteristik, které mají schopnost pokrýt požadavky zvířete na živiny. Pokud je píce zkrmována samostatně a nejsou známy další ovlivňující faktory, stává se kvalita funkcí příjmu píce a koncentrace stravitelných živin (výživné hodnoty). Příjem i výživná hodnota jsou závislé na morfologické stavbě a chemickém složení rostliny (Míka et al., 1997). Výživná hodnota krmiva je vyjádřena bílkovinnou a energetickou hodnotou a působením krmiva na organismus zvířete. Příjem píce bývá ovlivňován mnoha vnějšími vlivy, a proto musí být hodnocen objektivně. Proměnlivost faktorů prostředí, které ovlivňují kvalitu píce i v případě, je-li píce sklízena ve stejné morfologické fázi. Porozumění vlivu vnějších faktorů vede k přesnější predikci doby sklizně píce s optimální nutriční hodnotou pro hospodářská zvířata.

Seno řadíme mezi suchá objemná krmiva, patří mezi přirozená krmiva pro přežvýkavce a koně, jelikož vyhovuje jejich fyziologickým požadavkům trávení. Kvalitní seno podporuje činnost střev, příjem krmiva, salivaci, přežvykování, posun tráveniny a brání překyselení bachorového obsahu. Z těchto důvodů je nenahraditelným objemným krmivem pro hospodářská zvířata. Vzhledem k druhu hospodářského zvířete je důležité zaměřit se na příjem dostatečného množství vyvážených živin a minerálních látek v krmné dávce. Zkrmování vojtěškového sena je potřeba omezit u dojných krav v období stání na sucho, jelikož může způsobovat nadbytek vápníku v organismu (Vyskočil et al., 2008). Chemické složení píce je velmi komplikované, a proto je důležité přihlížet na botanické složení, stáří porostu, způsob sklizně a skladování. Přijem živin dodávaný statkovou pící je zohledňován vzhledem ke konkrétnímu hospodářskému zvířeti, tabulka 1 ukazuje vypočtené potřeby živin na 1 kg sušiny podle vybraných kategorií hospodářských zvířat. Příjem živin je složitý proces, který je ovlivňován prostředím, genetickým potenciálem zvířete, procesy trávení, metabolickými přeměnami a dalšími fyziologickými pochody (Zeman, 2006).

Tabulka 1: Vypočtené potřeby NEL (MJ.kg^{-1}), dusíkatých látek a vlákniny (g.kg^{-1}) pro vybrané kategorie hospodářských zvířat podle Kavky (2003).

Kategorie hospodářských zvířat	NEL *NEV **SE	Dusíkaté látky	Vláknina
Teleta (130 kg ž.h.; přírůstek 0,6 kg.den^{-1})	*6,1	138	-
Dojnice (550 kg ž.h.; produkce FCM 8 kg.den^{-1})	4,7	97,6	204,7

Dojnice (550 kg ž.h.; produkce FCM 36 kg.den^{-1})	7,3	170,8	150,5
Jalovice mléčný typ odchov (350 kg ž.h.; přírůstek 0,6 kg.den^{-1})	5,1	105,2	251,4
Jalovice mléčný typ výkrm (350 kg ž.h.; přírůstek 0,9 kg.den^{-1})	*5,3	109,7	218,9
Býci výkrm mléčný typ (350 kg ž.h.; přírůstek 1,2 kg.den^{-1})	*6,2	113,0	175
Býci výkrm masný typ (350 kg ž.h.; přírůstek 1,2 kg.den^{-1})	*6,5	131,6	191,8
Plemenní býci (1000 kg ž.h.; přírůstek 0,1 kg.den^{-1})	*4,8	80,6	171,7
Bahnice jalové (60 kg ž.h.)	3,6	86,3	300,6
Bahnice březí (60 kg ž.h.; 2 jehňata; nad 75 dní)	4,1	109,6	255,3
Bahnice laktace (60 kg ž.h.; 2 jehňata; nad 61 dní)	5,2	130,5	247,5
Koně pracující (600 kg ž.h.; střední práce)	**8,3	73,1	304,6
Koně rostoucí (504 kg ž.h.; 18 měsíců věku)	**8,4	77,3	217,5

NEL – netto energie laktace; NEV – netto energie výkrmu; SE – stravitelná energie; ž.h. – živá hmotnost.

Potřeba dusíkatých látek v krmné dávce je jedna z nutričních složek, která je kontrolována u dojeného skotu a neměla by překročit hodnotu 190 g.kg^{-1} sušiny, jelikož by mohlo dojít k poruchám reprodukce, u sena jako produkčního krmiva je požadována hodnota 90 – 130 g.kg^{-1} dusíkatých látek. V I. fázi laktace se doporučuje 160 g.kg^{-1}, v II. fázi kolem 170 g.kg^{-1}, vyšší hodnoty dusíkatých látek v krmné dávce jsou především pro dojený skot, který má denní produkci vyšší než 20 kg mléka a ve III. fázi se doporučuje snížit příjem dusíkatých látek do 150 g.kg^{-1} sušiny (Satter and Roffler, 1975; Buxton, 1996; Čermáková et al., 2015), tyto hodnoty také korespondují s tabulkou 1. Důležitým ukazatelem nutriční hodnoty je schopnost krmiva uhradit požadavky zvířete na energii. Energetická hodnota souvisí s chemickým složením píce a stravitelností organické hmoty. Pro luční a vojtěškové seno se hodnota ME pohybuje od 7 do 10 MJ.kg^{-1} a NEL kolem 4,6 MJ.kg^{-1} sušiny. V I. fázi laktace je krmná dávka koncentrovanější v důsledku nižšího příjmu sušiny, doporučená koncentrace NEL v krmné dávce je pro dojnice 7 – 7,5 MJ na kg sušiny (Čermáková et al., 2015). Píce z trvalých travních porostů, které jsou druhově bohaté, může obsahovat podle French (2017) až o 27 % více bílkovin, 56 % více fosforu, 106 % více draslíku a o 183 % více

vápníku než obiloviny a konvenční seno, čímž tato píce splňuje nutriční požadavky pro masný skot, ovce a koně.

Stanovení příjmu sušiny metodou *in-vivo* na zvířatech není vhodné pro rutinní hodnocení, neboť ke krmným pokusům je potřeba velké množství krmiva a standardizovaná skupina zvířat. To činí tyto pokusy zdlouhavé, pracné a nákladné. Dobrovolný příjem píce je dán charakteristikami píce (fyzikálními vlastnostmi), faktory spojenými se zvířaty a aditivními účinky krmiv. Příjem krmiva roste s rostoucí stravitelností sušiny porostu, která se pohybuje mezi 50 – 67 %. Z kvalitního sena je dojnice schopná přijmout živiny až pro 10 – 12 kg mléka (Jeroch et al., 2006). Jak bylo popsáno výše, obsah sekundárních metabolitů zhoršuje příjem sušiny a naopak fyzikální úprava krmiva (šrotování a peletování) zvyšuje dobrovolný příjem a snižuje bachorovou stravitelnost. Dlouhá řezanka sena nebo siláže nezhoršuje příjem sušiny a stravitelnost v porovnání s celým senem.

Vztah mezi stravitelností a příjmem píce bývá pozitivní. OMD je zřejmá stravitelnost organické hmoty v %, která mizí během pasáže trávicím traktem, nezahrnuje popel, jelikož nemá energetickou hodnotu. Její hodnotu ovlivňuje množství živin a energie, které má hospodářské zvíře k dispozici. Buněčný obsah, který zahrnuje sacharidy, organické kyseliny, lipidy, proteiny, dusíkaté látky a většinu anorganických látek je stravitelný téměř ze 100 %. V porovnání s buněčnými stěnami, kde je stravitelnost rozdílná a závisí na poměru jejich složek (celulóza, hemicelulóza a lignin) (Čerešňáková et al., 1996). Stravitelnost píce je snižována vlivem vysokých teplot, xerofytním stanovištěm, kdy dochází ke ztluštění buněčné stěny a lignifikaci pletiv a vyšším podíl senescentního materiálu v píci. Stonky snižují stravitelnost, vzhledem k vyšší koncentraci NDF a rychlejšímu stárnutí oproti listům (Buxton, 1996).

3. Cíle a hypotézy

3.1 Cíl práce

Cílem práce je (i) zhodnotit vliv dlouhodobého hnojení na botanickou skladbu, výšku, výnos porostu a kvalitu píce na lučním porostu typu *Arrhenatherion elatioris*, (ii) analyzovat vliv interakce mezi rokem, sečí a hnojením na kvalitu píce v závislosti na výnosu píce a podílu funkčních skupin a (iii) porovnat vztah variability kvality píce v první seči k vizuálnímu odhadu pokryvnosti funkčních skupin oproti jejich hmotnostním podílům.

3.2 Hypotézy

Pro disertační práci na dlouhodobém lučním experimentu byly formulovány následující hypotézy:

Rozdílná úroveň hnojení lučního porostu typu *Arrhenatherion elatioris* má vliv na botanické složení, zastoupení funkčních skupin a produktivitu porostu.

Na základě měření výšky porostu před sečí lze odhadnout výnos sušiny porostu v první seči.

Vliv hnojení na kvalitu píce travního porostu má souvislost se změnami výnosu a zastoupením funkčních skupin.

Metoda vizuálního odhadu pokryvnosti funkčních skupin má podobný vztah ke změnám kvality píce jako hmotnostní podíl funkčních skupin v první seči.

4. Materiál a metody

4.1 Stanoviště

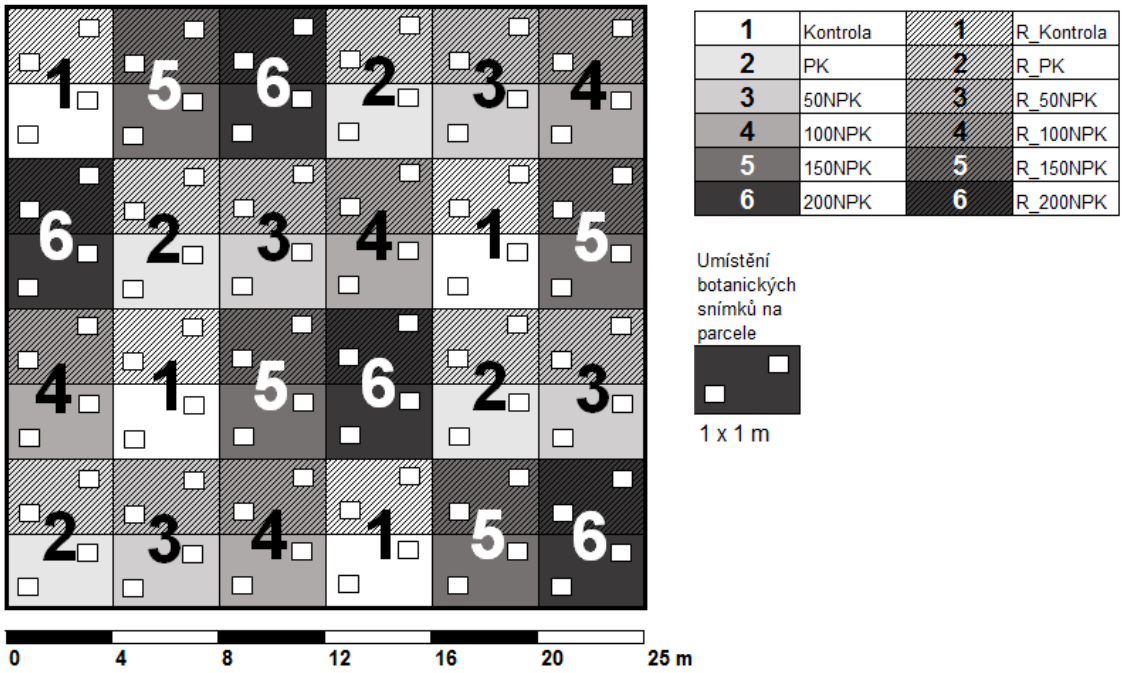
Pokusný luční porost typu *Arrhenatherion elatioris* (dle klasifikace Chytrý, 2007) se nachází u obce Senožaty (49°34'6"N, 15°11'49"E) (obrázek O1). Stanoviště mezofytního charakteru se nachází v nadmořské výšce 485 m n. m., půda je v této lokalitě hlinito-písčitá, typu kambizol. Průměrná hloubka hladiny podzemní vody je 0,65 m, průměrného ročního úhrnu srážek je 641 mm a dlouhodobý normál průměrné roční teploty je 7,0 °C. Výměnné pH půdy ($CaCl_2$) se pohybuje na úrovni 4,7. Průměrné měsíční teploty a suma úhrnu srážek za období 2014 – 2016 jsou znázorněny v grafu P1 (Meteorologická stanice Lukavec). Nejvyšší roční srážky byly zaznamenány v roce 2014. Rok 2015 byl během vegetační sezóny od června do října nejsušší (278 mm) a nejteplejší (14,9 °C). V roce 2016 bylo nejsušší období v srpnu a září.

4.2 Design experimentu a rozbory půdy

Dlouhodobý pokus s hnojením byl založen v roce 1976 se šesti variantami hnojení: nehnojená kontrola (N0 P0 K0), PK (P40 K100) a kombinace PK-hnojení se zvyšujícími se ročními dávkami N (N100, N200, N300, N400 – v $kg.ha^{-1}$). Porost byl uspořádán ve schématu (obrázek 1) znáhodněných bloků ve čtyřech opakováních (24 parcel, 4 x 6 m). V roce 1991 byly pokusné parcely rozděleny na dvě stejné části 4 x 3 m. Na jedné polovině bylo hnojení zcela ukončeno pro sledování reziduálního vlivu hnojení a na druhé polovině byla snížena roční dávka dusíku na polovinu (N50, N100, N150, N200 – v $kg.ha^{-1}$), zde je dusík dodáván na jaře ve formě ledku amonného s vápencem (LAV, $NH_4NO_3 + CaCO_3$) s obsahem dusíku 27,5 % a vápníku 8 %. Fosfor je aplikován na podzim ve formě superfosfátu ($Ca(H_2PO_4)_2 + CaSO_4$) s obsahem fosforu 8,5 %, vápníku 20 % a síry 10 % spolu s draslíkem v podobě draselné soli (KCl + NaCl) s obsahem draslíku 50 % a chloridu 47 %. Současné dávky sledovaných živin na jednotlivých variantách jsou shrnuty v tabulce T1.

V roce 2012 byly odebrány půdní vzorky z horní půdní vrstvy (20 cm). Bylo stanoveno výměnné pH půdy ($CaCl_2$) a obsahy přístupných živin (P, K, Ca a Mg) byly stanoveny podle metody Mehlich III. Půda měla kyselou reakci (pH 4,4 – 4,9) a koncentrace dostupného P byla nižší než optimální hodnota pro travní porosty. Koncentrace K, Mg a Ca nebyla pro travní porost limitující (tabulka T1).

Obrázek 1: Schéma lučního pokusu.



4.3 Odběry vzorků a hodnocení funkčních skupin a druhového složení

V letech 2014 – 2016 byla vždy na začátku června (obrázek O2), v polovině srpna a na začátku října provedena sklizeň pokusu. Seč byla prováděna prstovou žací lištou MF-70 (140 cm) na výšku strniště cca 5 cm (obrázek O3). Z každé parcely byl při sklizni odebrán průměrný vzorek (500 g), který byl následně rozdělen na dvě poloviny. První část byla uchována pro stanovení obsahu sušiny a následné měření nutriční hodnoty a druhá část byla použita pro stanovení hmotnostního poměru funkčních skupin (FGW). Vzorky pro stanovení hmotnostního poměru funkčních skupin byly rozebrány na hlavní funkční skupiny, které byly děleny dle Kubáta et al. (2002) na trávy (jednoděložné druhy z čeledi *Poaceae* + jeden druh z čeledi *Juncaceae*), jeteloviny (čeleď *Fabaceae*) a byliny (ostatní dvouděložné druhy) (obrázek O4 – O5). Senescentní materiál byl od vzorků oddělen. Jednotlivé skupiny byly samostatně usušeny při 60 °C do konstantní hmotnosti, zváženy a procentuální hmotnostní podíl funkčních skupin byl přepočten na výnos sušiny ($g.kg^{-1}$).

Vývoj botanické skladby byl hodnocen před první sečí (obrázek O6 – O7) pomocí metody odhadu projektivní dominance v letech 2014, 2015 a 2016. Metoda zachycuje procentuální pokryvnosti jednotlivých druhů na dvou pevně stanovených plochách o rozměru

1 x 1 m na každé parcele, tj. vždy osm čtverců pro každou variantu. Odhad pokryvnosti funkčních skupin byl vypočten součtem pokryvností jednotlivých druhů v každé funkční skupině. Trávy a byliny byly podle jejich udávané průměrné výšky vzrůstu ve fertilním stavu rozděleny na vysoké a nízké (tabulka T2). Tato hranice byla stanovena na výšku 0,6 m u trav a na výšku 0,4 m u bylin.

4.4 Výška porostu, výnos a kvalita píce

Stlačená výška porostu byla měřena pomocí talířového měřidla (rising plate meter) těsně před 1. sečí, vždy osmkrát na každé parcele.

Při každé seči v letech 2014 – 2016 byly zjišťovány výnosy nadzemní biomasy. Výnos čerstvé biomasy byl stanoven ze středního pásu z plochy 5,6 m^2 na parcele ve čtyřech opakováních (obrázek O8 – O10). Část vzorku, která byla určena na stanovení obsahu sušiny, byla usušena při 60 °C do konstantní hmotnosti. Pomocí přepočtu byl stanoven výnos suché hmoty v $t.ha^{-1}$ (DM). Vzhled porostu v době první seče je zobrazen na obrázku O11 – O15.

Vzorky pro stanovení obsahu sušiny byly namlety na částice, které projdou 1 mm sítem z nerez oceli a dále byly zpracovány výzkumnou stanicí v Jevíčku metodou NIR Systém 6500 s rozpětím reflektance 1100 – 2500 nm, šířka pásma 2 nm, měřeno v malých kyvetách, přičemž byly vzorky skenovány dvakrát. Kvalitativní parametry stanovené touto metodou (v $g.kg^{-1}$) byly dusíkaté látky (NL), tuky, vláknina, popel, stravitelná organická hmota (OMD) a NEL ($MJ.kg^{-1}$). Kalibrační rovnice byly vyvinuty pro travní porosty v České republice a jejich přesnost popisuje Míka et al. (2003).

4.5 Statistické vyhodnocení dat

Pro vyhodnocení vlivu hnojení, seče a roku na kvalitu píce, výnos sušiny a hmotnostní podíly funkčních skupin byla využita třífaktorová ANOVA. Pro zohlednění sezónního vlivu na kvalitu píce byla použita dvoufaktorová ANOVA, která hodnotila vliv variant hnojení v rámci každé seče během sledovaných let. Dále byla použita dvoufaktorová ANOVA pro vyhodnocení vlivu hnojení v každém roce na pokryvnost (%) funkčních skupin, počet druhů, výnos a výšku porostu. Jednofaktorová ANOVA byla uplatněna při zjištění vlivu hnojení na jednotlivé druhy v letech 2014 – 2016. Výška porostu byla posouzena vícenásobnou regresí. Významné rozdíly mezi hladinami jednotlivých faktorů byly zjištěny pomocí Tukey HSD test

($\alpha = 0,05$). Všechny tyto analýzy byly provedeny pomocí programu STATISTIKA (StatSoft, 2012).

Data o botanickém složení v první seči a nutričních hodnotách ve třech sečích byla zpracována pomocí vícerozměrných ordinačních metod. Redundanční analýza (RDA) byla využita pro stanovení vlivu hnojení a ročníku na botanické složení porostu v první seči a také k hodnocení vlivu sečí, ročníků a hnojení na nutriční charakteristiky píce. Pro posouzení poměru variability kvality píce, která by mohla být objasněna vysvětlujícími proměnnými, byl účinek jiných proměnných vyloučen jako kovariáta. Byla použita standardizace závislých proměnných. Statistická významnost první a všech ostatních kanonických os byla stanovena Monte Carlo permutačním testem (499 permutací). Všechny ordinační analýzy byly provedeny v programu CANOCO 4.5 (ter Baak and Šmilauer, 2002).

Ordinační grafy byly vytvořeny v CanoDraw (Microcomputer Power, Ithaca, NY). Graf k botanickému složení znázornuje vliv roku a hnojení (vysvětlující) na zastoupení jednotlivých druhů v první seči (zavislé proměnné). Ordinační graf ke kvalitě píce znázorňuje vztah mezi nutričními hodnotami (závislé proměnné) a rokem, sečí a hnojením (vysvětlující proměnné), kde výnos, hmotnostní podíl trav, bylin a jetelovin byly použité jako doplňkové proměnné.

5. Výsledky

5.1 Druhové složení, pokryvnost a počet druhů

Součet počtu druhů z celého pokusu byl zaznamenán v rozmezí od 50 v roce 2015 do 55 v roce 2014. Seznam a zařazení jednotlivých druhů do funkčních skupin je zaznamenán v tabulce T2, kde je uveden průměrný rozdíl pokryvnosti mezi variantami hnojení během sledovaných let. Variabilita druhového složení je patrná v grafu P3, pomocí analýzy RDA je vysvětlována ze 45 % všemi testovanými proměnnými (tabulka T3). První kanonická osa (horizontální) vysvětluje vliv hnojení z 37 % a reprezentuje dávku dusíku (kontrola vpravo, 200NPK vlevo), na které je patrný výskyt konkrétních druhů v závislosti na variantách hnojení. Vysoké druhy trav, jako jsou *Arrhenatherum elatius, Alopecurus pratensis, Poa pratensis*, dosahovaly nejvyšší pokryvnosti na variantě 200NPK ($p < 0,001$). Z grafu P3 je dále patrné, že *Lotus corniculatus, Trifolium pratense* a *Trifolium repens* jsou jednoznačně nejvíce zastoupeny na kontrole a variantě pouze s PK-hnojením. Ojedinělý výskyt jetelovin na variantách s vysokými dávkami dusíku je patrný z tabulky T2. Reakce dvouděložných druhů na hnojení je velmi individuální a tyto vztahy jsou vhodně znázorněny pomocí vícerozměrných analýz. Prostřednictvím jednofaktorové ANOVY byly zjištěny významné rozdíly ($p < 0,001$) vlivu hnojení (tabulka T2) například na pokryvnost *Anthriscus sylvestris, Glechoma hederacea*, jejíž pokryvnost se zvyšovala současně s rostoucími dávkami dusíku, zatímco u druhů *Cerastium holosteoides, Leontodon autumnalis, Leontodon hispidus, Plantago lanceolata a Ranunculus acris* pokryvnost významně klesala. Ve středu grafu se nacházejí druhy s optimem na variantě 50NPK, příkladem jsou *Achillea millefolium, Veronica chamaedrys, Taraxacum* sect., *Heracleum sphondylium* a *Stellaria graminea*. Druhá kanonická osa (vertikální, vysvětluje 3,7 %) koresponduje s vlivem roku a zobrazuje největší rozdíl mezi rokem 2014 (nahoře) a roky 2015 a 2016 (dole). Vliv roku byl průkazný $p < 0,001$ (tabulka T3) pro některé botanické druhy, kdy v roce 2014 byla nejvyšší pokryvnost u *Cerastium arvense, Stellaria graminea, Veronica sp., Trifolium pratense* a *Trifolium repens* a nejnižší u *Anthoxanthum odoratum, Arrhenatherum elatius* a *Holcus lanatus*.

Hlavní druhy z každé funkční skupiny s pokryvností (D) vyšší než 3 % na všech variantách se na celém pokusu (průměr let 2014 – 2016) vyskytovaly v sestupném pořadí takto: *Arrhenatherum elatius, Holcus lanatus, Poa pratensis, Trisetum flavescens, Alopecurus pratensis, Trifolium pratense, Leontodon hispidus, Lotus corniculatus*. Průměrné hodnoty pokryvnosti nejvíce dominantního druhu u trav, jetelovin a bylin při různých dávkách hnojení

v jednotlivých letech jsou uvedeny v tabulce T5 spolu s počtem druhů s D > 3 %. Výsledky z tabulky T5 korelují s grafem P2 a je zde patrné snižování pokryvnosti jetelovin a bylin se zvyšujícími dávkami dusíku a zároveň snižování celkového počtu druhů, které je uvedeno v tabulce T8. Pokryvnost trav byla s N-hnojením zvyšována. Také jsou zde patrné vysoké podíly druhů trav (*Arrhenatherum elatius*) a bylin (*Anthriscus sylvestris*) na více intenzivně hnojených variantách.

Porostové charakteristiky jsou blíže popsány v tabulce T6, kde je zaznamenán významný vliv roku a variant hnojení na pokryvnost vysokých druhů trav a bylin, nízkých druhů trav a bylin, jetelovin a na celkovou pokryvnost trav a bylin. Významný vliv roku nebo hnojení se projevil na počet druhů trav a bylin, u jetelovin se projevil jen významný vliv hnojení ($p < 0,05$). Interakce roku a hnojení byla významná u pokryvnosti jetelovin. Vliv variant hnojení na procentuální pokryvnost jednotlivých funkčních skupin (trav, bylin a jetelovin) před první sečí během let 2014 – 2016 je uveden v grafu P2. Vliv hnojení se během sledovaných let projevil na celkové pokryvnosti trav, bylin a jetelovin a z toho pouze u vysokých trav a nízkých bylin (tabulka T7). Vysoké druhy trav průměrnné nejnižší pokryvnosti (26 %) dosahovaly na variantách kontrola a PK, zatímco nejvyšší pokryvnosti (56 %) bylo dosaženo na variantách s dávkami dusíku 100 $kg.ha^{-1}$ a více. Nízké druhy trav během sledovaných let vykazvaly konstantní pokryvnost na všech variantách hnojení kolem 15 %. Vliv hnojení byl u bylin průkazný ($p < 0,001$) pouze pro nízké druhy ve všech letech, jejž dosahovaly nejvyšší pokryvnosti (24 %) na nehnojené kontrole a se stoupající dávkou N docházelo ke snižování pokryvnosti na 8 % na variantě 200NPK. Pokryvnost vysokých druhů bylin byla průkazná pouze v roce 2015, jinak byla velmi variabilní, nejvyšší pokryvnosti (11 %) dosahovaly na variantách 50NPK a 200NPK. Projevil se zde průkazně ($p < 0,001$) také vliv roku, kdy v letech 2014 a 2015 byla jejich pokryvnost vyšší (v průměru 13 %) v porovnání s rokem 2016, kde dosahovaly 8 % pokryvnosti (graf P2). Průkazně ($p < 0,001$) nejvyšší pokryvnost jetelovin (26 %) byla během let vždy na variantě nehnojené kontrolní a variantě s PK-hnojením. Na variantách (100, 150 a 200NPK) se během tří let podíl pokryvnosti jetelovin pohyboval od 1 do 9 %. Tabulka T7 a T8 ukazuje celkový trend změny pokryvnosti funkčních skupin a počtu druhů v jednotlivých skupinách během, který byl ovlivněn hnojením. Na tomto pokusu během sledovaných let docházelo k významnému snížení počtu druhů jetelovin a bylin a zvýšení počtu druhů trav na variantách se zvyšující se dávkou N-hnojení. Vliv hnojení na celkový počet druhů je doplněn v tabulce T7, kde je patrný trend poklesu počtu druhů se zvyšujícími se dávkami N-hnojení během sledovaných

let. Vlivem hnojení se celkový počet druhů u jetelovin snížil ze 4 na 1, u bylin ze 14 na 8 a u trav z 11 na 8 druhů.

5.2 Stav výnosu sušiny, hmotnostního podílu funkčních skupin a výšky porostu

V tabulce T9 je patrný vliv roku, seče a hnojení na výnos sušiny, hmotnostní podíl funkčních skupin a stlačenou výšku porostu. Vliv roku na roční výnos sušiny (DM), za celkový průměr variant, nebyl průkazný. Nejvyšší roční výnos sušiny byl zaznamenán v roce 2014, ve kterém zároveň byla také nejvyšší suma ročního úhrnu srážek (graf P1) a nejnižší roční výnos byl v roce 2016. Během sečí docházelo k průkaznému snižování výnosu od první ke třetí seči. Průkazný vliv roku na hmotnostní podíly funkčních skupin ukazuje, že nejnižší průměr podílu trav za všechny varianty hnojení byl v roce 2014 (653 $g.kg^{-1}$), zatímco průkazně nejvyšší hodnoty dosahovaly v roce 2015 a 2016, kolem 800 $g.kg^{-1}$. Naopak v roce 2014 nejvyššího průměru dosahovaly jeteloviny (91 $g.kg^{-1}$) a byliny (256 $g.kg^{-1}$). V roce 2015 a 2016 se hmotnostní podíl snižoval v průměru na 55 $g.kg^{-1}$ jetelovin a 142 $g.kg^{-1}$ bylin. První seč poskytla nejvyšší podíl trav 826 $g.kg^{-1}$ v porovnání s ostatními sečemi. Naopak ve druhé a třetí seči dosahovaly jeteloviny a byliny nejvyšších podílů v porovnání s první sečí. Průkazně nejnižší vliv roku na výšku porostu byl v roce 2014 oproti rokům 2015 a 2016.

Vliv roku a hnojení na stlačenou výšku porostu, výnos sušiny a hmotnostní podíl funkčních skupin je zaznamenán v tabulce T10 za roky 2014 – 2016 v první seči. Vliv roku a hnojení byl průkazný pro všechny testované proměnné. Tabulka T11 uvádí vliv hnojení na výnos sušiny, který dosahoval v první seči nejvyšších hodnot (5,4 – 7,1 $t.ha^{-1}$) na variantách s dávkami 100 a více kg $N.ha^{-1}$ oproti výnosům (2,6 – 2,9 $t.ha^{-1}$) na kontrolní nehnojené variantě. Dále je patrný vliv hnojení na výšku porostu, která má podobný trend jako výnos sušiny. Významně se lišila kontrola s průměrně 18,8 cm od variant s dávkami dusíku 50 $kg.ha^{-1}$ a více s průměrnou výškou 48,2 – 51,0 cm. Kolísání výšky porostu při vyšších dávkách N-hnojení, patrné z tabulky T11, bylo způsobeno poléhavostí porostu. Změny hmotnostních podílů funkčních skupin v tabulce T11 souhlasí s trendem výsledků pokryvností v tabulce T7. V první seči byl vždy nejvyšší hmotnostní podíl u bylin v průměru 317 $g.kg^{-1}$ na nehnojené kontrole a u jetelovin v průměru 88 $g.kg^{-1}$ – 97 $g.kg^{-1}$ na nehnojené kontrole a variantě s PK-hnojením. Nejnižší hmotnostní podíl byl na variantách s dávkami dusíku 50 a více $kg.ha^{-1}$, u bylin 62 – 95 $g.kg^{-1}$ a u jetelovin 5 – 30 $g.kg^{-1}$, v porovnání s travami, které

nejvyššího hmotnostního podílu dosahovaly na variantách s dávkami dusíku 50 a více kg.ha^{-1} v průměru 886 – 934 g.kg^{-1} oproti nehnojené kontrole 595 g.kg^{-1} (tabulka T11).

Statistické vyhodnocení vlivu roku, seče a hnojení a jejich interakce na roční výnos sušiny a hmotnostní podíly funkčních skupin v tabulce T12 ukazuje průkazný vliv všech faktorů. Pouze interakce mezi rokem, hnojením a sečí neprojevuje významný vliv na testované proměnné. Vliv hnojení na výnos píce a váhové podíly funkčních skupin v každé seči v letech 2014 – 2016 je uveden v tabulce T13. Průkazný vliv ($p < 0,001$) N-hnojení aplikovaného na jaře je viditelný na výnosu sušiny v první a druhé seči. N-hnojením byl zvýšen hmotnostní podíl (FWG) trav společně se snížením podílu jetelovin a bylin, tento efekt byl konzistentní ve všech třech sečích. Procentuální pokryvnost funkčních skupin (zjištěna pomocí metody odhadu) se shodovala se změnou hmotnostních podílů funkčních skupin, nicméně během odhadu pokryvnosti došlo k podhodnocení u trav a nadhodnocení u jetelovin a bylin v porovnání s hmotnostními podíly. Interakce zobrazené v grafu P4 a P5 mezi rokem a variantou hnojení na výnos sušiny byla průkazná pouze v druhé a třetí seči, zde je patrné, že průběh výnosu na variantách hnojení se během sledovaných let 2014 – 2016 lišil. Z grafu P6 je patrná pozitivní lineární závislost mezi výnosem sušiny a výškou rostlin, která je statisticky průkazná ($p < 0,001$). Analýza ukázala střední stupeň korelační závislosti mezi výnosem a výškou porostu ($r^2 = 0,43$) během let, lze tedy říci, že variabilita výnosu sušiny je ze 43 % vysvětlena výškou porostu. Z analýz pro jednotlivé roky byla významná lineární závislost ve všech letech 2014, 2015 a 2016 s koeficientem determinace $r^2 = 0,76$; $r^2 = 0,62$ a $r^2 = 0,76$ (graf P7 – P9). Z grafu P6 můžeme dále vypočítat, že při nárůstu porostu o 1 cm se zvýší produkce suché hmoty o 0,14 t.ha^{-1}.

5.3 Kvalita píce travního porostu

Vliv roku, seče a hnojení na kvalitu píce je uveden v tabulce T14. Rok průkazně ovlivnil obsah dusíkatých látek, popele, NEL a OMD, kdy v roce 2015 dosahovaly nejvyšších hodnot NEL a OMD spolu s nejnižšími hodnotami dusíkatých látek a popele. Nejvyšší hodnota obsahu dusíkatých látek byla zjištěna v roce 2014. V roce 2016 se všechny hodnoty nutričních parametrů, kromě NL a tuků, pohybovaly v rozmezí předchozích let. V rámci sečí hodnoty dusíkatých látek, tuku a NEL byly významně zvýšeny, zatímco vláknina významně poklesla z první seče do třetí. Hodnoty popele a OMD byly vyšší ve třetí seči v porovnání s první a druhou sečí. Hnojení významně ovlivnilo obsah dusíkatých látek, vlákniny a popele ve sklizené biomase.

Vliv hnojení na kvalitu píce samostatně v každé seči je znázorněn v tabulce T15. Stálý trend zvyšování obsahu vlákniny se zvyšujícími se dávkami dusíku je patrný ve všech sečích, zároveň je patrný mírný pokles popele, tento efekt byl nejvíce zřejmý ve druhé seči. S nárůstem vlákniny byl na variantách hnojení průkazně snižován obsah NEL v porovnání s nehnojenou kontrolou v první seči. Vyšší obsah dusíkatých látek byl průkazný na variantě N-hnojení s dávkou 200 $kg.ha^{-1}$ v první a třetí seči. Pozitivní vliv N-hnojení se u tuků projevil při druhé a třetí seči. Stravitelnost organické hmoty nebyla hnojením významně ovlivněna.

5.4 Vztah mezi vnějšími faktory a nutriční hodnotou píce vysvětlené výnosem a funkčními skupinami

Přínos testovaných faktorů na celkovou variabilitu nutriční hodnoty píce byl analyzován pomocí RDA, jejíž výstupy jsou shrnuty v tabulce T16. Zprvu RDA zkoumala přínos roku, seče a hnojení na nutriční parametry. V analýzách testované faktory vysvětlily 64,9 % variability nutričních parametrů (všechny kanonické osy). Tyto vztahy mezi nutriční hodnotou, rokem a pořadí seče jsou znázorněny v ordinačním diagramu RDA (graf P10). Nejdůležitější první kanonická osa (horizontální) představuje vliv seče (zleva doprava) vysvětlující 43,3 % variability. Vliv seče byl v negativní korelaci s vysokými hodnota vlákniny a zároveň se snižovaly ostatní nutriční parametry. Druhá kanonická osa (vertikální) představuje rok, ve kterém bylo vysvětleno 14 % variability kvalitativních znaků píce, přičemž největší rozdíl byl mezi rokem 2015 (nahoře) a 2014 (dole), rok 2016 je umístěn ve středu grafu. To odpovídá výsledkům ANOVA s nejvyššími hodnotami OMD a NEL v roce 2015 (tabulka T14).

Doplňkové proměnné ukazují trend nárůstu vlákniny a výnosu s vyšším podílem trav v píci. Vyšší podíl trav také pozitivně koreloval se OMD a NEL na druhé kanonické ose. Jeteloviny a byliny pozitivně korelovaly s obsahem dusíkatých látek a popele, ale vykazovaly tendenci ke snížení výnosu (první osa) a nižší OMD a NEL (druhá osa). Varianty hnojení jsou umístěny ve středu grafu, proto byl vliv hnojení okrajový vzhledem k velikosti vlivu seče a roku. Z tohoto důvodu byly dílčí variace analyzovány odděleně v rámci každé seče, ve kterém byl vliv roku vyloučen jako kovariáta.

RDA ukazuje, že hnojení významně vysvětluje asi 20 % variability kvalitativních parametrů v každé seči (tabulka T16). Přibližně z 50 % lze vysvětlit vliv hnojení změnami výnosů a hmotnostního podílu funkčních skupin (FGW), graf P11 ukazuje vliv a překrývání

těchto vlivů. Příspěvek výnosu a hmotnostního podílu funkčních skupin k celkové variabilitě kvality píce značně měnil a význam výnosu se snížil z 11,6 % při první seči na 2,8 % při třetí seči. Naproti tomu vliv hmotnostního podílu funkčních skupin byl přibližně stálý (5,9 – 10,4 %), ale jeho překryv s výnosem vykázal snižování od první ke třetí seči. Vliv hnojení byl snížen na polovinu po vyloučení vlivu výnosu a hmotnostního podílu funkčních skupin, ale jeho vliv zůstal významný až z 9 % vysvětlitelné variability.

V první seči bylo provedeno porovnání vlivu hmotnostního podílu funkčních skupin a pokryvnosti funkčních skupin na kvalitu píce (tabulka T13). Pokryvnost funkčních skupin dosáhla vyššího vysvětleného podílu (11,7 %, viz tabulka T16) než hmotnostní podíl funkčních skupin (8,6 %, viz graf P11) a vliv hmotnostního podílu funkčních skupin na kvalitu píce byl po vyloučení vlivu výnosu stále průkazný. Použití pokryvnosti funkčních skupin jako kovariáty snížilo význam vlivu hnojení.

6. Diskuze

6.1 Variabilita botanického složení, funkčních skupin, výnosu píce a výšky porostu.

V období 2014 – 2016 bylo v experimentu zaznamenáno 50 až 55 druhů cévnatých rostlin, což je běžné vegetační složení lučního porostu typu *Arrhenaterion elatioris* (Chytrý, 2007). K podobným výsledkům provedených na loukách ovsíkového typu došli také Čop et al. (2009) a Čámská a Skálová (2012). Aplikace rozdílných dávek minerálního hnojení vedly k významným změnám v druhovém složení travního porostu. Na variantách s vysokými dávkami N-hnojení byl dominantním druhem *Arrhenatherum elatius*. Vysoké druhy trav jako jsou *Arrhenatherum elatius, Alopecurus pratensis, Trisetum flavescens*, které dosahovali nejvyšší pokryvnosti na variantě 200NPK, výskyt těchto druhů je v souladu s výsledky Čámská a Skálová (2012) a také Čop et al. (2009), kteří dospěli k závěru, že na porostovém typu *Arrhenaterion elatioris* aplikací NPK hnojiv je zvyšován podíl vysokých trav. Výsledky tohoto experimentu také ukazují pokles počtu ostatních druhů bylin a jetelovin s rostoucími dávkami N-hnojení. *Trifolium pratense, Trifolium repens* a *Lotus corniculatus* byly jednoznačně nejvíce zastoupeny na nehnojené kontrole a variantě s PK-hnojením a ojediněle také na variantách s vysokými dávkami N-hnojení, což na stejném pokuse zaznameli Mrkvička a Veselá (2002a). Snižování pokryvnosti *Ranunculus acris* se zvyšujícími se dávkami N-hnojení jsou v rozporu s výsledky Čámská a Skálová (2012), což může být vysvětleno interakcí s ostatními druhy v porostu. Druhy jako *Stellaria graminea* nebo *Alchemilla sp.*, které se vyskytovaly na kontrole i na variantách s vysokými dávkami N, korespondují s výsledky Gałka et al. (2005), kteří popisují běžný výskyt těchto druhů na variantách s různými dávkami N-hnojení. Výsledky jsou v souladu s Beltman et al. (2007), kde druhová bohatost negativně korelovala s výnosem píce. Negativní dopad hnojení na druhovou bohatost u ovsíkové louky někdy nemusí být patrný v podmínkách s omezenou dostupností vody (Duffková et al., 2015).

Vliv hnojení byl zřejmý během sečí i v jednotlivých letech. Zvyšující se hmotnostní podíl trav při zvyšujících se dávkách N-hnojení a následné snížení podílu jetelovin a bylin souhlasí s již dříve dobře popsanými studiemi z ovsíkových luk (Čámská a Skálová, 2012; Duffková a Libichová, 2013). Průměrný podíl funkčních skupin je v souladu s výsledky Čop et al. (2009) pro luční porost s trojsečným režimem. Snížení podílu trav a zvýšení podílu

jetelovin a bylin v průběhu let koresponduje s výsledky Michaud et al. (2011). Rychlejší nárůst trav lze vysvětlit jejich reakcí na N-hnojení v jarním období (Brum et al., 2009). Ačkoli se N-hnojení aplikovalo na jaře, rozdíly ve funkčních skupinách byly jasně patrné také během sečí. Změny podílů funkčních skupin během sečí, mohou být spojeny s výskytem jiných botanických druhů ve druhé a třetí seči. V experimentu v Senožatech byl nalezen *Cuscuta epithymum* (obrázek O16), který parazituje především na jetelovinách. Jedná se o druh s velmi dobrou dormancí semen (Meulebrouck et al., 2010), který potřebuje pro přežití aktivní hospodaření, k jeho lokálnímu úbytku v některých zemích dochází následným ukončením managementu (Meulebrouck et al., 2007).

Roční výnosy byly během sledovaných let vyrovnané, vzhledem k variabilitě ročních úhrnů srážek a průměrných ročních teplot v letech 2014 – 2016, tento efekt je možné vysvětlit schopností druhově bohatých travních společenstev lépe se přizpůsobit místním podmínkám stanoviště (Velich, 1996). U dočasných travních porostů dochází podle výsledků Jing et al. (2017) k nárůstu výnosu s rostoucím počtem druhů, které nekorespondují s výsledky tohoto experimentu. Což lze vysvětlit větším podílem vysokých druhů trav na variantách s nízkým počtem druhů (varianty s vysokými dávkami N-hnojení), které následně potlačily nízké, méně výnosné druhy. Výnosy píce zjištěné v této studii ukazují, že výnos sušiny na ovsíkových loukách se může v rámci intenzivního hospodaření na loukách přibližně zdvojnásobit (Čop et al., 2009; Duffková et al., 2015). Podobně bylo prokázáno, že zastavením hnojení na lučním porostu může vést k poklesu ročního výnosu sušiny z 9 na 5 $t.ha^{-1}$ během čtyřletého období (Hofmann and Isselstein, 2005). Procentuální podíl první, druhé a třetí seče z celkového ročního výnosu sušiny odpovídá hodnotám zjištěných Hrevušovou et al. (2015).

Trott et al. (2002) prokázali, že lze využít výšku porostu ke zjištění výnosu travního porostu na pastvinách, kde zjistili velmi silnou přímou závislost ($r^2 = 0,83$) pomocí talířového měřidla. V experimentu v Senožatech bylo dosaženo vysoké závislosti zejména v roce 2014 a 2016, kde byl $r^2 = 0,76$ pro oba hodnocené roky, což je považováno na silnou závislost výnosu sušiny na výšce porostu. Slabou závislost lze vysvěstlit vyšší poléhavostí porostu v důsledku vyšších dávek N-hnojení. V roce 2015 dosahoval koeficient determinace $r^2 = 0,62$, z čehož lze usoudit, že vyšší výška sečně využívaných porostů může být zdrojem nižší přesnosti odhadu. Při využití jiných metod odhadu výnosu prokázali Fricke et al. (2011) silnou korelaci mezi výškou porostu (měřenou pomocí ultrazvuku) a výnosem píce u jetelotravin ($r^2 = 0,8$). Radtke et al. (2010) uvádějí ve svém článku velmi silnou korelaci ($r^2 = 0,96$), která byla prokázána při měření pastevního porostu pomocí pozemního laserového

skenování (pan-and-tilt laser scanner). Jak již bylo uvedeno v literárním přehledu, zpřesnění odhadu závisí také na počtu opakování, hlavně u stanovišť s nízkou úrovní výnosu (Trott et al., 2002). Lze předpokládat, že lze odhady výnosu píce zpřesnit i vhodnou volbou použité metody. Tyto relativně jednoduché metody zjišťování výnosů mohou pomoci zemědělcům k využití správných pratotechnických opatření na trvalých travních porostech.

6.2 Vliv dlouhodobého hnojení na nutriční hodnotu píce

V průběhu let a sečí hnojení významně ovlivnilo obsah dusíkatých látek, popele a vlákniny. V každé seči se zvyšoval obsah vlákniny se zvyšujícími dávkami hnojení, což je v souladu s výsledky Čop et al. (2009). Obsah popele vzrůstal od první ke třetí seči, shodně s prací Mohammed et al. (2016). Obsah tuku měl tendenci ke zvyšování s vyššími dávkami N-hnojení.

Koncentrace dusíkatých látek v píci byla významně vyšší na variantě 200NPK v porovnání s ostatními variantami N-hnojení v první a třetí seči. Toto zjištění je v souladu s výsledky Schellberg et al. (1999), kdy aplikace hnojiv přímo ovlivňovala koncentraci živin v bylinách, včetně obsahu dusíku. Lemaire et al. (2008) popisují ředící efekt dusíku v rostlinách se zvyšujícím se výnosem, listovou plochou a změnami příjmu dusíku. V souvislosti s tím bylo pozorováno zastavení zvyšování koncentrace dusíku a výrazný nárůst výnosu se zvyšujícím se hnojením kejdou na středně suché ovsíkové louce (Duffková et al., 2015). Zastavení zvyšování koncentrace dusíku bylo v experimentu v Senožatech pozorováno od 150 kg $N.ha^{-1}$ a koncentrace dusíkatých látek významně rostla současně s nezvyšujícím se výnosem mezi dávkami dusíku 150 až 200 $kg.ha^{-1}$. Těmito výsledky je poskytnut důkaz, že vysoké trávy v lučních porostech mohou akumulovat přebytek dusíku z hnojení, toto tvrzení je v souladu s výsledky Brum et al. (2009). Je však nutno brát v úvahu, že značná část celkového obsahu dusíkatých látek u N-hnojení může být tvořeno frakcí nebílkovinného dusíku (NPN) v píci. Nárůst NPN může být částečně redukován aplikací síry s dusíkem, při aplikaci síry obsah NPN dosáhl 15 % a při aplikaci dusíku a síry se snížil na 9 % (Gierus et al., 2005). Vyšší obsah NPN při intenzivním N-hnojení může pomoci vysvětlit sporný vliv vyššího obsahu dusíkatých látek v krmivu z hlediska zvýšení produkce mléka, na jehož základě se doporučuje přizpůsobit N-hnojení travních porostů podle očekávaného výnosu porostu a ne za účelem zvyšování obsahu dusíkatých látek (Huhtanen and Broderick, 2016).

6.3 Vztah mezi vnějšími faktory a nutriční hodnotou píce

Změny botanického složení nebo nutričních parametrů, jak jsou popsány výše, jasně dokumentují typickou reakci ovsíkových lučních porostů na podmínky hnojení. Na základě těchto skutečností vysvětlují sezónní vlivy, rok a hnojení asi 65 % variability nutričních parametrů. Nejvýznamnějším trendem v experimentu bylo zvýšení vlákniny se současným poklesem všech ostatních nutričních parametrů (první kanonická osa, 43 % vysvětlitelné variability). Tento vliv přímo souvisí s pořadím seče během sezóny od první seče (vlevo) do třetí seče (vpravo graf P10). Tyto rozdíly odpovídají sezónnímu vývoji kvality píce popisovaného Schellberg et al. (1999); Brum et al. (2009) a Mohammed et al. (2016). Výsledky studie Schellberg et al. (1999) ukazují vyšší obsah dusíkatých látek ve druhé seči v porovnání s první sečí, což souhlasí s výsledky této práce. To lze vysvětlit vyšším podílem listů bohatých na dusík ve sklizené píci s nižším výnosem v letní a i v podzimní seči. Sezónní vliv spolu s výnosem a funkčními skupinami lze považovat za faktor, který primárně ovlivňuje $^{2}/_{3}$ variability kvality píce travních porostů.

Vliv hnojení na kvalitu píce byl pouze okrajový v porovnání s vlivem seče a roku, podobně nízký vliv mělo sucho na kvalitu píce v porovnání s vlivem sezóny, které popsali ve své studii Küchenmeister et al. (2014). Svislá osa jednoznačně oddělila rok 2014, s vysokými hodnotami dusíkatých látek a popele, od roku 2015, také s vysokými hodnotami NEL a OMD. Vysvětlit tyto rozdíly nelze pouze povětrnostními podmínkami. Ačkoliv vyšší teplota zvyšuje lignifikaci rostlin a snižuje stravitelnost píce (Van Soest et al., 1978), zde uvedené rozdíly neodpovídají vyšším teplotám v období červenec – srpen v roce 2015. Změny hodnot OMD nebyly spojeny ani s vyššími výnosy, protože tato hodnota se významně nelišila ani v letech 2015 a 2016. Významné rozdíly nebyly patrné mezi roky ani u celkových výnosů píce podobně jako u obsahu vlákniny. Ze sledovaných let byl rok 2016 podle studie Romano (2017) nejhorší na produkci kvalitní píce, kdy kvalita sklizené biomasy odpovídala krmení pro masný skot, ovce a koně. V této práci se rok 2016 projevil nejnižším výnosem sušiny, ale kvalitou byla píce z hlediska obsahu dusíkatých látek a NEL vhodná pro telata, dojnice a bahnice v laktaci, ale z hlediska obsahu vlákniny byla vhodná spíše pro jalovice, bahnice a koně (Kavka, 2003).

Z grafu P10 je zřejmé, že významné změny v kvalitě píce mohou být spojeny s různými podíly funkčních skupin. Pozitivní korelace mezi podílem trav a obsahem vlákniny je v souladu s výsledky Küchenmeister et al. (2014), kde travní druhy měly vyšší koncentraci

vlákniny a nižší koncentraci NEL ve směsi v porovnání s jednodruhovým porostem (Ergon et al., 2017). V této práci vyšší podíl jetelovin a bylin zvyšoval obsahy dusíkatých látek a popele, zatímco vyšší podíl trav pozitivně koreloval s obsahem vlákniny v první seči a s OMD a NEL v sečích následujících. Tyto výsledky jsou v souladu s negativním vlivem bylin na OMD píce, který uvádějí Andueza et al. (2010). Tyto výsledky podporují myšlenku, že zvýšení podílu trav na ovsíkové louce zejména ve druhé a třetí seči může zlepšit některé složky kvality píce (OMD a NEL). Toto tvrzení odpovídá výsledkům Michaud et al. (2011), z hlediska pozitivního vlivu podílu kvalitních druhů trav na kvalitu píce v travním porostu v porovnání se zbylými funkčními skupinami. Podle Küchenmeister et al. (2014) trávy zvyšují obsah vodorozpustných sacharidů (WSC), což odpovídá jejich významně vyššímu obsahu WCS v porovnání s jetelovinami (Ergon et al., 2017). Na druhou stranu v roce 2014 byl pozorován vyšší obsah dusíkatých látek a popele, což podporuje vliv bylin a jetelovin pro zvýšení obsahu dusíkatých látek a minerálů v píci. Bruinenberg et al. (2002) uvádějí, že dvouděložné druhy mohou ovlivnit OMD buď pozitivně, nebo negativně v závislosti na charakteru NDF a anatomii rostlin. Jeteloviny poskytují vyšší obsah dusíkatých látek ze všech funkčních skupin na trvalých travních porostech (Schellberg et al., 1999). Snižování obsahu dusíkatých látek s klesajícím podílem jetelovin popsali Dale et al. (2013). Podle Hofmann and Isselstein (2005) vyšší podíl jetelovin podporuje zvýšení krmné hodnoty vzhledem k obsahu dusíkatých látek v píci, ale vyšší obsah dusíkatých látek nemusí zlepšit produkci mléka (Huhtanen and Broderick, 2016). Dale et al. (2013) pozorovali pozitivní vliv aplikace hnoje skotu a koní na stravitelnost píce, která také zvyšovala výnos a podíl jetelovin v travním porostu.

6.4 Vliv pokryvnosti funkčních skupin a hmotnostního podílu funkčních skupin na kvalitu píce

Odhad pokryvnosti druhů a funkčních skupin je široce využíván jako tradiční metoda hodnocení botanického složení travních porostů. V této práci porovnání obou metod v první seči ukázalo, že odhadovaná pokryvnost trav je nižší ve srovnání se skutečným hmotnostním poměrem, zatímco u bylin a jetelovin tomu bylo naopak. Tento trend byl pozorován během všech hodnocených let. Problémy spojené s vizuálním odhadem botanického složení porostu popisují u jetelotravní směsi Parsons et al. (2006). Vzhledem k nepřesnostem vizuálního odhadu pokryvnosti a nadměrnému času potřebnému k ručnímu rozdělení jednotlivých druhů ve směsném vzorku, byla navržena digitální obrazová analýza McRoberts et al. (2016).

Vizuální odhad druhové pokryvnosti je nejčastější způsob hodnocení botanického složení, který je předmětem výzkumu diverzity lučních porostů (Čámská and Skálová, 2012; Hrevušová et al., 2015; Duffková et al., 2015), zatímco hmotnostní poměr jednotlivých funkčních skupin je obecně preferován u studií, kde je kladen důraz na výživnou hodnotu píce (Čop et al., 2009; Brum et al., 2009; Andueza et al., 2010; Küchenmeister et al., 2014). Naskýtá se také možnost zařazení jednotlivých botanických druhů do skupin podle jejich krmné hodnoty (forage value), kterou využil Novák (2004) a následně stanovil kvalitu travního porostu od toxických až po velmi hodnotné porosty. Relativní hmotnostní podíl jednotlivých druhů ze sklizeného porostu je zkoumán v poměrně málo studiích, například Andueza et al. (2016). Významnost tohoto tématu uvádí studie Parsons et al. (2006), která ukazuje větší přesnost predikce vlákniny u jetelotravní směsi, pokud byl podíl trav stanoven hmotnostním poměrem než vizuálním odhadem, přestože velikost chyby byla stále přijatelná na úrovni obou proměnných. V této práci je vysvětlující síla odhadu pokryvnosti vyšší (4,2 %, tabulka T16) než hmotnostního podílu funkčních skupin (0,9 %, vypočítáno jako 8,6 – 7,7 %, graf P11) s ohledem na rok a výnos sušiny jako kovariáty. Po vyloučení vlivu roku, výnosu sušiny a pokryvnosti funkčních skupin jako kovariáty se stal vliv hnojení neprůkazný. Větší vliv pokryvnosti funkčních skupin je spojován s vyššími hodnotami pokryvnosti jetelovin a bylin než u jejich hmotnostního poměru ve sklizené píci. Využití odhadu pokryvnosti funkčních skupin s rozdělením na nízké a vysoké druhy bylin a trav nezlepšilo vysvětlující sílu v porovnání s odhadem pokryvnosti základních funkčních skupin. I přes rozdíly v zastoupení funkčních skupin se zdá, že vizuální odhad pokryvnosti hlavních funkčních skupin na intenzivních travních porostech by mohl být srovnatelný s časově náročnější metodou hmotnostního poměru funkčních skupin jako nástroje pro vysvětlení rozdílů v kvalitě píce, zejména v případech, kdy jsou podobné výnosy mezi variantami hnojení.

6.5 Vysvětlení vlivu hnojení na výnos a funkční skupiny lučního porostu

Výsledky této práce ukazují, že změny ve výnosu sušiny lze považovat za nejdůležitější faktor ovlivňující variabilitu kvality píce v první seči, kde byly nejvíce patrné rozdíly mezi variantami hnojení. Tento vliv je v souladu s dobře známou korelací mezi výnosem sušiny a obsahem vlákniny s následným snížením OMD (Elgersma and Søegaard, 2018). V první seči je patrné velké překrývání mezi vlivy výnosu sušiny a hmotnostních podílů funkčních skupin, kde vliv hmotnostního podílu je nevýznamný po vyloučení výnosu sušiny jako kovariáty. To

také podporují výsledky Michaud et al. (2011), kdy pomalejší pokles OMD mezi různými funkčními typy travních porostů byl vysvětlen nižší produkční schopností píce.

Vliv zastoupení funkčních skupin vzrostl, když se snížily rozdíly ve výnosu sušiny mezi variantami hnojení v druhé a třetí seči. Z tohoto důvodu lze hmotnostní podíl funkčních skupin považovat za druhý nejdůležitější faktor vysvětlující variabilitu kvality píce s ohledem na hnojení travních porostů, což je v souladu s vlivem funkčních skupin na kvalitu píce, jak je popsáno v řadě studií (Andueza et al., 2010; Küchenmeister et al., 2014). Při zvolení výnosu sušiny a hmotnostního poměru funkčních skupin jako kovariát zůstal vliv hnojení na kvalitu píce stále významný, z čehož lze usuzovat, že všechny změny kvality píce travního porostu nelze jednoduše přikládat vztahu mezi funkčními skupinami a výnosem. Schellberg et al. (1999) pozorovali kolísání obsahu NEL a dusíkatých látek v rámci funkčních skupin napříč různými variantami hnojení, které odpovídalo konkrétnímu druhovému složení. Bruinenberg et al. (2002) uvádějí vysokou variabilitu kvality píce mezi různými typy travních porostů, kde jsou konkurenční druhy spojovány s vysokým výnosem a kvalitou píce ve srovnání s druhy, které jsou méně náročné na živiny (Andueza et al., 2016). Na závěr je možné konstatovat, že zbytek variability kvality píce byl ovlivněn dalšími faktory, jako jsou vývojová stádia druhů v rámci jedné seče nebo nutriční hodnoty jednotlivých druhů (Isselstein and Daniel, 1996; Míka et al., 1998; Lukač et al., 2012).

7. Závěry

V rámci tříleté studie na dlouhodobém lučním experimentu byly vyvozeny následující závěry:

Změny botanického složení porostu

- S rozdílnou úrovní hnojení dochází ke změně botanické skladby porostu *Arrhenatherion elatioris*, kterou hnojení vysvětluje z cca 45 %.
- Zvyšující dávky dusíku významně zvyšovaly pokryvnost vysokých druhů trav na variantách s dávkami dusíku 100 a více $kg.ha^{-1}$ oproti nehnojené kontrole, na úkor jetelovin a bylin.
- Celkový počet druhů během sledovaných let dosahoval nejvyšších hodnot na variantě 50NPK oproti nehnojené kontrole a 200NPK.
- Výsledky pokryvnosti v zásadě korespondují s hmotnostními podíly funkčních skupin v první seči. Trávy nejvyšších hmotnostních podílů dosahovaly v první seči, jeteloviny a byliny v druhých sečích.
- Při porovnání v první seči docházelo u odhadu pokryvnosti k podhodnocení zastoupení trav, současně s nadhodnocením jetelovin a bylin v porovnání s hmotnostními podíly.

Změny výnosu a výšky porostu

- Nejvyšších výnosů bylo dosaženo na variantách s vysokým N-hnojením, které dosahovalo až dvounásobku oproti nehnojené kontrole a PK-hnojení.
- Celkový výnos byl nejvyšší v roce 2014, který byl v průběhu pokusu nejvlhčí.
- V rámci variant hnojení je pozitivní korelace mezi výnosem sušiny a výškou porostu. Variabilita výnosu sušiny byla ze 43 % vysvětlena výškou porostu, regresní rovnice ($p = 0{,}001$) mezi výškou porostu (x) a výnosem sušiny (y):
    - $y = 4{,}3053 + 0{,}1419 * x$
- Na variantách s dávkami dusíku 100 a více $kg.ha^{-1}$ v první seči docházelo k poléhání porostu.

Změny nutriční hodnoty porostu

- Kvalita píce byla ovlivněna sledovanými faktory z 65 %. Vliv hnojení na kvalitu píce byl ve srovnání s vlivem seče a ročníku nejnižší.
- V rámci jednotlivých sečí hnojení ovlivnilo variabilitu kvality píce z 20 %.

- Dávky 200 kg.ha^{-1} N zvýšily obsah dusíkatých látek nejvíce v první a třetí seči. NEL byla N-hnojení ovlivňována pouze při první seči, s nejvyšší hodnotou na nehnojené kontrole.
- Variabilita kvality píce vlivem hnojení byla z cca poloviny vysvětlena rozdíly ve výnosu sušiny a hmotnostního podílu funkčních skupin. Vyšší výnos sušiny doprovázel vyšší obsah vlákniny a podíl trav ve sklizené biomase.
- Příspěvek podílu trav na kvalitu píce se lišil během sečí: v první seči zvýšil obsah vlákniny a ve druhé a třetí seči se zvýšil obsah NEL a OMD píce.
- Vyšší zastoupení jetelovin a bylin trvale zvyšovalo obsah popele a dusíkatých látek v píci.
- Odhadovaná pokryvnost funkčních skupin vysvětlovala kvalitu píce v první seči stejně či lépe v porovnání s hmotnostním podílem funkčních skupin.

K těmto trendům docházelo v rámci sledovaných let. Aktuální průběh počasí podporoval či eliminoval výše popsané vlivy hnojení, u jednotlivých agrobotanických skupin docházelo k zesílení nebo zeslabení tohoto efektu.

8. Doporučení pro využití poznatků v praxi pro další rozvoj vědního oboru

Z výsledků je zřejmé, že vliv hnojení na kvalitu píce travního porostu je úzce provázán s dalšími vlivy hnojení na porost, a to především s výnosem a druhovým složením porostu, které představovaly přibližně polovinu z variability dané vlivem hnojení. Variabilita kvality píce je ovlivněna dalšími faktory, jako jsou vývojová stádia druhů v rámci jedné seče nebo nutriční hodnoty jednotlivých druhů. Výzkum by se měl dále více zaměřovat na objasnění vlivu hnojení po očištění o výše zmíněné vlivy. Výsledky jsou vždy interakcí porostu a konkrétního stanoviště v čase, což zdůrazňuje potřebu dlouhodobého sledování těchto vztahů v lučních pokusech.

Tento experiment rovněž neumožnil testovat vliv N-hnojení v dalších sečích, neboť dávka dusíku byla aplikována jednorázově na jaře. Lze doporučit využití obdobného komplexního přístupu i v jiných dlouhodobých experimentech.

Ze zpětného pohledu by bylo vhodné odhadovat pokryvnost funkčních skupin i v dalších sečích, což by umožnilo více vypovídající porovnání metod odhadu pokryvnosti a hmotnostního podílu druhů. Ve druhé a třetí seči se objevili nové druhy, které mohly ovlivnit kvalitu píce.

Jako další možnost vhodného hodnocení botanického složení a kvality píce se naskýtá možnost hodnocení kvality travního porostu (E_{GQ}), kdy pro každý botanický druh je stanovena krmná hodnota.

Talířové měřidlo (rising plate meter) se jeví jako vhodné pro přibližný odhad výnosu píce travních porostů. Tyto relativně jednoduché metody zjišťování výnosů mohou pomoci zemědělcům k využití správných pratotechnických opatření na trvalých travních porostech.

Otázkou je rovněž načasování sečí na dlouhodobém experimentu, kde intenzivně hnojené varianty mají vyšší obsah vlákniny a proto by bylo vhodné využít dřívější termín seče (o 1 – 2 týdny), při využití píce jako lučního sena pro vysokoužitkové dojnice v kombinaci s koncentrovanými krmivy.

Hodnocení kvality píce v experimentech je nedílnou součástí komplexního hodnocení a je zde vyžadována rychlost, nenáročnost a nízké náklady. Metodu NIRS lze proto výhodně využívat ve spojení s kvalitní kalibrací i pro podobné studie na travních porostech.

9. Citovaná literatura

Aćić, S., Šilc, U., Vrbničanin, S., Cupać, S., Topisirović, G., Stavretović, N., Dajić-Stevanović, Z. 2013. Grassland communities of stol mountain (eastern Serbia): vegetation and environmental relationships. Arch. Bio. Sci. 65, (1): 211-227.

Adesogan, A. T., Givens, D. I., Owen, E. (2000): Measuring Chemical Composition and Nutritive Value in Forages. In: Mannetje, L.´t, Jones, R. M. (eds.): Field and Laboratory Methods for Grassland and Animal Production Research. 2000. CAB International, London. 263-278. ISBN: 0-85199-351-6.

Alaoui, A. 2015. Modelling susceptibility of grasslan soil to macropore flow. Journal of Hydrology. 525: 536-546.

Andueza, D., Cruz, P., Farruggia, A., Baumont, R., Picard, F., Michalet-Doreau, B. 2010. Nutritive value of two meadows and relationships with some vegetation traits. Grass and Forage Science. 65 (3): 325-334.

Andueza, D., Rodrigues, A. M., Picard, F., Rossignol, N., Baumont, R., Cecato, U., Farruggia, A. 2016. Relationships between botanical composition, yield and forage quality of permanent grasslands over the first growth cycle. Grass and Forage Science. 71 (3): 366-378.

Ansquer, P., Duru, M., Theau, J. P., Cruz, P. 2009. Convergence in plant traits between species within grassland communities simplifies their monitoring. Ecological indicators. 9: 1020-1029.

Bandowe, B. A. M., Leimer, S., Meusel, H., Velescu, A., Dassen, S., Eisenhauer, N., Hoffmann, T., Oelmann, Y., Wilcke, W. 2019. Plant diversity enhances the natural attenuation of polycyclic aromatic compounds (PAHs and oxygenated PAHs) in grassland soil. Soil Biology and Biochemistry. 129: 60-70.

Bauer, M., Dostal, T., Krása, J., Jáchymová, B., David, V., Devátý, J., Strouhal, L., Rosendorf, P. 2019. Risk to residents, infrastructure, and water bodies from flash floods and sediment transport. Environmental monitoring and assessment. 191 (2): 85.

Beltman, B., Willems, J. H., Güsewell, S. 2007. Flood events overrule fertilizer effects on biomass production and species richness in riverine grasslands. Journal of Vegetation Science. 18: 625-634.

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 (3), 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 Zootecnia. 38 (4): 596-604.

Buxton, D. R. 1996. Quality-related characterictics of forages as influenced by plant environment and agronomic favtors. Animal Feed Science Technology. 59: 37-49.

Casler, M. D., van Santen, E. (2010): Breeding Objectives in Forages. In: Boller, B., Posselt, U. K., Veronesi, F. (eds.): Fodder Crops and Amenity Grasses. 2010. Springer. New York; London. p. 536. ISBN: 978-1-4419-0759-2.

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.

Čerešňáková, Z., Chrenková, M., Flak, P. 1996. Relation of content and composition of cell walls to the in vitro digestibility of dry matter, organic matter and crude protein in roughages. Journal of Farm Animal Science. 29: 153-158.

Čermáková, J., Koukolová, M., Výborná, A. 2015. Zásady výživy a krmení dojnic v produkci. Krmivářství. 19 (1): 19-21.

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.

ČSÚ. 2018. Statistická ročenka České republiky 2018. Český statistický úřad. 28. 11. 2018. 819 s. ISBN: 978-80-250-2868-1.

Dale, L. M., Thewis, A., Rotar, I., Boudry, C., Pacurar, F. S., Lecler, B., Agneessens, R., Dardenne, P., Baeten, V. 2013. Fertilization effects on chemical composition and in vitro organic matter digestibility of semi-natural meadows as predicted by NIR spectrometry. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. 41 (1), 58-64.

Doležal, J., Lanta, V., Mudrák, O., Lepš, J. 2019. Seasonality promotes grassland diversity: Interactions with mowing, fertilization and removal of dominant species. Journal of ecology. 107 (1): 203-215.

Duffková, R., Libichová, H. 2013. Effects of cattle slurry application on plant species composition of moderately moist *Arrhenatherion* grassland. Plant, Soil and Environmet. 59 (11): 485-491.

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.

Duru, M. 1997. Leaf and Stem in vitro digestibility for grasses and dicotyledons of meadow plant communities in spring. Journal of the Science of Food and Agriculture. 74 (2): 175-185.

Elgersma, A., Søegaard, K. 2018. 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. 73 (1): 78-93.

Elsaesser, M., Engel, S. Endbericht des Projekts. Nachsaat von Leguminosen in Grünland zur Erhöhung der Eiweissproduktion 2012-2015. LAZ-BW. Februar 2016. 53 s.

Ergon, Å., Kirwan, L., Fystro, G., Bleken, M. A., Collins, R. P., Rognli, O. A. 2017. Species interactions in a grassland mixture under low nitrogen fertilization and two cutting frequencies. II. Nutritional quality. Grass and Forage Science. 72 (2): 333-342.

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

French, K. E. 2017. Species composition determines forage quality and medicinal value of high diversity grasslands in lowland England. Agriculture, Ecosystems and Environment. 241, 193-204.

Fricke, T., Richter, F., Wachendorf, M. 2011. Assessment of forage mass from grassland swards by height measurement using an ultrasonic sensor. Computers and Elektronics in Agriculture. 79:142-152.

Gałka, A., Zarzycki, J., Kopec´, M. (2005): Effect of different fertilisation regimes on species composition and habitat in a long-term grassland experiment. In: Lillak, R., Viiralt, R., Linke, A., Geherman, V. (eds.): Integrating efficient grassland farming and biodiversity. Proceedings of the 13th International Occasional Symposium of the European Grassland Federation, 29. - 31. August 2005, Tartu, 132-135. ISBN: 9985-9611-3-7.

Gaujour, E., Amiaud, B., Mignolet, C., Plantureux, S. 2012. Factors and processes affecting plant biodiversity in permanent grasslands. A review. Agronomy for Sustainable Development. 32, (1): 133-160.

Gierus, M., Jahns Ute, Wulfes, R., Wiermann, C., Taube, F. 2005. Forage quality and yield increments of intensive managed grassland in response to combined sulphur-nitrogen fertilization. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science. 55, (4): 264-274.

Givens, D. I., Owen, E., Axford, R. F. E., Omed, H. M. 2000. Forage evaluation in ruminant nutrition. CABI Publishing. London. p. 480. ISBN: 0-85199-344-3.

Glover, D. E., Kielly, G. A., Jefferson, P. G., Cohen, R. D. H. 2004. Agronomic characteristics and nutritive value of 11 grasses grown with irrigation on saline soil in southwestern Saskatchewan. Canadian Journal of Plant Science. 84 (4): 1037-1050.

Gough, L., Osenberg, C. W., Gross, K. L., Collins, L. 2000. Fertilization effects on species density and primary productivity in harbaceous plant communities. OIKOS. 89: 428-439.

Grant, K., Kreyling, J., Dienstbach, L. F. H., Beierkuhnlein, C., Jentsch, A. 2014. Water stress due to increased intra-annual precipitacion variability reduced forage yeial but raised forage quality of temperate grassland. Agriculcure, Ecosystems and Environment. 186: 11-22.

Hejcman, M., Klaudisová, M., Schellberg, J., Honsová, D. 2007. The Rengen Grassland Experiment: Plant species composition after 64 years of fertilizer application. Agriculture, Ecosystems and Environment, 122, (2): 259-266.

Hejcman, M., Szaková, J., Schellberg, J., Tlustoš, P. 2010. The Rengen Grassland Experiment: relationship between soil and biomass chemical properties, amount of elements applied, and their uptake. Plant and Soil. 333 (1-2): 163-179.

Hejcman, M., Strnad, L., Hejcmanová, P., Pavlů, V. 2012. Response of plant species composition, biomass production and biomass chemical properties to high N, P and K application rates in Dactylis glomerata- and Festuca arundinacea- dominated grassland. Grass and Forage Science. 67: 488-506.

Herrmann, A., Techow, A., Kluss, C., Taube, F., Berendonk, C., Diepolder, M., Elsaesser, M., Greiner, B., Neff, R. 2014. Mehr Eiweiss vom Gruenland. DLG Mitteilungen. 4: 76-79.

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.

Honsová, D., Hejcman, M., Klaudisová, M., Pavlů, V., Kocourková, D., Hakl, J. 2007. Species composition of an alluvial meadow after 40 years of applying nitrogen, phospohorus and potassium fertilizer. Preslia, 79: 245-258.

Hrevušová, Z., Hejcman, M., Hakl, J., Mrkvička, J. 2015. Soil chemical properties, plant species composition, herbage quality, production and nutrient uptake of and alluvial meadow after 45 years of N, P, and K application. Grass and Forage Science. 70 (2): 205-218.

Huhtanen, P., Broderick, G. 2016. Improving utilization of forage protein in ruminant production by crop and feed management. The Multiple Roles of Grassland in the European Bioeconomy. Proceeding of the 26th General Meeting of the European Grassland Federation 340-349.

Chytrý, M. (ed.). 2007. Vegetace České republiky. 1. Travinná a keříčková vegetace. Academia, Praha, 526 s. ISBN: 978-80-200-1462-7.

Islam, M. R., Garcia, S. C., Horadagoda, A. 2012. Effects of residual nitrogen, nitrogen fertilizer, sowing date and harvest time on yield and nutritive value of forage rape. Animal Feed Science and Technology. 177: 52-64.

Isselstein J., Daniel P. 1996. The ensilability of grassland forbs: 16th General Meeting on „Grassland and land use systems“. Grassland Science in Europe. Grado, Italy. 1: 451-455.

Jeroch, H., Čermák, B., Kroupová, V. 2006. Základy výživy a krmení hospodářských zvířat, JU v Českých Budějovicích. 290 s. ISBN 80-7040-873-1.

Jing, J., Søegaard, K., Cong, W.F., Eriksen, J. 2017. Species Diversity Effects on Productivity, Persistence and Quality of Multispecies Swards in a Four-Year Experiment. PLoS One. 12 (1): e0169208.

Kavka, M. (ed.). 2003. Normativy pro zemědělskou a potravinářskou výrobu. Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha. 344 s. ISBN: 80-7271-136-9.

Khalsa, J., Fricke, T., Weisser, W. W., Weigelt, A., Wachendorf, M. 2012. Effects of functional groups and species richness on biomass contituents relevant for combustion: result from a grassland diversity experiment. Grass and Forage Science. 67: 569-588.

Klapp, E. 1938. Wiesen und Weiden. Anlage, Pflege und Nutzung von Grünlandflächen. Verlag Paul Parey Berlin. p. 338.

Kohoutek, A., Komárek, P., Nerušil, P., Odstrčilová, V., Němcová, P. 2010. Kvalita píce trav, jetelovin a jetelotravních směsek z obnovených TTP v letech 2009-2010. In: Kohoutek, A. (ed.) Kvalita píce z travních porostů a chov skotu v měnících se ekonomických podmínkách. Sborník z celostátní vědecké konference s mezinárodní účastí, 14. 10. 2010, Kunín, 37-50. ISBN: 978-80-7427-043-7.

Kok, A. 2013. Effect of phosphorus doses and application time on the yield and quality of hay and botanical composition of clover dominant meadow in highlands of Turkey. 18 (2): 205-210.

Kou, Y., Li, C., Li, J., Tu, B., Wang, Y., Li, X. 2019. Climate and soil parameters are more important than denitrifier abundances in controlling potential denitrification rates in Chinese grasslan soil. Science of The Total Environment. 669: 62-69.

Kubát, K., Hrouda, L., Chrtek, J., Kaplan, Z., Kirschner, J., Štěpánek, J. (eds.) (2002): Klíč ke květeně České republiky. Academia, Praha, 927 s. ISBN: 80-200-0836-5.

Küchenmeister, F., Küchenmeister, K., Kayser, M., Wrage-Mönnig, N., Isselstein, J. 2014. Effects of drought stress and sward botanical composition on the nutritive value of grassland herbage. International Journal of Agriculture and Biology. 16 (4): 715-722.

Kvítek, T., Klímová, P., Šonka, J. 1998. The effect of mulching on botanical composition and species representation in grassland, evapotranspiration and soil moisture content. Plant Production. 44, (12): 553 – 560.

Lemaire, G., van Oosterom, E., Jeuffroy, M. H., Gastal, F., Massignam, A. 2008. Crop species present different qualitative types of response to N deficiency during their vegetative growth. Field Crops Research. 105 (3): 253-265.

Litschmann, T., Straka, J. 2000. Makropórové zasakování vody v travních porostech. Úroda. 48 (8): 25-27.

Loţytė, A. 2014. The influence of agri-environmental measures based grassland management on grassland plant communities. Summary of doctoral dissertation. Biomedical Sciences, Ecology and Environmental Sciences, Vilnius, p. 39.

Louault, F., Pillar, V. D., Aufrére, J., Garnier, E., Soussana, J. F. 2005. Plant traits and functional types in response to reduced disturbance in a semi-natural grassland. Journal of Vegetation Science, 16: 151-160.

Luescher, A., Mueller-Harvey, I., Soussana, J. F., Rees, R. M., Peyraud, J. L. 2013. Potencial of legume-based grassland-livestock systems in Europe. Grassland Science in Europe. 18: 3-29.

Lukač, B., Kramberger, B., Meglič, V., Verbič, J. 2012. Importance of non-leguminous forbs in animal nutrition and thein ensiling properties: a review. Žemdirbystė = Agriculture. 99 (1): 3-8.

McRoberts, K. C., Benson, B. M., Mudrak, E. L., Parsons, D., Cherney, D. J. R. 2016. Application of local binary patterns in digital images to estimate botanical composition in mixed alfalfa-grass fields. Computers and Electronics in Agriculture. 123: 95-103.

Meulebrouck, K., Verheyen, K., Hermy, M., Baskin, C. 2010. Will the sleeping beauties wake up? Seasonal dormancy cycles in seeds of the holoparasite *Cuscuta epithymum.* Seed Science Research. 20 (1): 22-30.

Meulebrouck, K., Ameloot, E.,Verheyen, K., Hermy, M. 2007. Local and regional factors affecting the distribution of the endangered holoparasite *Cuscuta epithymum* in heathlands. Biological conversation. 140: (8-18).

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 (1): 64-76.

Míka, V., Pozdíšek, J., Tillmann, P., Nerušil, P., Buchgraber, K., Gruber, L. 2003. Development of NIR calibration valid for two different grass sample collections. Czech Journal of Animal Science. 48 (10): 419-424.

Míka, V., Komárek, P., Smítal, F., Odstrčilová, V., Nerušil, P. 2001. The content of plant phenolics in meadow grasses and its relation to nutritive value of fodder. Plant Production. 47, (2): 58-62.

Míka, V., Kohoutek, A., Pozdíšek, J., Smítal, F., Nerušil, P. 1998. Index of negative action of phenols (IANP) and its prediction in meadow plants using spectroscopy in near infrared region (NIRS). Plant Production. 44, (12): 561-564.

Míka, V., Harazim, J., Kalač, P., Kohoutek, A., Komárek, P., Pavlů, V., Pozdíšek, J. 1997. Kvalita píce. Ústav zemědělských a potravinářských informací. Praha. 227 s.

Mohammed, G., Trolard, F., Bourrié, G., Gillon, M., Tronc, D., Charron, F. 2016. A longterm data sequence (1960-2013) to analyse the sustainability of hay quality in irrigated permanent grasslands under climate change. American Journal of Agroculture and Forestry. 4 (6): 140-151.

Moravec, J. Blažková, D., Hejný, S., Husová, M., Jeník, J., Kolbek, J., Krahulec, F., Krečmer, V., Kropáč, Z., Neuhäusl, R., Neuhäuslová-Novotná, Z., Rybníček, K., Rybníčková, E., Samek, V., Štěpán, J. 2000. Fytocenologie. Academia. Praha. 403 s.

Mrkvička, J., Veselá, M., Niňaj, M. (2007): Trvalé travní porosty – jejich funkce v krajině. In: Petr, J., Švachula, V. (eds.). Ekologické zemědělství 2007. Sborník z konference. 6.-7. 2. 2007. Praha. 188-190. ISBN: 80-200-0457-2.

Mrkvička, J., Veselá, M., Dvorská, I. 2002. Pastvinářství v ekologickém zemědělství. MZe ČR v Ústavu zemědělských a potravinářských informací. Praha. 20 s. ISBN: 978-80-213-1611-9.

Mrkvička, J., Veselá, M. 2002a. The influence of long-term fertilization on species diversity and yield potential of permanent meadow stand. Plant Production. 48 (2): 69-75.

Mrkvička, J., Veselá, M. 2002b. Influence of fertilization rates on species composition, quality and yields of the meadow foyer. Plant Production. 48 (11): 494-498.

Novák, J. 2008. Pasienky, lúky a trávniky. PatriaI. Prievidza. 708 s. ISBN: 978-80-85674-23-1.

Novák, J. 2004. Evaluation of grassland quality. Ekológia (Bratislava). 23 (2): 127 – 143.

Parsons, D., Cherney, J. H., Gauch, H. G. 2006. Estimation of preharvest fiber content of mixed alfalfa-grass stands in New York. Agronomy Journal. 98: 1081-1089.

Pavlů, L., Pavlů, V., Gaisler, J., Hejcman, M., Mikulka, J. 2011. Effect of long-term cutting versus abandonment on the vegetation of mountain hay meadow (Polygono-Trisetion) in Central Europe. Flora. 206: 1020-1029.

Pavlů, V., Gaisler, J., Pavlů, L., Hejcman, M., Ludvíková, V. 2012. Effect of fertiliser application and abandonment on plant species composition of *Festuca rubra* grassland. Acta Oecologica. 45: 42-49.

Polat, T., Bükün, B., Okant, M. 2007. Dose response effect of nitrogen and phosphorus on forage quality, yield and economic return of rengelands. Pakistan journal of botany. 39 (1): 151-160.

Pozdíšek, J., Mikyska, F., Loučka, R., Bjelka, M. 2008. Metodická příručka pro chovatele k výrobě konzervovaných krmiv (siláží) z víceletých pícnin a travlých travních porostů. Výzkumný ústav pro chov skotu, s.r.o. Rapotín. 38 s. ISBN: 978-80-87144-06-0.

Radtke, P. J., Boland, H. T., Scaglia, G. 2010. An evaluation of overhead laser scanning to estimate herbage removals in pasture quadrats. Agricultural and Forest Meteorology. 150: 1523-1528.

Regal, V., Krajčovič, V. 1963. Pícninářství. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 466 s. ISBN: 07-042-63-04/28.

Regal, V., Veselá, M. 1977. Vliv ledku amonného s vápencem a močovinou na kvalitu píce travních porostů. Rostlinná výroba. 23 (5): 549-559.

Rodríguez-Rojo, M. P., Fernández-González, F., Tichý, L., Chytrý, M. 2014. Vegetation diversity of mesic grasslands (*Arrhenatheretalia*) in the Iberian Peninsula. Applied Vegetation Science. 17: 780-796.

Romano, J. P. 2017. Nutritional value of grass-based forage in Lorraine region of France: 2016 values for Optival co-op farmers. Fourrages. 232. 353-356.

Roy, R. N., Finck, A., Blair, G. J., Tandon, H. L. S. 2006. Plant nutrition for food security – A guide for integrated nutrient management. Food and agriculture organization of the United nations, Rome, p. 348. ISBN: 92-5-105490-8.

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

Satter, L. D., Roffler, R. E. 1975. Nitrogen Requirement and Utilization in Dairy Cattle. Journal of Dairy Science. 58 (8): 1219-1237.

Scehovic, J. 1995. Étude de l'effet de diverses espèces de plantes des prairies permanentes sur l'hydrolyse enzymatique des constituants pariétaux. Ann Zootech. 44: 87-96.

Schellberg, J., Möseler, 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 (3): 195-207.

Seither, M., Wrage, N., Isselstein, J. 2012. Sward Composition and Grazer Species Effects on Nutritiv Value and Herbage Accumulation. Agronomy Journal, 104, (2): 497-506.

Skládanka, J. (ed). 2014. Pícninářství. Mendelova univerzita v Brně, Brno. 368 s. ISBN: 978-80-7509-111-6.

Skládanka, J., Hrabě, F. 2008. *Effect* of fertilization and cutting frequency on botanical composition, diversity and grassland quality. Agriculture. 54, (1): 1-13.

Směrnice Rady 91/676/EHS. O ochraně vod před znečištěním způsobeném dusičnany ze zemědělských strojů. 1991. Úřední věstník Evropské unie. Brusel. 10s.

Soudek, P., Petrová, Š., Benešová, D., Kotyza, J., Vaněk, T. 2008. Fytoremediace a možnosti zvýšení jejich účinnosti. Chemické listy. 102: 346-352.

StatSoft, Inc., 2012. Statistica for Windows. StatSoft, Tulsa, USA.

Svobodová, M., Šantrůček, J., Urbanec, J. 2004. Succession change of temporary grass stands on set-aside land. Plant Soil Environment. 50 (3): 108-115.

Šantrůček, J., Svobodová, M., Brant, V. 2002. Changes of botanical composition of grass stands under different types of management. Plant Production. 48, (11): 499-504.

Šilc, U., Aćić, S., Škvorc, Ž., Krstonošić, D., Franjić, J., Dajić-Stevanović, Z. 2014. Grassland vegetation of *Molinio-Arrhenatheretea* class in the NW Balkan Peninsula. 17: 591-603.

Štýbnarová, M., Mrkvička, J., Svozilová, M. (2011): Změny produkce sušiny hospodářského výnosu a kvality píce travních porostů při rozdílném způsobu obhospodařování. In:

Fuksa, P. (ed.): Aktuální témata v pícninářství a trávníkářství 2011. Sborník příspěvků z odborného semináře, 7. 12. 2011, Praha, 64-69. ISBN: 978-80-213-2239-4.

Ter Braak, C. J. F., Šmilauer, P. 2002. CANOCO Reference Manual and CanoDraw for Windows User's Guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5). Microcomputer Power, Ithaca, USA.

Tomaškin, J. 2007. Pole of non-productional function of grassland in soil protection and environment. Earth and Environmental Sciences. 2, (1): 33-38.

Tonn, B., Thumm, U., Claupein, W. 2010. Semi-natural grassland biomass for combustion: influence of botanical composition, harvest date and site conditions on fuel composotion. Grass and Forage Science. 65: 383-397.

Trott, H., Ingwersen, B., Wachendorf, M., Taube, F. 2002. Schätzung des Trockenmasseertrages auf Dauergrünland mit Hilfe einer Höhenmessung. Pflanzenbauwissenschaften. 6, (2): 78-83.

Ul-Allah, S., Khan, A. A., Fricke, T., Buerkert, A., Wachendorf, M. 2014. Fertilizer and irrigation effects on forage protein and energy production under semi-arid conditions of Pakistan. Field Crops Rechearch. 159: 62-69.

Van Soest, P. J., Mertens, D. R., Deinum, B. 1978. Preharvest Factors Influencing Quality of Conserved Forage. Journal of Animal Science. 47 (3): 712-720.

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

Velich, J., Mrkvička, J. 1988. Vliv doby hnojení travních porostů draslíkem na výnosy a koncentraci draslíku v píci. Rostlinná výroba. 34 (8): 873-881.

Vozár, Ľ., Jančovič, J., Kovár, P., Bačová, S. 2012. Adaptability of Permanent Grassland to Drought. Journal of Life Sciences. 6: 1057-1060.

Vyskočil, I., Zeman, L., Kratochvílová, P., Večerek, M., Vašátková, A. 2008. Kapesní katalog krmiv. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno. 42 s. ISBN: 978-80-7375-218-7.

Willems, J. H., van Nieuwstadt, M. G. L. 1996. Long-term after effects of fertilization on above-ground phytomass and species diversity in calcareous grassland. Journal of Vegetation Science, 7, (2): 177-184.

Xiong, M., Sun, R., Chen, L. 2019. A global comparison of soil erosion associated with land use and climate type. Geoderma. 343: 31-39.

Zeman, L. (ed.). 2006. Výživa a krmnení hospodářských zvířat. Profi Press, Praha. 360 s. ISBN: 80-86726-17-7.

10. Přílohy

10.1 Seznam příloh grafů

Graf P1 Suma úhrnu srážek a průměrné teploty za období 2014 – 2016 (Meteorologická stanice Lukavec).

Graf P2 Pokryvnost (%) agrobotanických skupin J (jeteloviny), B-N (nízké byliny), B-V (vysoké byliny), T-N (nízké trávy) a T-V (vysoké trávy) zjištěné před 1. sečí.

Graf P3 Ordinační diagram znázorňující výsledky RDA analýzy vlivu hnojení a roku na botanické složení lučního porostu před první sečí.

Graf P4 Vliv interakce Rok^{x}Varianta na výnos v 2. seči.

Graf P5 Vliv interakce Rok^{x}Varianta na výnos v 3. seči.

Graf P6 Interakce mezi výškou porostu a výnosem sušiny v letech 2014 – 2016.

Graf P7 Interakce mezi výškou porostu a výnosem sušiny v letech 2014.

Graf P8 Interakce mezi výškou porostu a výnosem sušiny v letech 2015.

Graf P9 Interakce mezi výškou porostu a výnosem sušiny v letech 2016.

Graf P10 Ordinační diagram znázorňující výsledky RDA analýzy vlivu hnojení, seče a roku na kvalitu píce. Jako doplňkové proměnné byly použity hmotnostní podíly funkčních skupin (Jeteloviny, Byliny a Trávy) a výnos.

Graf P11 Vysvětlení síly hnojení (F) k variabilitě nutriční hodnoty píce následované procentuálním podílem výnosu sušiny (DM), podílem hmotností funkčních skupin (FGW) a jejich překrytím v rámci vlivu hnojení v každé seči.

10.2 Seznam příloh tabulek

Tabulka T1 Popis hnojení s ročními dávkami (kg.ha^{-1}) a chemickými vlastnostmi půdy v horní vrstvě (0 – 20 cm), rozbory v roce 2012.

Tabulka T2 Pokryvnosti zaznamenaných druhů (průměr 2014 – 2016, % D); N-T – nízké trávy, V-T – vysoké trávy, Jet – jeteloviny, N-B – nízké byliny a V-B – vysoké byliny.

Tabulka T3 Významné rozdíly pokryvnosti druhů v hodnocených letech (průměr pokryvnosti za varianty hnojení); N-T – nízké trávy, V-T – vysoké trávy, Jet – jeteloviny, N-B – nízké byliny a V-B – vysoké byliny.

Tabulka T4 Výsledky RDA analýzy sledovaných vlivů, vysvětlujících proměnných a výsledky dvoufaktorové ANOVY na botanické složení před první sečí (průměr 2014 – 2016).

Tabulka T5 Počet druhů s pokryvností vyšší 3 % (N) u jetelovin, bylin a trav a pokryvnost (D) hlavního druhu v každé funkční skupině na jednotlivých variantách hnojení, zjištěno před první sečí v letech 2014 - 2016.

Tabulka T6 Statistické vyhodnocení porostových charakteristik pro roky, hnojení a interakci roku a hnojení (průměr 2014 – 2016).

Tabulka T7 Vliv hnojení na pokryvnost – D (%) vysokých trav (V-T), nízkých trav (N-T), vysokých bylin (V-B), nízkých bylin (N-B), celkem trav (T), celkem bylin (B) a jetelovin (J) v letech 2014 – 2016.

Tabulka T8 Vliv hnojení na celkový počet druhů jetelovin (J), bylin (B) a trav (T) v letech 2014 – 2016.

Tabulka T9 Vliv roku, seče a hnojení na hmotnostní podíl funkčních skupin (FGW) jeteloviny – J, byliny – B, trávy – T ($g.kg^{-1}$), výnos sušiny – DM ($t.ha^{-1}$) (průměr let 2014 – 2016) a vliv roku a hnojení na výšku (cm) porostu v první seči v letech 2014 – 2016.

Tabulka T10 Statistické vyhodnocení výšky porostu (cm), výnosu sušiny ($t.ha^{-1}$) a hmotnostního podílu funkčních skupin – FGW ($g.kg^{-1}$) pro roky, hnojení a interakci roku v první seči v letech 2014 – 2016.

Tabulka T11 Vliv hnojení na výšku porostu (cm), výnos sušiny DM ($t.ha^{-1}$) a hmotnostní podíl funkčních skupin – FGW ($g.kg^{-1}$) v první seči v letech 2014 – 2016.

Tabulka T12 Statistické vyhodnocení výnosu sušiny ($t.ha^{-1}$) a hmotnostního podílu funkčních skupin – FGW ($g.kg^{-1}$) pro roky, hnojení, seč a interakci roku, hnojení a seče (průměr sečí a let 2014 – 2016).

Tabulka T13 Výnos – DM ($t.ha^{-1}$), průměrné hmotnostní podíly jetelovin (J), bylin (B) a trav (T) ($g.kg^{-1}$) pro každou seč a variantu hnojení, v letech 2014 – 2016. Pro první seč je uvedena pokryvnost agrobotanických skupin zjištěna před první sečí redukovanou metodou odhadu (%).

Tabulka T14 Vliv roku, seče a hnojení na NL, tuky, vlákninu, popel, OMD ($g.kg^{-1}$) a NEL ($MJ.kg^{-1}$) (průměr 2014 – 2016).

Tabulka T15 Průměrné hodnoty NL, tuku, vlákniny, popele, OMD ($g.kg^{-1}$) a NEL ($MJ.kg^{-1}$) za roky 2014 – 2016 v první, druhé a třetí seči.

Tabulka T16 Výsledky redundanční analýzy sledovaných vlivů vysvětlujících proměnných na kvalitu píce v každé seči (DM = výnos sušiny; FGW = hmotnost funkčních skupin; parametry patřící k funkčním skupinám a kvalitě píce jsou uvedeny v tabulce T9 a T14).

10.3 Seznam příloh obrázků

Obrázek O1 Celkový pohled na pokusné stanoviště Senožaty před první sečí.

Obrázek O2 Celkový pohled na pokusné stanoviště Senožaty po první sečí.

Obrázek O3 Prstová žací lišta MF-70 (140 cm).

Obrázek O4 Stanovení hmotnostního poměru funkčních skupin: trav, bylin a jetelovin ve druhé seči - Kontrola.

Obrázek O5 Stanovení hmotnostního poměru funkčních skupin: trav, bylin a jetelovin ve třetí seči - Kontrola.

Obrázek O6 Hodnocení botanického složení.

Obrázek O7 Rozdíl mezi druhovým složením na hnojené variantě 200NPK a nehnojené kontrole.

Obrázek O8 1. seč 11. 6. 2014.

Obrázek O9 1. seč 11. 6. 2015.

Obrázek O10 1. seč 14. 6. 2016.

Obrázek O11 Poléhání porostu na vyšších dávkách N-hnojení.

Obrázek O12 Posečená biomasa v první seči – Kontrola.

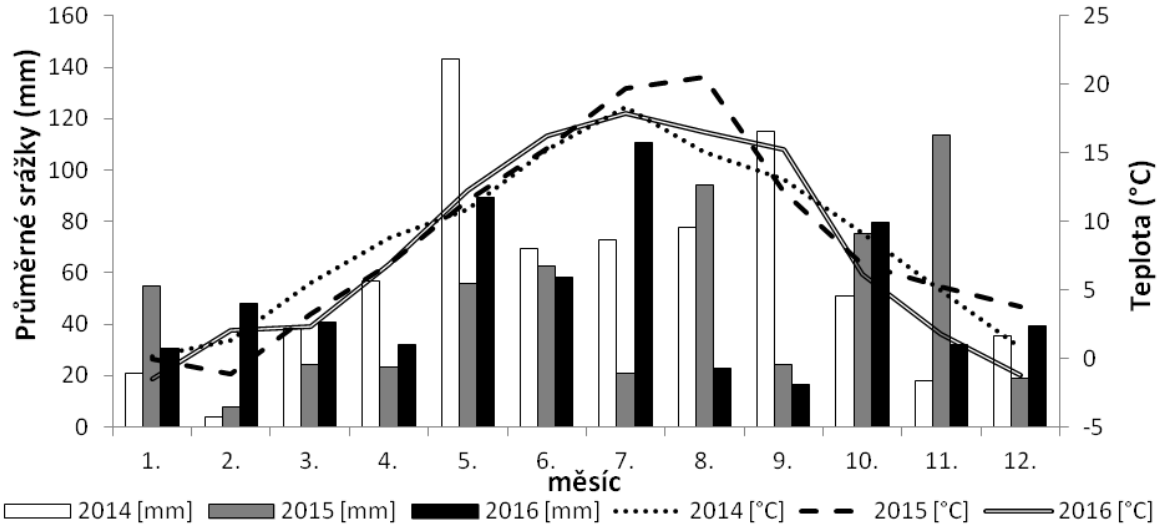
Obrázek O13 Posečená biomasa v první seči – 200NPK.

Obrázek O14 Vzhled podrostu po 1. seči parcela – Kontrola.

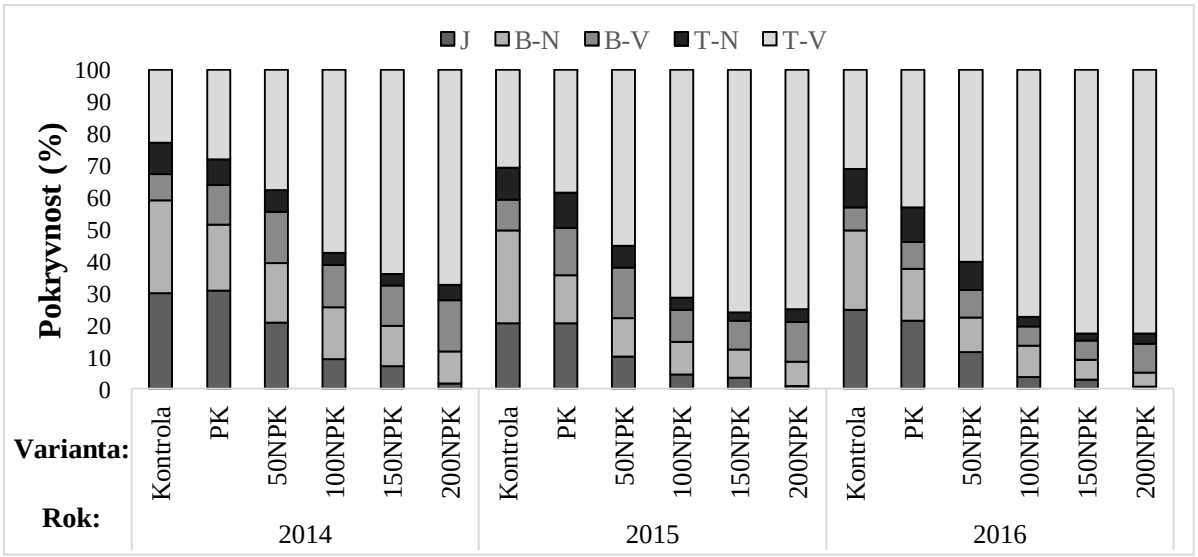
Obrázek O15 Vzhled podrostu po 1. seči parcela – 200NPK.

Obrázek O16 Výskyt parazitického druhu *Cuscuta epithymum* na jetelovinách ve druhé a třetí seči.

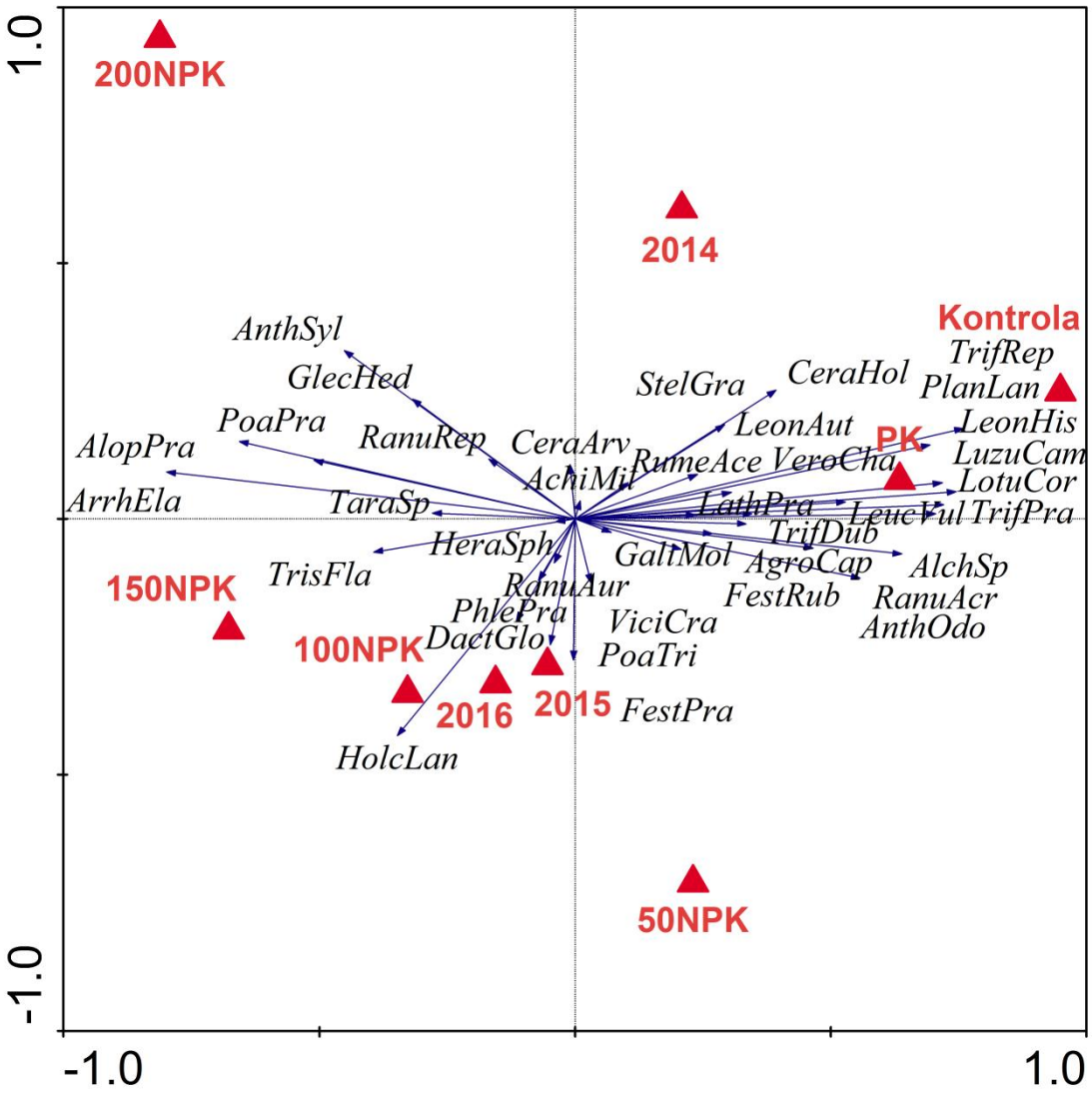
Graf P1 Suma úhrnu srážek a průměrné teploty za období 2014 – 2016 (Meteorologická stanice Lukavec).



Graf P2 Pokryvnost (%) agrobotanických skupin J (jeteloviny), B-N (nízké byliny), B-V (vysoké byliny), T-N (nízké trávy) a T-V (vysoké trávy) zjištěné před 1. sečí.

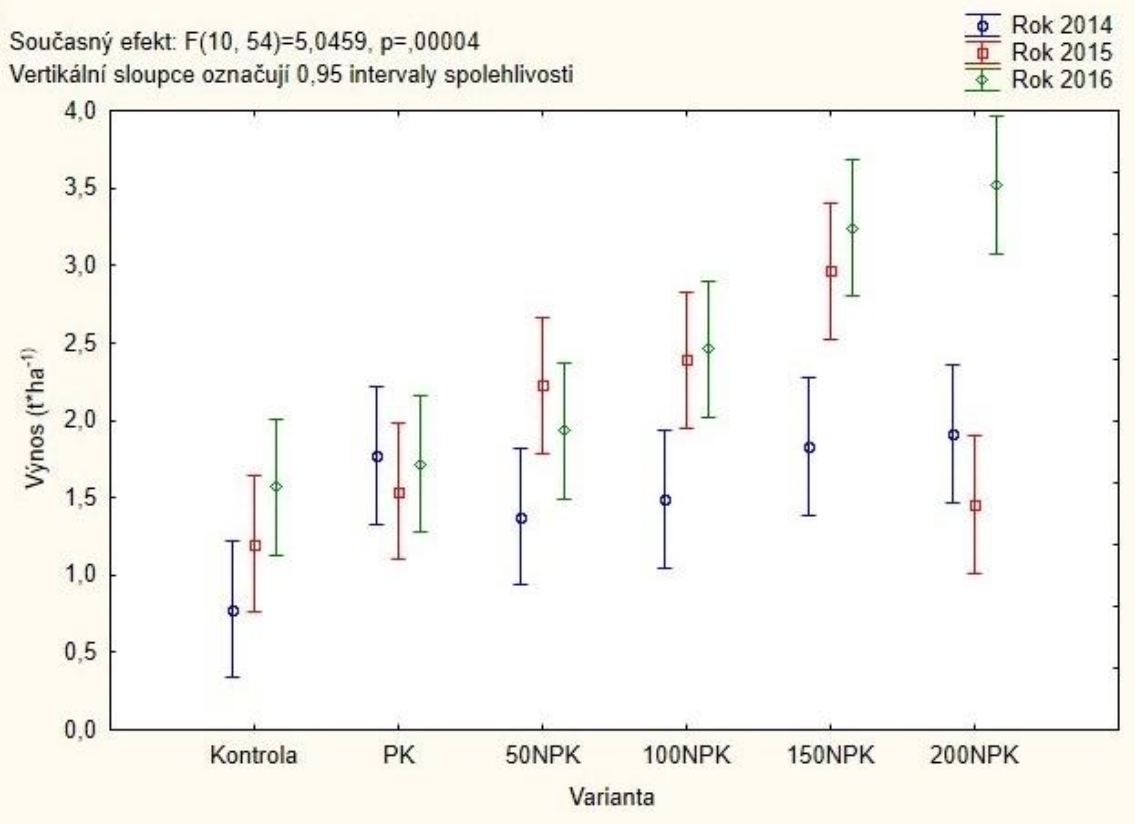


Graf P3 Ordinační diagram znázorňující výsledky RDA analýzy vlivu hnojení a roku na botanické složení lučního porostu před první sečí.

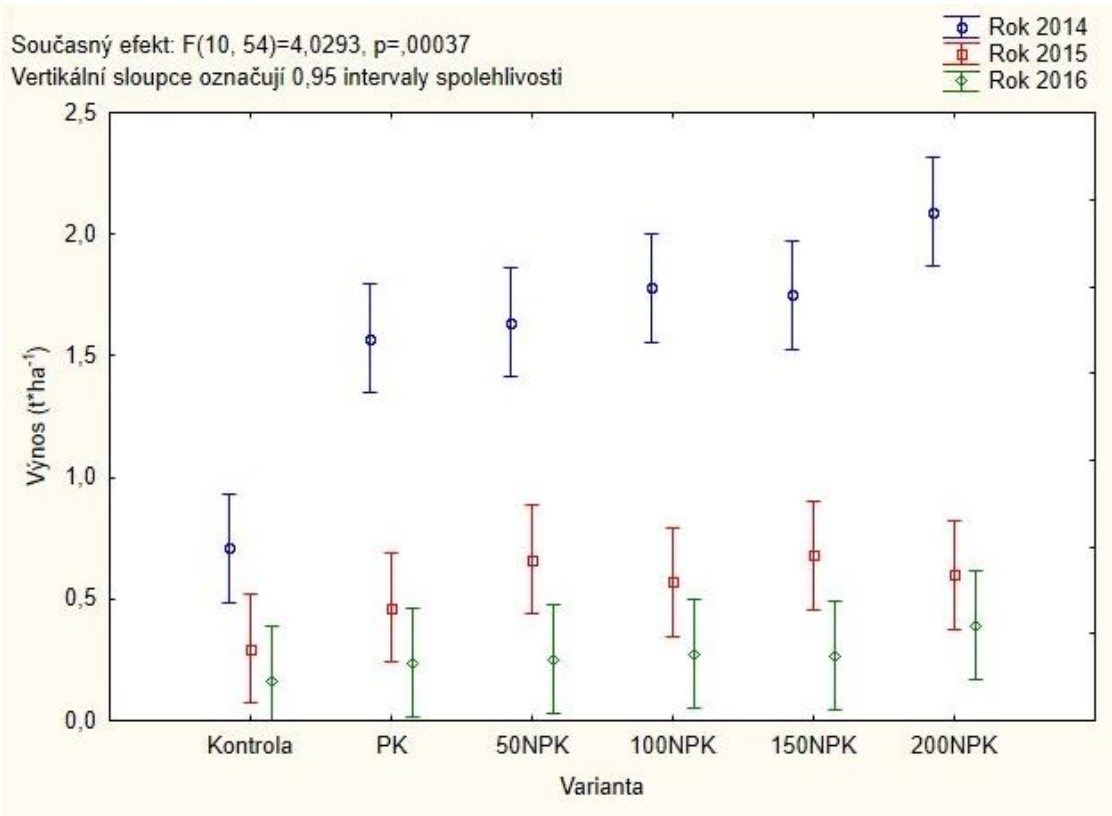


AgroCap – Agrostis capillaris, AchiMil – Achillea millefolium, AlchSp – Alchemilla subspecies, AlopPra – Alopecurus pratensis, AnthOdo – Anthoxanthum odoratum, AnthSyl – Anthriscus sylvestris, ArrhEla – Arrhenatherum elatius, CeraArv – Cerastium arvense, CeraHol – Cerastium holosteoides, DactGlo – Dactylis glomerata, FestPra – Festuca pratensis, FestRub – Festuca rubra, GaliMol – Galium mollugo, GlecHed – Glechoma hederacea, HolcLan – Holcus lanatus, HeraSph – Heracleum sphondylium, LathPra – Lathyrus pratensis, LeonAut – Leontodon autumnalis, LeonHis – Leontodon hispidus, LeucVul – Leucanthemum vulgare, LotuCor – Lotus corniculatus, LuzuCam – Luzula campestris, PhlePra – Phleum pratense, PlanLan – Plantago lanceolata, PoaPra – Poa pratensis, PoaTri – Poa trivialis, RanuAcr – Ranunculus acris, RanuAur – Ranunculus auricomus, RanuRep – Ranunculus repen, RumeAce – Rumex acetosa, StelGra – Stellaria graminea, TaraSp – Taraxacum subspecies, TrifDub – Trifolium dubium, TrifPra – Trifolium pratense, TrifRep – Trifolium repens, TrisFla – Trisetum flavescens, VeroCha – Veronica chamaedrys, ViciCra – Vicia cracca.

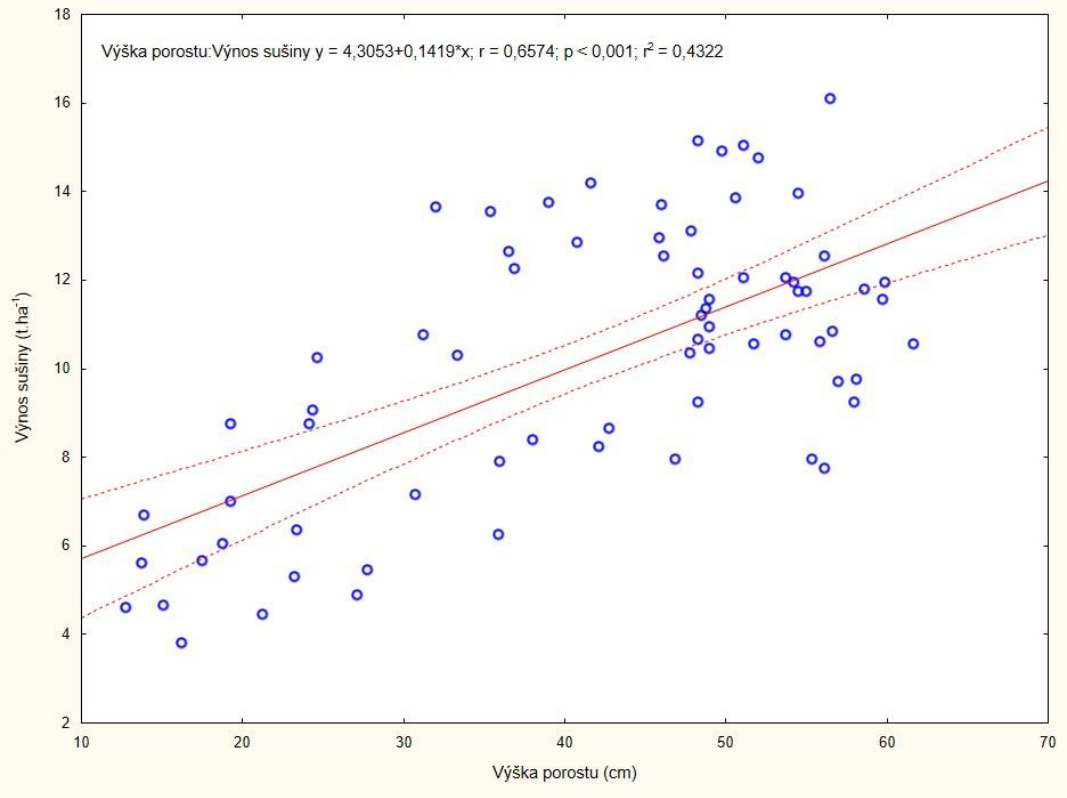
Graf P4 Vliv interakce Rok[x]Varianta na výnos v 2. seči.



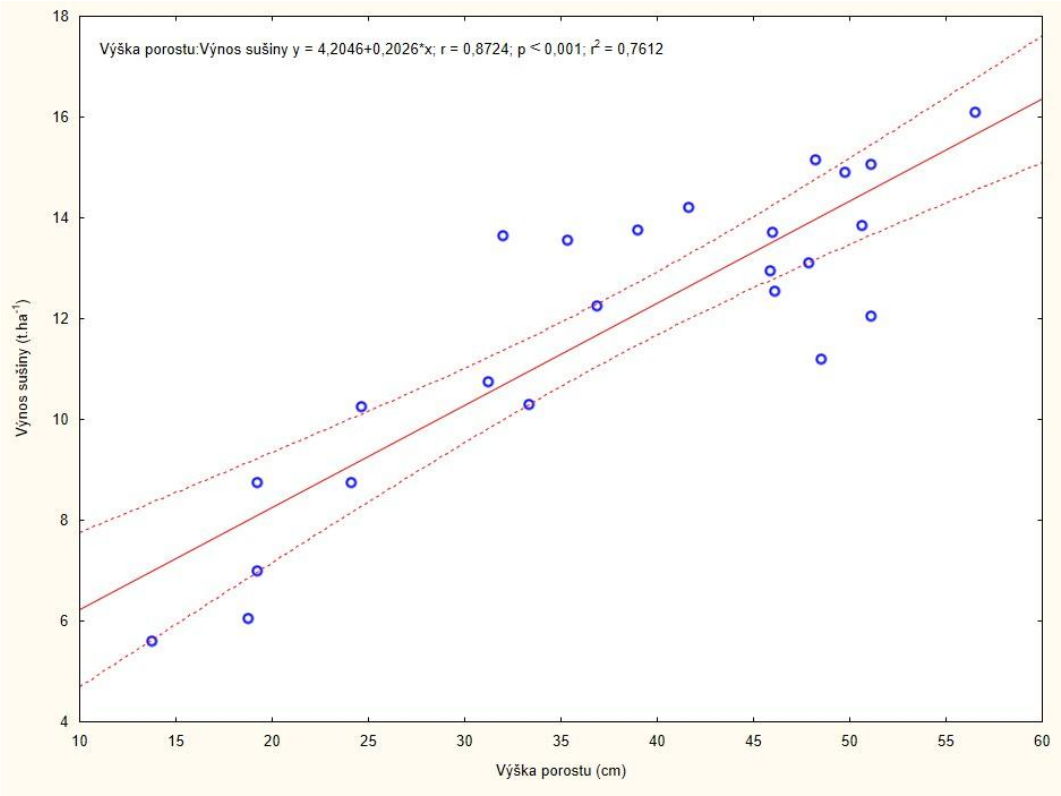
Graf P5 Vliv interakce Rok[x]Varianta na výnos v 3. seči.



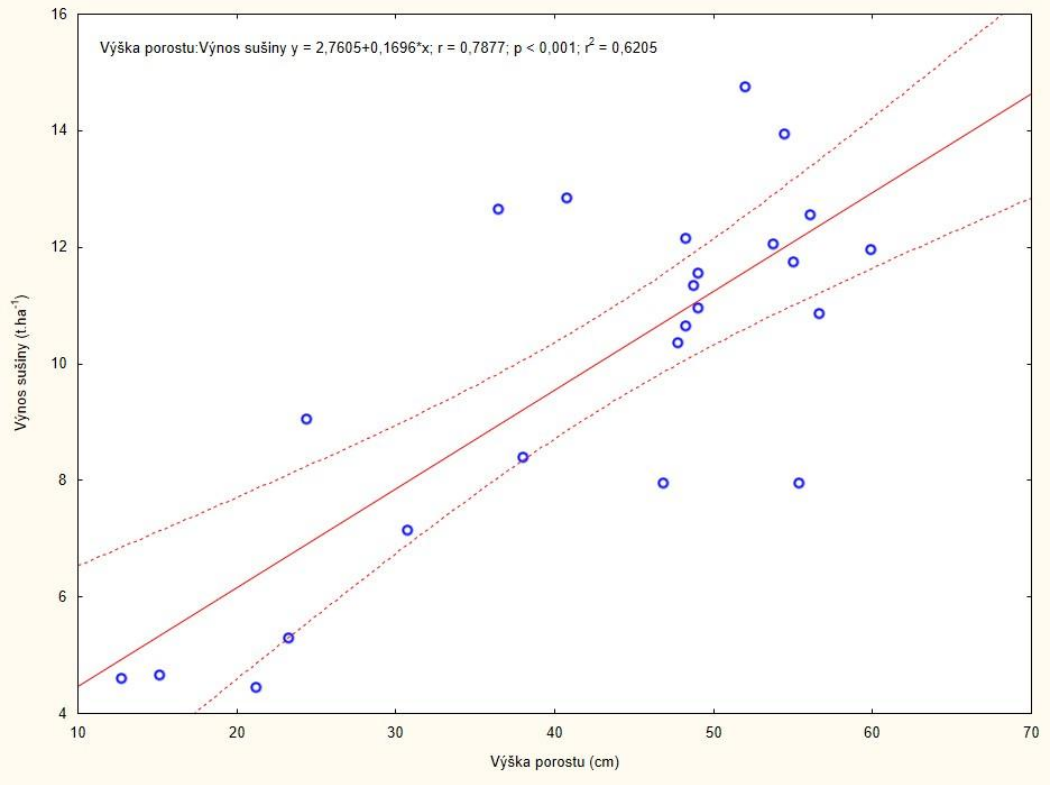
Graf P6 Interakce mezi výškou porostu a výnosem sušiny v letech 2014 – 2016; interval spolehlivosti 0,95.



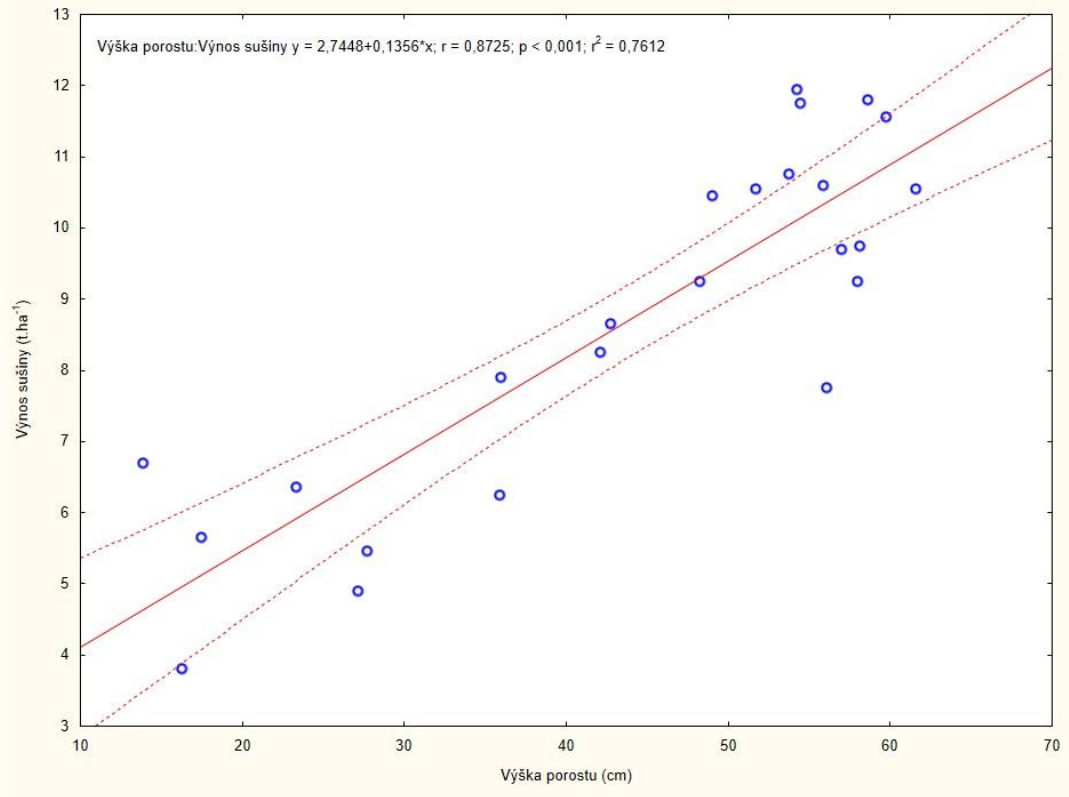
Graf P7 Interakce mezi výškou porostu a výnosem sušiny v letech 2014; interval spolehlivosti 0,95.



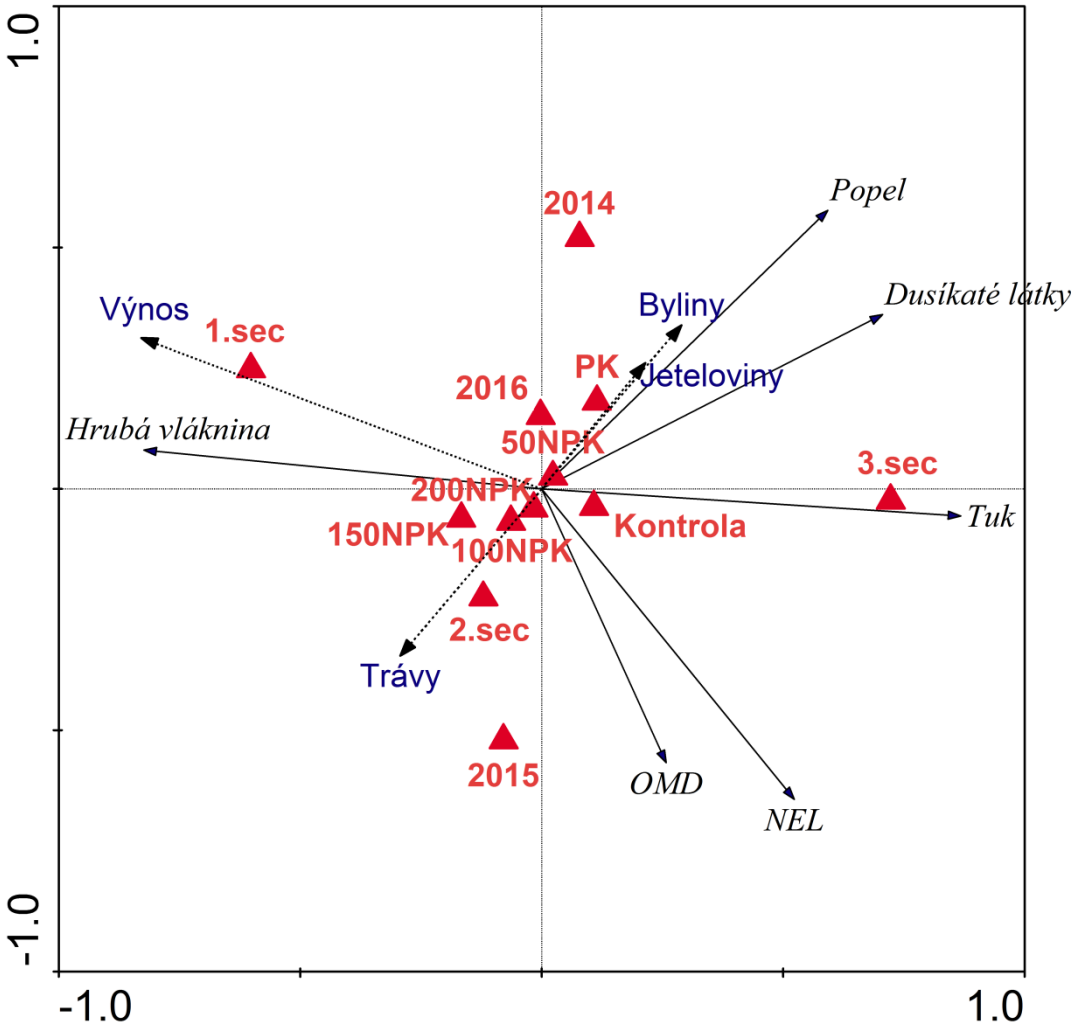
Graf P8 Interakce mezi výškou porostu a výnosem sušiny v letech 2015; interval spolehlivosti 0,95.



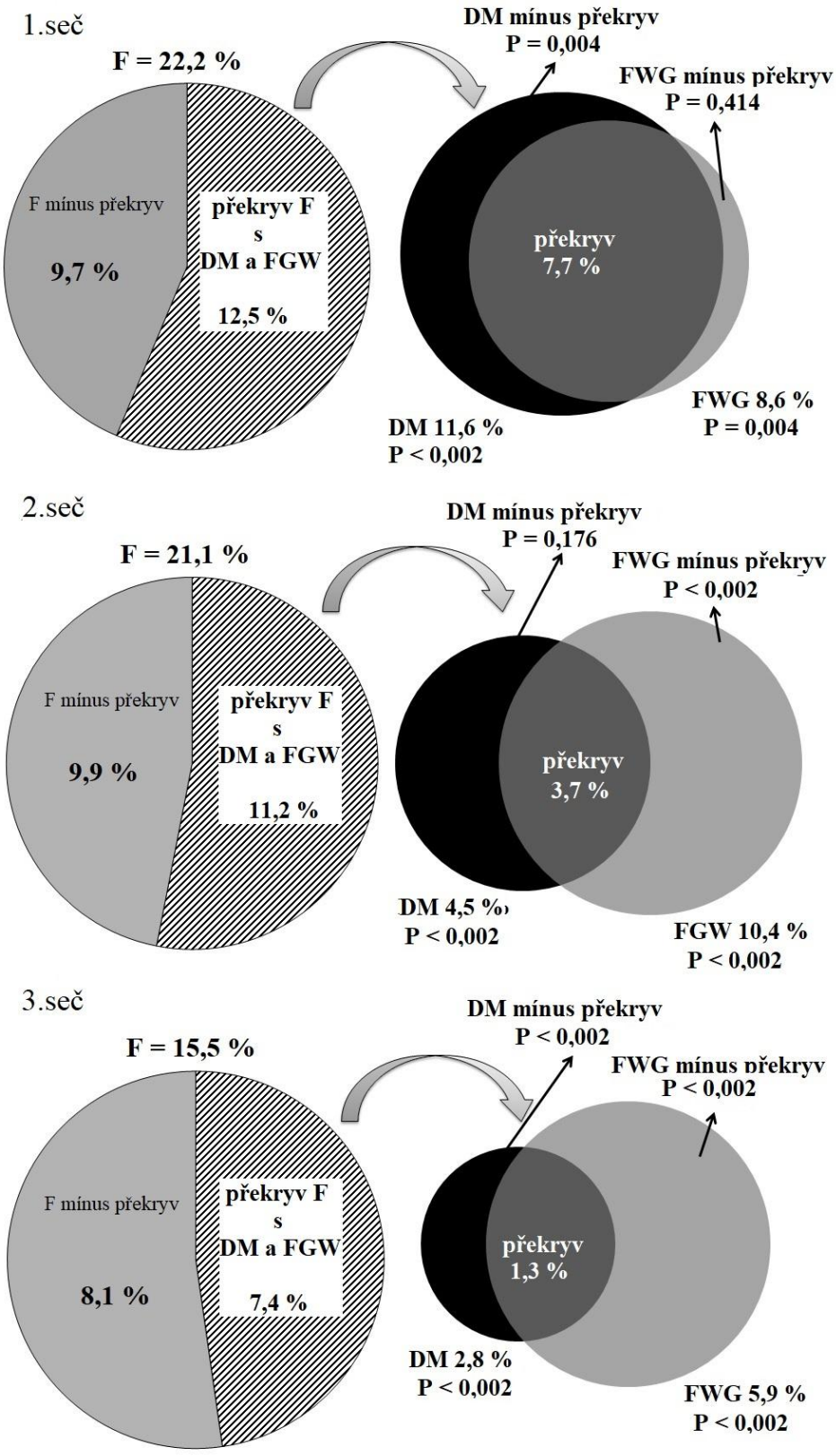
Graf P9 Interakce mezi výškou porostu a výnosem sušiny v letech 2016; interval spolehlivosti 0,95.



Graf P10 Ordinační diagram znázorňující výsledky RDA analýzy vlivu hnojení, seče a roku na kvalitu píce. Jako doplňkové proměnné byly použity hmotnostní podíly funkčních skupin (Jeteloviny, Byliny a Trávy) a výnos.



Graf P11 Vysvětlení síly hnojení (F) k variabilitě nutriční hodnoty píce následované procentuálním podílem výnosu sušiny (DM), podílem hmotností funkčních skupin (FGW) a jejich překrytím v rámci vlivu hnojení v každé seči.



Tabulka T1 Popis hnojení s ročními dávkami (kg.ha^{-1}) a chemickými vlastnostmi půdy v horní vrstvě (0 – 20 cm), rozbory v roce 2012.

Hnojení	**Aplikované dávky N:P:K**	**pH ($CaCl^2$)**	**K (mg.kg^{-1})**	**P (mg.kg^{-1})**	**Mg (mg.kg^{-1})**	**Ca (mg.kg^{-1})**
Kontrola	0:0:0	4,72	111	14	200	1661
PK	0:40:100	4,52	115	29	133	1407
50NPK	50:40:100	4,67	107	22	148	1796
100NPK	100:40:100	4,86	96	29	123	1936
150NPK	150:40:100	4,77	89	19	105	1862
200NPK	200:40:100	4,42	91	24	136	1412

Tabulka T2 Pokryvnosti zaznamenaných druhů (průměr 2014 – 2016, % D); N-T – nízké trávy, V-T – vysoké trávy, Jet – jeteloviny, N-B – nízké byliny a V-B – vysoké byliny.

Latinský název	**Český název**	**Funkční skupina**	**Kontrola**	**PK**	**50NPK**	**100NPK**	**150NPK**	**200NPK**
	Prázdná místa		1,8	0,7	1,3	0,0	0,0	0,3
Agrostis capillaris	psineček tenký	N-T	4,2a	4,1a	5,0a	1,9b	1,5b	3,1ab
Alopecurus pratensis	psárka luční	V-T	0,4e	2,8de	3,8cd	7,0b	6,5bc	10,8a
Anthoxanthum odoratum	tomka vonná	N-T	3,0a	2,3a	1,4b	1,3b	0,9b	0,8b
Arrhenatherum elatius	ovsík vyvýšený	V-T	3,0d	5,1cd	9,6c	18,0b	25,1a	27,8a
Bromus hordeaceus	sveřep měkký	N-T	<0,1	0,3	0,1	<0,1	<0,1	0,0
Cynosurus cristatus	poháňka hřebenitá	N-T	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Dactylis glomerata	srha říznačka	V-T	1,7b	1,7b	3,4a	2,4ab	2,4ab	2,2ab
Festuca pratensis	kostřava luční	V-T	1,8abc	0,9bc	2,6ab	3,4a	2,2abc	0,3c
Festuca rubra	kostřava červená	V-T	5,7a	4,5ab	4,2ab	3,1b	2,8b	3,4ab
Holcus lanatus	medyněk vlnatý	V-T	5,9c	8,4bc	13,5ab	12,8ab	15,4a	9,9abc
Lolium multiflorum	jílek mnohokvětý	N-T	0,0	0,0	0,0	<0,1	0,0	0,0
Lolium perenne	jílek vytrvalý	N-T	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0
Luzula campestris	bika ladní	N-T	3,6a	3,0a	1,2b	0,4bc	0,3bc	0,1c
Phleum pratense	bojínek luční	V-T	0,0	0,3	0,5	0,1	0,2	0,3
Poa palustris	lipnice bahenní	V-T	<0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
Poa pratensis	lipnice luční	V-T	4,9c	9,8ab	7,9b	10,4ab	11,4a	11,9a
Poa trivialis	lipnice obecná	V-T	<0,1b	0,5b	1,4b	3,1a	0,0b	0,0b
Trisetum flavescens	trojštět žlutavý	V-T	1,8b	2,3b	3,4ab	8,5a	8,2a	7,1ab
Lathyrus pratensis	hrachor luční	Jet	1,2a	0,0b	0,3b	0,0b	0,3b	0,0b
Lotus corniculatus	štírovník růžkatý	Jet	8,5a	4,2b	3,2b	1,1c	1,0c	0,3c
Trifolium dubium	jetel pochybný	Jet	1,2b	3,3a	1,1b	0,5b	<0,1b	<0,1b

Trifolium pratense	jetel luční	Jet	6,7ab	8,5a	5,2b	2,5c	2,0c	0,5c
Trifolium repens	jetel plazivý	Jet	7,7a	8,0a	3,8b	1,8c	0,9c	0,3c
Vicia cracca	vikev ptačí	Jet	0,1	0,1	0,3	0,0	0,2	<0,1
Achillea millefolium	řebříček obecný	V-B	0,8b	1,1ab	1,7a	1,0ab	1,3ab	1,1ab
Alchemilla sp.	kontryhel sp.	N-B	4,7a	3,5a	4,4a	3,5a	0,9b	0,9b
Anthriscus sylvestris	kerblík lesní	V-B	0,0c	0,4bc	1,1bc	1,0bc	2,7b	5,9a
Campanula patula	zvonek rozkladitý	V-B	<0,1	<0,1	<0,1	0,0	<0,1	0,1
Campanula sp.	zvonek sp.	V-B	<0,1b	0,0b	0,2a	<0,1b	<0,1b	0,0b
Cardamine pratensis	řeřišnice luční	N-B	0,4a	0,1b	<0,1b	<0,1b	<0,1b	0,1b
Centaurea jacea	chrpa luční	V-B	<0,1	<0,1	0,0	0,1	0,0	0,0
Cerastium arvense	rožec rolní	N-B	0,2	0,1	0,3	0,6	0,1	0,3
Cerastium holosteoides	rožec obecný	N-B	1,3a	0,6b	0,7b	0,5b	0,7b	0,4b
Convolvulus arvensis	svlačec rolní	V-B	0,0	0,0	<0,1	0,0	0,1	<0,1
Galium album	svízel bílý	V-B	0,0	0,0	0,0	<0,1	0,0	0,0
Galium mollugo	svízel povázka	V-B	0,0	0,6	<0,1	0,1	0,2	0,0
Geranium dissectum	kakost dlanitosečný	V-B	0,0	0,0	0,0	<0,1	0,0	0,0
Geranium pusillum	kakost maličký	N-B	0,0	<0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Glechoma hederacea	popenec břečťanovitý	N-B	0,4bc	0,0c	0,0c	0,3bc	1,2ab	1,6a
Heracleum sphondylium	bolševník obecný	V-B	0,6b	2,4a	3,4ab	2,8ab	0,7b	2,7ab
Hypochaeris radicata	prasetník kořenatý	V-B	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Leontodon autumnalis	pampeliška podzimní	N-B	0,7a	0,1b	0,0b	0,0b	0,0b	0,1b
Leontodon hispidus	máchelka srstnatá	N-B	11,4a	5,1b	2,1c	0,3c	0,2c	0,1c
Leucanthemum vulgare	kopretina bílá	V-B	2,6a	2,1ab	1,4bc	1,1bcd	0,7cd	0,2d
Lychnis flos-cuculi	kohoutek luční	V-B	0,0	0,0	<0,1	0,0	<0,1	0,0
Pimpinella major	bedrník větší	V-B	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0
Plantago lanceolata	jitrocel kopinatý	N-B	5,7a	4,1b	2,4c	2,1cd	1,2cd	0,9d
Ranunculus	pryskyřník	V-B	2,6a	2,1a	2,0a	1,1b	0,8b	0,4b

acris	prudký							
Ranunculus auricomus	pryskyřník zlatožlutý	N-B	0,3	0,3	0,3	0,5	0,4	0,2
Ranunculus repens	pryskyřník plazivý	V-B	<0,1	0,2	<0,1	0,1	0,5	0,3
Rumex acetosa	šťovík kyselý	V-B	1,7	2,8	2,6	2,3	2,2	2,1
Saxifraga granulata	lomikámen zrnatý	N-B	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
Stellaria graminea	ptačinec trávovitý	N-B	0,3ab	0,5a	0,5a	0,1b	0,3ab	0,1b
Taraxacum sect.	pampeliška sp.	N-B	1,2c	1,3bc	1,5abc	2,8ab	2,9a	2,1abc
Veronica arvensis	rozrazil rolní	N-B	<0,1	0,1	<0,1	0,1	0,1	<0,1
Veronica chamaedrys	rozrazil rezekvítek	N-B	1,5a	1,2a	1,1ab	1,0ab	1,2a	0,5b
Veronica serpyllifolia	rozrazil douškolistý	N-B	0,1	0,1	<0,1	0,1	0,1	<0,1
Viola sp.	violka sp.	N-B	0,2	0,1	0,2	<0,1	<0,1	<0,1

Jednofaktorová ANOVA, rozdílné písmenné indexy vyjadřují statisticky významné rozdíly Tukeyova HSD testu, α=0,05.

Tabulka T3 Významné rozdíly pokryvnosti druhů v hodnocených letech (průměr pokryvnosti za varianty hnojení); N-T – nízké trávy, V-T – vysoké trávy, Jet – jeteloviny, N-B – nízké byliny a V-B – vysoké byliny.

Latinský název	**Český název**	**Funkční skupina**	**2014**	**2015**	**2016**
Festuca rubra	kostřava červená	V-T	3,6ab	3,3b	4,9a
Holcus lanatus	medyněk vlnatý	V-T	6,5ab	12,9b	13,6a
Trifolium pratense	jetel luční	Jet	5,5a	3,7b	3,4b
Trifolium repens	jetel plazivý	Jet	5,8a	2,5b	2,9b
Achillea millefolium	řebříček obecný	V-B	1,5a	1,2ab	0,8b
Alchemilla sp.	kontryhel sp.	N-B	3,9a	2,8ab	2,4b
Campanula patula	zvonek rozkladitý	V-B	0,1a	0,0b	0,0b
Cerastium arvense	rožec rolní	N-B	0,6a	0,1b	0,2b
Cerastium holosteoides	rožec obecný	N-B	1,1a	0,6b	0,3b
Glechoma hederacea	popenec břečťanovitý	N-B	0,6ab	1,0a	0,2b
Leucanthemum vulgare	kopretina bílá	V-B	1,7a	1,5a	0,8b
Plantago lanceolata	jitrocel kopinatý	N-B	3,6a	2,4ab	2,1b
Rumex acetosa	šťovík kyselý	V-B	2,8a	3,1a	1,0b
Ranunculus auricomus	pryskyřník zlatožlutý	N-B	0,3ab	0,2b	0,5a
Stellaria graminea	ptačinec trávovitý	N-B	0,6a	0,2b	0,1b
Veronica arvensis	rozrazil rolní	N-B	0,1a	0,0b	0,0b
Veronica chamaedrys	rozrazil rezekvítek	N-B	1,4a	1,2a	0,6b
Veronica serpyllifolia	rozrazil douškolistý	N-B	0,0b	0,2a	0,1ab

Jednofaktorová ANOVA, rozdílné písmenné indexy vyjadřují statisticky významné rozdíly Tukeyova HSD testu, α=0,05.

Tabulka T4 Výsledky RDA analýzy sledovaných vlivů, vysvětlujících proměnných a výsledky dvoufaktorové ANOVY na botanické složení před první sečí (průměr 2014 – 2016).

Analýza	**Testované proměnné**	**Vysvětlující proměnné**	**% osa 1 (všechny)***	**F (všechny)****	**p (všechny)*****
RDA	Botanické složení	rok, hnojení	37,0	79,7	**0,002**
		(Graf P3)	(45,2)	(16,0)	**(0,002)**
		hnojení	3,7	3,9	**0,002**
				F	**p**
ANOVA	Botanické složení	Rok		4,6	< **0,001**
		Hnojení		5,4	< **0,001**
		Rok^{x}hnojení		0,9	0,951

* % osa1 (všechny) – variabilita kvality píce vysvětlena kanonickou první osou nebo všemi osami (v závorce). ** F (všechny) – F statistiky pro zkoušku první osy nebo všech os (v závorkách). *** p (všechny) – odpovídající hodnota pravděpodobnosti získaná permutační zkouškou Monte Carlo (499 permutací) pro zkoušku první osy nebo všech os (v závorkách). Dvoufaktorová ANOVA s interakcí pro botanické složení. Tučně jsou vyznačeny charakteristiky s průkaznými rozdíly na hladině významnosti α=0,05 (Tukey).

Tabulka T5 Počet druhů s pokryvností vyšší 3 % (N) u jetelovin, bylin a trav a pokryvnost (D) hlavního druhu v každé funkční skupině na jednotlivých variantách hnojení, zjištěno před první sečí v letech 2014 - 2016.

Rok	Varianta	Jeteloviny		Byliny		Trávy	
		Druhy		Druhy		Druhy	
		N	D %	N	D %	N	D %
2014	Kontrola	3	*TrifRep* 10	3	*LeonHis* 11	5	*FestRub* 5
	PK	4	*TrifRep* 12	4	*PlanLan* 6	5	*PoaPra* 9
	50NPK	3	*TrifRep* 7	2	*AlchSp* 7	5	*ArrhEla* 8
	100NPK	2	*TrifPra* 4	5	*AlchSp* 4	7	*ArrhEla* 17
	150NPK	1	*TrifPra* 3	2	*TaraSp* 4	5	*ArrhEla* 21
	200NPK	0	*TrifPra* 1	2	*AnthSyl* 7	8	*ArrhEla* 21
2015	Kontrola	3	*LotuCor* 8	4	*LeonHis* 12	6	*HolcLan* 7
	PK	3	*TrifPra* 8	2	*LeonHis* 5	6	*HolcLan* 10
	50NPK	1	*TrifPra* 4	3	*RumeAce* 4	8	*HolcLan* 16
	100NPK	0	*TrifPra* 2,5	1	*AlchSp* 3	6	*ArrhEla* 18
	150NPK	0	*TrifPra* 2	0	*RumeAce* 2,5	5	*ArrhEla* 25
	200NPK	0	*TrifPra* 0,5	1	*AnthSyl* 6	6	*ArrhEla* 28
2016	Kontrola	3	*LotuCor* 9	3	*LeonHis* 12	6	*FestRub* 7
	PK	4	*TrifPra* 8	2	*LeonHis* 5	7	*PoaPra* 10
	50NPK	1	*TrifPra* 5	1	*AlchSp* 3	8	*HolcLan* 18
	100NPK	0	*TrifPra* 1	1	*AlchSp* 3	7	*ArrhEla* 19
	150NPK	0	*TrifPra* 1	0	*TaraSp* 2	6	*ArrhEla* 29
	200NPK	0	*LotuCor* 0,5	1	*AnthSyl* 5	6	*ArrhEla* 34

AlchSp – Alchemilla subspecies, AnthSyl – Anthriscus sylvestris, ArrhEla – Arrhenatherum elatius, FestRub – Festuca rubra, HolcLan – Holcus lanatus, LeonHis – Leontodon hispidus, LotuCor – Lotus corniculatus, PlanLan – Plantago lanceolata, PoaPra – Poa pratensis, RumeAce – Rumex acetosa, TaraSp – Taraxacum subspecies, TrifPra – Trifolium pratense, TrifRep – Trifolium repens.

Tabulka T6 Statistické vyhodnocení porostových charakteristik pro roky, hnojení a interakci roku a hnojení (průměr 2014 – 2016).

Testovaná proměnná	F	p
Vysoké trávy (%)		
Rok	47,955	< **0,001**
Hnojení	125,34	< **0,001**
Rok^{x}hnojení	0,864	0,569
Nízké trávy (%)		
Rok	3,443	0,035
Hnojení	2,275	0,051
Rok^{x}hnojení	1,276	0,251
Vysoké byliny (%)		
Rok	19,967	< **0,001**
Hnojení	3,985	**0,002**
Rok^{x}hnojení	0,955	0,486
Nízké byliny (%)		
Rok	23,834	< **0,001**
Hnojení	45,093	< **0,001**
Rok^{x}hnojení	0,971	0,472
Jeteloviny (%)		
Rok	36,002	< **0,001**
Hnojení	149,22	< **0,001**
Rok^{x}hnojení	2,289	**0,017**
Celkem trávy (%)		
Rok	86,751	< **0,001**
Hnojení	174,9	< **0,001**
Rok^{x}hnojení	1,38	0,197
Celkem byliny (%)		
Rok	44,205	< **0,001**
Hnojení	31,216	< **0,001**
Rok^{x}hnojení	1,35	0,211
Celkový počet trávy		
Rok	5,916	**0,004**
Hnojení	11,009	< **0,001**
Rok^{x}hnojení	0,736	0,689
Celkový počet byliny		
Rok	6,131	**0,003**
Hnojení	3,402	**0,006**
Rok^{x}hnojení	1,253	0,264
Celkový počet jeteloviny		
Rok	0,207	0,813
Hnojení	22,496	< **0,001**
Rok^{x}hnojení	0,163	0,998

Dvoufaktorová ANOVA s interakcí; tučně jsou vyznačeny charakteristiky s průkaznými rozdíly na hladině významnosti α=0,05 (Tukey).

Tabulka T7 Vliv hnojení na pokryvnost – D (%) vysokých trav (V-T), nízkých trav (N-T), vysokých bylin (V-B), nízkých bylin (N-B), celkem trav (T), celkem bylin (B) a jetelovin (J) v letech 2014 – 2016.

Rok		**Varianta**					
		Kontrola	**PK**	**50NPK**	**100NPK**	**150NPK**	**200NPK**
2014	V-T (%)	15,8c	23,7bc	30,0b	46,1a	54,3a	52,0a
	N-T (%)	14,1ab	12,5b	14,6ab	15,2ab	13,4ab	20,3a
	V-B (%)	14,0	12,3	11,8	13,0	15,0	15,3
	N-B (%)	23,6a	20,7a	22,9a	16,3ab	10,3b	10,7b
	Celkem T (%)	29,9d	36,2cd	44,6c	61,3b	67,7ab	72,3a
	Celkem B (%)	37,6a	33,0ab	34,6ab	29,3ab	25,2b	26,0b
	J (%)	30,0a	30,8a	20,8b	9,4c	7,1cd	1,7d
2015	V-T (%)	22,0d	33,5c	45,3b	59,0a	60,4a	66,2a
	N-T (%)	15,0	15,3	15,4	16,3	12,4	16,2
	V-B (%)	14,5a	9,0ab	7,1b	8,1b	9,2ab	12,2ab
	N-B (%)	25,7a	20,8a	19,2a	12,0b	8,6b	9,4b
	Celkem T (%)	37,0d	48,8c	60,7b	75,3a	78,6a	76,6a
	Celkem B (%)	40,2a	29,7b	26,3bc	20,2cd	17,8d	21,6cd
	J (%)	21,5a	20,4a	9,7b	4,5bc	3,5bc	1,0c
2016	V-T (%)	23,4d	35,1c	48,5b	64,5a	69,1a	70,7a
	N-T (%)	18,4	18,2	20,5	16,0	14,1	16,8
	V-B (%)	10,8	9,8	6,8	6,7	7,4	8,6
	N-B (%)	21,5a	14,8b	12,2b	9,2bc	4,8c	4,8c
	Celkem T (%)	41,8d	53,3c	69,1b	80,5a	84,8a	85,9a
	Celkem B (%)	32,3a	24,5b	19,0bc	15,9c	12,2c	13,4c
	J (%)	24,4a	21,1a	11,3b	3,6c	3,0c	0,7c

Dvoufaktorová ANOVA, rozdílné písmenné indexy vyjadřují statisticky významné rozdíly Tukeyova HSD testu pro každý faktor.

Tabulka T8 Vliv hnojení na celkový počet druhů jetelovin (J), bylin (B) a trav (T) v letech 2014 – 2016.

Rok		Varianta					
		Kontrola	**PK**	**50NPK**	**100NPK**	**150NPK**	**200NPK**
	J	4a	4a	4a	3a	3a	2b
2014	B	13	14	14	14	13	11
	T	9bc	10abc	10ab	11a	9bc	8c
	J	4a	4ab	4ab	3ab	3b	2c
2015	B	13a	12a	12a	10ab	11a	8b
	T	9bc	11a	11a	10ab	9bc	8c
	J	4a	4a	4a	3a	3a	1b
2016	B	12ab	12ab	13a	10bc	10bc	8c
	T	10bc	11ab	12a	11ab	10bc	9c

Dvoufaktorová ANOVA, rozdílné písmenné indexy vyjadřují statisticky významné rozdíly Tukeyova HSD testu pro každý faktor.

Tabulka T9 Vliv roku, seče a hnojení na hmotnostní podíl funkčních skupin (FGW) jeteloviny – J, byliny – B, trávy – T ($g.kg^{-1}$), výnos sušiny – DM ($t.ha^{-1}$) (průměr let 2014 – 2016) a vliv roku a hnojení na výšku (cm) porostu v první seči v letech 2014 – 2016.

	Rok				**Seč**				**Hnojení**
	2014	**2015**	**2016**	**p**	**1**	**2**	**3**	**p**	**p**
DM	8,51	7,98	7,38	0,242	5,19a	1,97b	0,80c	< **0,001**	**0,001**
J	91a	52b	57b	**0,006**	43b	93a	64ab	**0,001**	< **0,001**
B	256a	141b	143b	< **0,001**	131b	210a	198a	**0,005**	< **0,001**
T	653b	807a	800a	< **0,001**	826a	697b	738b	**0,001**	< **0,001**
Výška	38,0b	42,7a	43,5a	**0,005**	-	-	-	-	< **0,001**

Třífaktorová ANOVA pro DM a funkční skupiny a dvoufaktorová ANOVA pro výšku porostu. Rozdílné písmenné indexy vyjadřují statisticky významné rozdíly Tukeyova HSD testu pro každý faktor. Dvoufaktorová ANOVA s interakcí; tučně jsou vyznačeny charakteristiky s průkaznými rozdíly na hladině významnosti α=0,05.

Tabulka T10 Statistické vyhodnocení výšky porostu (cm), výnosu sušiny ($t.ha^{-1}$) a hmotnostního podílu funkčních skupin – FGW ($g.kg^{-1}$) pro roky, hnojení a interakci roku v první seči v letech 2014 – 2016.

Testovaná proměnná	F	p
Výška porostu		
Rok	6,222	**0,004**
Hnojení	55,245	< **0,001**
Rok^{x}hnojení	1,260	0,276
Výnos sušiny		
Rok	32,938	< **0,001**
Hnojení	46,378	< **0,001**
Rok^{x}hnojení	0,806	0,624
FGW trav		
Rok	35,733	< **0,001**
Hnojení	24,347	< **0,001**
Rok^{x}hnojení	0,965	0,484
FGW bylin		
Rok	34,733	< **0,001**
Hnojení	21,043	< **0,001**
Rok^{x}hnojení	1,093	0,384
FGW jetelovin		
Rok	9,141	< **0,001**
Hnojení	11,950	< **0,001**
Rok^{x}hnojení	0,770	0,657

Dvoufaktorová ANOVA s interakcí; tučně jsou vyznačeny charakteristiky s průkaznými rozdíly na hladině významnosti α=0,05 (Tukey).

Tabulka T11 Vliv hnojení na výšku porostu (cm), výnos sušiny DM ($t.ha^{-1}$) a hmotnostní podíl funkčních skupin – FGW ($g.kg^{-1}$) v první seči v letech 2014 – 2016.

Rok		**Varianta**					
		Kontrola	**PK**	**50NPK**	**100NPK**	**150NPK**	**200NPK**
2014	Výška porostu	17,8c	28,3bc	40,3ab	49,8a	45,4a	46,2a
	DM	2,9b	3,9b	6,1a	6,5a	6,2a	6,8a
	FGW trav	383b	594ab	770a	771a	791a	863a
	FGW bylin	503a	265b	155b	192b	165b	125b
	FGW jetelovin	113ab	141a	75ab	37ab	44ab	13,5b
2015	Výška porostu	20,0c	33,1bc	54,5a	47,9ab	52,2a	48,3ab
	DM	2,6c	4,1bc	5,9ab	7,1a	6,1ab	7,1a
	FGW trav	709c	768bc	951ab	926ab	974a	983a
	FGW bylin	224a	129ab	39b	59b	18b	17b
	FGW jetelovin	67ab	103a	10b	16b	7b	0b
2016	Výška porostu	18,7b	30,8b	49,7a	53,1a	55,5a	57,1a
	DM	2,6b	3,3b	5,2a	6,0a	5,7a	5,4a
	FGW trav	692b	856a	962a	962a	958a	956a
	FGW bylin	225a	97ab	33b	34b	34b	44b
	FGW jetelovin	83a	48ab	5bc	4c	8bc	1c
2014 - 2016	Výška porostu	18,8c	30,7b	48,2a	50,3a	51,0a	50,5a
	DM	2,7c	3,8b	5,8a	6,5a	6,0a	6,4a
	FGW trav	595c	739bc	894ab	886ab	908a	934a
	FGW bylin	317a	164b	76b	95b	73b	62b
	FGW jetelovin	88a	97a	30b	19b	20b	5b

Dvoufaktorová ANOVA, rozdílné písmenné indexy vyjadřují statisticky významné rozdíly Tukeyova HSD testu pro každý faktor.

Tabulka T12 Statistické vyhodnocení výnosu sušiny (t.ha^{-1}) a hmotnostního podílu funkčních skupin – FGW (g.kg^{-1}) pro roky, hnojení, seč a interakci roku, hnojení a seče (průměr sečí a let 2014 – 2016).

Testovaná proměnná	F	p
Výnos sušiny		
Rok	9,058	< **0,001**
Hnojení	74,727	< **0,001**
Seč	1320,2	< **0,001**
Rok^{x}hnojení^{x}seč	1,2705	0,206
FGW trav		
Rok	62,78	< **0,001**
Hnojení	140,08	< **0,001**
Seč	36,046	< **0,001**
Rok^{x}hnojení^{x}seč	1,067	0,389
FGW bylin		
Rok	49,631	< **0,001**
Hnojení	91,249	< **0,001**
Seč	20,875	< **0,001**
Rok^{x}hnojení^{x}seč	1,249	0,221
FGW jetelovin		
Rok	14,114	< **0,001**
Hnojení	60,503	< **0,001**
Seč	19,61	< **0,001**
Rok^{x}hnojení^{x}seč	0,844	0,658

Třífaktorová ANOVA s interakcí; tučně jsou vyznačeny charakteristiky s průkaznými rozdíly na hladině významnosti α=0,05 (Tukey).

Tabulka T13 Výnos – DM (t.ha^{-1}), průměrné hmotnostní podíly jetelovin (J), bylin (B) a trav (T) (g.kg^{-1}) pro každou seč a variantu hnojení, v letech 2014 – 2016. Pro první seč je uvedena pokryvnost agrobotanických skupin zjištěna před první sečí redukovanou metodou odhadu (%).

Seč		**Varianta**						
		Kontrola	**PK**	**50NPK**	**100NPK**	**150NPK**	**200NPK**	**p**
1	DM	2,71c	3,76b	6,11a	6,21a	6,33a	6,05a	< **0,001**
	J	88a	97a	30b	19b	20b	5b	< **0,001**
		(25 %)	(24 %)	(14 %)	(6 %)	(5 %)	(1 %)	
	B	317a	164b	76b	95b	73b	62b	< **0,001**
		(37 %)	(29 %)	(27 %)	(22 %)	(18%)	(20 %)	
	T	595c	739bc	894ab	886ab	908a	934a	< **0,001**
		(36 %)	(46 %)	(58 %)	(72 %)	(77 %)	(78 %)	
2	DM	1,18c	1,68bc	1,85bc	2,11ab	2,68a	2,30ab	< **0,001**
	J	209a	186ab	124b	34c	1c	6c	< **0,001**
	B	536d	263c	204bc	107ab	89ab	61a	< **0,001**
	T	255c	551b	672b	589a	610a	934a	< **0,001**
3	DM	0,39	0,76	0,85	0,87	0,90	1,3	0,256
	J	138a	124a	80ab	21bc	14c	5c	< **0,001**
	B	386a	263b	167bc	138c	126c	112c	< **0,001**
	T	476c	613b	753a	841a	861a	884a	< **0,001**

Dvoufaktorová ANOVA, p – hladina významnosti, rozdílné písmenné indexy vyjadřují statisticky významné rozdíly Tukeyova HSD testu pro každý faktor. Tučně jsou vyznačeny charakteristiky s průkaznými rozdíly na hladině významnosti α=0,05.

Tabulka T14 Vliv roku, seče a hnojení na NL, tuky, vlákninu, popel, OMD ($g.kg^{-1}$) a NEL ($MJ.kg^{-1}$) (průměr 2014 – 2016).

	Rok				**Seč**				**Hnojení**
	2014	**2015**	**2016**	**p**	**1**	**2**	**3**	**p**	**p**
NL	145 a	123 b	136 a	< **0,001**	116 c	128 b	160 a	< **0,001**	< **0,001**
tuk	28	26	28	0,402	19 c	28 b	35 a	< **0,001**	0,180
vláknina	255	259	258	0,740	288 a	254 b	230 c	< **0,001**	< **0,001**
popel	101 a	84 c	94 b	< **0,001**	87 b	90 b	103 a	< **0,001**	< **0,001**
NEL	5,12b	5,55a	5,20b	< **0,001**	4,83c	5,44b	5,59a	< **0,001**	0,483
OMD	619 c	656 a	633 b	< **0,001**	625 b	626 b	656 a	< **0,001**	0,668

Třífaktorová ANOVA, p – hladina významnosti, rozdílné písmenné indexy vyjadřují statisticky významné rozdíly Tukeyova HSD testu pro každý faktor. Tučně jsou vyznačeny charakteristiky s průkaznými rozdíly na hladině významnosti α=0,05.

Tabulka T15 Průměrné hodnoty NL, tuku, vlákniny, popele, OMD ($g.kg^{-1}$) a NEL ($MJ.kg^{-1}$) za roky 2014 – 2016 v první, druhé a třetí seči.

		Varianta						
Seč		**Kontrola**	**PK**	**50NPK**	**100NPK**	**150NPK**	**200NPK**	**p**
1	NL	115b	112b	100b	109b	113b	146a	< **0,001**
	tuk	17	20	19	19	17	20	0,598
	vláknina	260c	277bc	294ab	297ab	309a	294ab	< **0,001**
	popel	92	93	86	86	82	84	0,054
	NEL	5,12a	4,87b	4,77b	4,72b	4,66b	4,82b	< **0,001**
	OMD	629	624	629	635	619	615	0,614
2	NL	130	128	131	123	119	139	0,151
	tuk	24c	29abc	32a	30ab	26bc	26bc	**0,001**
	vláknina	230c	248b	247b	263ab	270a	268a	< **0,001**
	popel	96ab	99a	96ab	86ab	81b	82b	**0,003**
	NEL	5,52	5,34	5,46	5,37	5,45	5,52	0,736
	OMD	629	620	635	628	628	616	0,345
3	NL	156b	156b	154b	152b	162b	178a	< **0,001**
	tuk	31b	35ab	36ab	37a	37a	37a	**0,004**
	vláknina	216b	230ab	236a	236a	234ab	231ab	**0,016**
	popel	107	107	103	99	99	101	0,148
	NEL	5,54	5,47	5,48	5,62	5,66	5,76	0,341
	OMD	658	653	656	656	659	657	0,999

Dvoufaktorová ANOVA, P – hladina významnosti, rozdílné písmenné indexy vyjadřují statisticky významné rozdíly Tukeyova HSD testu pro každý faktor. Tučně jsou vyznačeny charakteristiky s průkaznými rozdíly na hladině významnosti $\alpha=0,05$.

Tabulka T16 Výsledky redundanční analýzy sledovaných vlivů vysvětlujících proměnných na kvalitu píce v každé seči (DM = výnos sušiny; FGW = hmotnost funkčních skupin; parametry patřící k funkčním skupinám a kvalitě píce jsou uvedeny v tabulce T9 a T14).

Testované proměnné	**Vysvětlující proměnné**	**Kovariáty**	**% osa 1 (všechny)***	**F (všechny)****	**p (všechny)*****
Kvalita píce	rok, seč, hnojení (Graf P10)	-	43,3 (64,9)	157,5 (42,2)	**0,002 (0,002)**
1.seč	hnojení	rok	14,3 (22,2)	13,9 (4,9)	**0,002 (0,002)**
	hnojení	rok, DM, FGW	6,0 (9,7)	6,1 (2,1)	**0,080 (0,020)**
	hnojení	rok, DM, pokryvnost	4,0 (7,5)	4,2 (1,7)	0,272 (0,088)
	pokryvnost	rok	11,3 (11,7)	11,1 (5,7)	**0,002 (0,002)**
	pokryvnost	rok, DM	3,8 (4,2)	3,9 (2,2)	**0,040 (0,046)**
2.seč	hnojení	rok	12,4 (21,1)	16,9 (7,1)	**0,002 (0,002)**
	hnojení	rok, DM, FGW	5,3 (9,9)	8,3 (3,5)	**0,008 (0,002)**
3.seč	hnojení	rok	9,0 (15,5)	10,8 (4,2)	**0,002 (0,002)**
	hnojení	rok, DM, FGW	5,9 (8,1)	7,8 (2,2)	**0,010 (0,008)**

* % osa1 (všechny) – variabilita kvality píce vysvětlena první kanonickou osou nebo všemi osami (v závorce). ** F (všechny) – F statistiky pro zkoušku první osy nebo všech os (v závorkách). *** p (všechny) – odpovídající hodnota pravděpodobnosti získaná permutační zkouškou Monte Carlo (499 permutací) pro zkoušku první osy nebo všech os (v závorkách). Tučně jsou vyznačeny charakteristiky s průkaznými rozdíly na hladině významnosti α=0,05.

Obrázek O1 Celkový pohled na pokusné stanovište Senožaty před první sečí.

Obrázek O2 Celkový pohled na pokusné stanovište Senožaty po první sečí.

Obrázek O3 Prstová žací lišta MF-70 (140 cm).

Obrázek O4 Stanovení hmotnostního poměru funkčních skupin: trav, jetelovin a bylin ve druhé seči - Kontrola.

Obrázek O5 Stanovení hmotnostního poměru funkčních skupin: trav, jetelovin a bylin ve třetí seči - Kontrola.

Obrázek O6 Hodnocení botanického složení.

Obrázek O7 Rozdíl mezi druhovým složením na hnojené variantě 200NPK a nehnojené kontrole.

Obrázek O8 1. seč 11. 6. 2014.

Obrázek O9 1. seč 11. 6. 2015.

Obrázek O10 1. seč 14. 6. 2016.

Obrázek O11 Poléhání porostu na vyšších dávkách N-hnojení.

Obrázek O12 Posečená biomasa v první seči – Kontrola.

Obrázek O13 Posečená biomasa v první seči – 200NPK.

Obrázek O14 Vzhled podrostu po 1. seči parcela – Kontrola.

Obrázek O15 Vzhled podrostu po 1. seči parcela – 200NPK.

Obrázek O16 Výskyt parazitického druhu *Cuscuta epithymum* na jetelovinách ve druhé a třetí seči.

11. Publikační činnost

Vědecké články s IF

Dindová, A., Hakl, J., Hrevušová, Z., Nerušil, P. 2019. Relationship between long-term fertilization management and forage nutritive value in grasslands. Agriculture, Ecosystems and Environment. 279: 139-148.

Recenzované publikace

Hakl, J., Šantrůček, J., Pisarčík, M., **Dindová A.** 2017. Agronomic factors affecting productivity and nutritive value of perennial fodder crops: A Review. Sloval Journal of Animal Science. 50 (1): 33-41. ISSN: 1337-9984.

Odborné časopisy, konference, semináře

Hrevušová, Z., **Dindová, A.**, Hakl, J. 2017. Také louky potřebují hnojit. Farmář. 4: 18-20.

Dindová, A., Hakl, J. Změna sklizňového hmotnostního podílu agrobotanických skupin mezofytního lučního porostu v závislosti na hnojení. Aktuální témata v pícninářství a trávníkářství 2016, ČZU v Praze, 1. 12. 2016, s. 5-10. ISBN 978-80-213-2707-8.

Hrevušová, Z., **Dindová, A.**, Hakl, J. Využití indexu fidelity k určení vztahu dvouděložných druhů a přesličky bahenní k trofickému stupni psárkové louky. Aktuální témata v pícninářství a trávníkářství 2016, ČZU v Praze, 1. 12. 2016, s. 18-24. ISBN 978-80-213-2707-8.

Skalická, J., Nohejlová, L., **Dindová, A.**, Veverková, P. Druhová preference při pastvě ovcí (různá plemena) nebo smíšených stád ovcí a koz. Aktuální témata v pícninářství a trávníkářství 2016, ČZU v Praze, 1. 12. 2016, s. 57-60. ISBN 978-80-213-2707-8.

Dindová, A., Hakl, J. Změna druhového složení vlivem hnojení. X. Vedecká konferencia doktorandov FAPZ SPU v Nitre s mezinárodnou účasťou konaná pri príležitosti Týždňa vedy a techniky na Slovensku. FAPZ Slovenská polnohospodárska univerzita v Nitre, 12. 11. 2015, s. 96-99. ISBN: 978-80-552-1421-4.

Dindová, A., Hakl, J., Nerušil, P. Bílkovinná a energetická hodnota píce mezofytního lučního porostu. Aktuální témata v pícninářství a trávníkářství 2015, ČZU v Praze, 3. 12. 2015, s. 14-19. ISBN: 978-80-213-2611-8.

Dindová, A., Hrevušová, Z., Hakl, J. Změny vybraných porostových charakteristik na lučním stanovišti s reziduálním působením hnojiv. Aktuální témata v pícninářství a trávníkářství 2014, ČZU v Praze, 4. 12. 2014, s. 17-22. ISBN: 978-80-213-2529-6.

Bláhová, J., Hrevušová, Z., **Dindová, A.** Vliv N, P, K hnojení na počet rostlinných druhů na ovsíkové louce. Aktuální témata v pícninářství a trávníkářství 2014, ČZU v Praze, 4. 12. 2014, s. 7-10. ISBN 978-80-213-2529-6.

Fučíková, M., Hrevušová, Z., **Dindová, A.** Vliv aplikace dusíku na rozšíření přesličky bahenní. Aktuální témata v pícninářství a trávníkářství 2013, ČZU v Praze, 5. 12. 2013, s. 25-29. ISBN: 978-80-213-2431-2.

Picek, T., Hrevušová, Z., **Dindová, A.** Vliv umělého zasněžování na botanické složení trvalých travních porostů. Aktuální témata v pícninářství a trávníkářství 2013, ČZU v Praze, 5. 12. 2013, s. 118-123. ISBN: 978-80-213-2431-2.

Dindová, A. Zastoupení agrobotanických skupin v pastevním porostu ve vztahu k výnosu porostu a užitkovosti pasoucích se ovcí. VIII. Vedecká konferencia doktorandov s mezinárodnou účasťou konaná pri príležitosti Európskeho týždňa vedy. FAPZ Slovenská polnohospodárska univerzita v Nitre, 22. 11. 2013, s. 24-27. ISBN: 978-80-552-1091-9.

Dindová, A., Hrevušová, Z., Hakl, J. Vliv stlačené výšky na výnosy lučního porostu mezofytního charakteru. Aktuální témata v pícninářství a trávníkářství 2013, ČZU v Praze, 5. 12. 2013, s. 20-24. ISBN: 978-80-213-2431-2.