

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra pícninářství a travníkářství



Vliv dlouhodobého hnojení na kvalitu píce vojtěšky

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Lenka Čítková

Vedoucí práce: doc. Ing. Josef Hakl, Ph.D.

© 2016 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

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

V Praze dne 8. 4. 2016

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala panu doc. Ing. Josefu Haklovi, Ph.D. za vedení diplomové práce a cenné rady při jejím zpracování. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Janě Konečné za pomoc při odběru a analýze vzorků a paní Ing. Marii Štýbnarové, Ph.D. za zpracování části kvalitativních rozborů.

Vliv dlouhodobého hnojení na kvalitu píce vojtěšky

Souhrn

Kvalita píce vojtěšky seté (*Medicago sativa L.*) je zásadní ve vztahu k výživě zvířat. Jednou z možností, jak ji ovlivnit, je zvýšení dostupných živin v půdě hnojením. Cílem této práce bylo zhodnotit vliv dlouhodobého hnojení na kvalitu a strukturu porostu vojtěšky seté.

Dlouhodobý experiment s hnojením byl založen v roce 1955 ve Výzkumném ústavu rostlinné výroby v Praze - Ruzyni. Pokus s porostem vojtěšky byl založen na jaře roku 2013 jako podsev do ječmene jarního. Bylo hodnoceno 6 rozdílných variant hnojení: varianta nehnojená organicky ani minerálně (kontrolní varianta); varianty hnojené minerálně s nízkými a vysokými dávkami N - P - K; varianta hnojená pouze hnojem a varianty hnojené kombinací hnoje a nízkých a vysokých dávek N - P - K. Vzorky píce byly odebrány z první seče v roce 2015, ve 4 opakováních a byl stanoven počet rostlin/m² (R/m²), počet lodyh/m² (L/m²) a maximální délka lodyhy (MSL). U deseti nejdelších lodyh byl stanoven hmotnostní podíl listů v píci (LWR). Ve vzorcích byl stanoven obsah dusíkatých látek (NL), neutrálně detergentní vlákniny (NDF) a stravitelnosti neutrálně detergentní vlákniny (NDFD).

Minerální hnojení významně ovlivnilo strukturu porostu, přičemž rostoucí dávky minerálních hnojiv snižovaly počet rostlin/m². Počet lodyh/m² nebyl prokazatelně ovlivněn ani jedním typem hnojení. Maximální délka lodyh se zvyšovala s minerálním hnojením. Ačkoli výnos na sledovaných plochách nebyl ovlivněn hnojením, se zvyšující se dávkou minerálních hnojiv vykazuje rostoucí trend, neboť pozitivně koreluje s délkou lodyh. Hmotnostní podíl listů byl minerálním hnojením snižován. Organické hnojení vedlo ke zvýšení obsahu NL v listech, zatímco hnojení minerálním dusíkem vykazovalo tendenci snižovat obsah NL v píci. S organickým hnojením se zvyšuje obsah NDF i NDFD píce. Vysoké dávky minerálního hnojiva mají negativní vliv na NDFD v lodyhách vojtěšky, kdežto v listech hnojení N - P - K vykazuje pozitivní vliv na NDFD. Kombinace organického a minerálního hnojení, kulminující s vyšší dávkou N - P - K vykazuje pozitivní vliv na NDFD.

Vliv dlouhodobého hnojení na kvalitu píce se může projevat různě v listech a lodyhách jetelovin. Proto je vhodné sledovat kvalitu těchto částí odděleně. Minerální hnojení výrazně ovlivňuje strukturu porostu a zvyšuje výnos, což má na kvalitu spíše negativní vliv. Organické hnojení výrazně nezvyšuje výnos, ale zlepšuje kvalitu píce, zejména stravitelnost.

Klíčová slova: pícniny, fosfor, draslík, struktura porostu, vláknina

The influence of long - term fertilization on the lucerne forage quality

Summary

Forage quality of alfalfa (*Medicago sativa L.*) is essential in relation to animal feeding. The increase of available nutrients in the soil by fertilization is one of the ways to influence it. The aim of this thesis was to evaluate the impact of long-term fertilization on the quality and the stand structure of alfalfa.

The long - term experiment with fertilization was established in 1955 at the Research Institute of Crop Production in Prague - Ruzyně. The experiment with alfalfa stand was established in the spring of 2013, as undersowing alfalfa in spring barley. Six different variants of fertilization were evaluated: an organic or mineral unfertilized variant (control variant); the mineral fertilized variants with low and high doses of N - P - K; a variant fertilized only with manure and the variants fertilized with manure and a combination of low and high doses of N - P - K. The forage samples were taken from the first cut in 2015, in four replications, and the number of plants/m² (R / m²), the number of stems/m² (L/m²) and the maximum stem length (MSL) was determined. The mass percentage of leaves was determined in the ten longest stems. The crude protein content (CP), the content of neutral detergent fiber (NDF) and neutral detergent fiber digestibility (NDFD) were determined in the samples.

The mineral fertilization significantly influenced the stand structure, while the increasing doses of mineral fertilizers decreased the number of plants/m². The number of stems/m² was not clearly influenced even by one type of fertilization. The maximum length of stems increased with the mineral fertilization. Although the yield on the monitored plots was not affected by the fertilization, there is shown an increasing trend with increasing doses of the mineral fertilizers, as it is positively correlated with the length of stems. The mass fraction of leaves was reduced by mineral fertilization. The organic fertilization increased the CP content in the leaves, while fertilization with mineral nitrogen showed a tendency to decrease the CP content in the forage. The content of NDF and NDFD of forage is increasing with the organic fertilizers. High doses of mineral fertilizers have a negative effect on NDFD in alfalfa stems, while in the leaves N - P - K fertilization has a positive effect on NDFD. The combinations of organic and mineral fertilizers, culminating with the higher dose of N - P - K has a positive effect on NDFD.

The effect of the long - term fertilization on forage quality can manifest differently in the leaves and stems of legumes. Therefore, it is advisable to monitor the quality of these parts separately. The mineral fertilizers significantly affects the stand structure and increases yield, which has rather a negative effect on the quality. The organic fertilization does not substantially increase yields, but it improves forage quality, especially the digestibility.

Keywords: forages, phosphorous, potassium, stand structure, fiber

Obsah

| | | |
|------------|---|-----------|
| 1 | Úvod | 9 |
| 2 | Cíl práce a vědecká hypotéza | 10 |
| 2.1 | Cíl práce | 10 |
| 2.2 | Vědecké hypotézy | 10 |
| 3 | Literární přehled..... | 11 |
| 3.1 | Vojtěška setá | 11 |
| 3.1.1 | Morfologie a biologie | 11 |
| 3.1.2 | Požadavky na pěstování..... | 13 |
| 3.1.3 | Agrotechnika..... | 14 |
| 3.1.4 | Využití | 16 |
| 3.1.4.1 | Silážování..... | 16 |
| 3.1.4.2 | Sušení | 16 |
| 3.1.4.3 | Jetelovino travní směsi..... | 17 |
| 3.1.5 | Kvalita píce | 18 |
| 3.1.5.1 | Nutriční hodnota píce vojtěšky | 18 |
| 3.2 | Faktory ovlivňující kvalitu píce | 23 |
| 3.2.1 | Druhá odlišnost | 23 |
| 3.2.2 | Podmínky prostředí..... | 23 |
| 3.2.3 | Vegetační stádium..... | 24 |
| 3.2.4 | Stáří porostu..... | 26 |
| 3.2.5 | Výnos píce a struktura porostu | 26 |
| 3.2.6 | Denní doba | 27 |
| 3.2.7 | Pořadí seče | 27 |
| 3.2.8 | Hnojení..... | 28 |
| 3.2.8.1 | Dusík | 28 |
| 3.2.8.2 | Fosfor | 29 |
| 3.2.8.3 | Draslík..... | 29 |
| 3.2.8.4 | Vápník..... | 30 |
| 3.2.8.5 | Hořčík..... | 31 |
| 3.2.8.6 | Vliv hnojení na výnos a strukturu porostu vojtěšky..... | 31 |
| 3.2.8.7 | Vliv hnojení na kvalitu píce | 33 |
| 4 | Materiál a metody | 37 |
| 4.1 | Charakteristika stanoviště..... | 37 |
| 4.2 | Charakteristika experimentu | 38 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 4.3 | Odběr vzorků..... | 39 |
| 4.4 | Stanovení kvalitativních parametrů | 39 |
| 4.4.1 | Stanovení obsahu NL..... | 39 |
| 4.4.2 | Stanovení obsahu NDF | 40 |
| 4.4.3 | Stanovení stravitelnosti NDF..... | 40 |
| 4.5 | Statistické vyhodnocení | 40 |
| 5 | Výsledky..... | 41 |
| 5.1 | Vliv hnojení na strukturu porostu..... | 41 |
| 5.2 | Vliv hnojení na kvalitativní parametry píče..... | 42 |
| 5.2.1 | Vliv hnojení na obsah NL..... | 42 |
| 5.2.2 | Vliv hnojení na obsah NDF | 44 |
| 5.2.3 | Vliv hnojení na stravitelnost NDF | 44 |
| 6 | Diskuze..... | 46 |
| 6.1 | Struktura porostu a výnos píče..... | 46 |
| 6.2 | Kvalita píče vojtěšky | 47 |
| 6.2.1 | NL | 47 |
| 6.2.2 | NDF | 48 |
| 6.2.3 | Stravitelnost NDF | 49 |
| 7 | Závěr | 51 |
| 8 | Seznam literatury..... | 52 |
| 8.1 | Internetové zdroje | 64 |
| 9 | Seznam použitých zkratk a symbolů | 66 |

1 Úvod

Vojtěška setá (*Medicago sativa L.*) má nezastupitelnou funkci v rámci výživy hospodářských zvířat, zejména přežvýkavců, a to jako významný zdroj dusíkatých látek. Jako všechny bobovité, i vojtěška si přisvojuje vzdušný dusík pomocí symbiózy s rhizobiálními bakteriemi, které jej fixují. Potenciál pro fixaci dusíku je u ní vůbec největší ze všech jetelovin, a to díky mohutně rozvinutému kořenovému systému. Právě díky biologické fixaci dusíku jetelovinami a jejich vysoké nutriční hodnotě, jeteloviny významně přispívají ke snížení nákladů, a to zejména na hnojiva obsahující minerální dusík a koncentrované přídatky krmiv bohatých na bílkoviny. V osevních postupech vojtěška zlepšuje strukturu půdy, zúrodňuje ji, a dokonce snižuje problémy se škodlivými organismy pro jiné plodiny. Správné hospodaření během celé životnosti porostu vojtěšky je zásadní, protože podmínky v jedné sezóně mají vliv na produkci v následujících letech. Výsledkem dobrého managementu je rovnováha mezi produktivitou, kvalitou a vytrvalostí porostu.

Kvalita píce má přímý vliv na trávicí funkce, užitek zvířat a zdraví. U jetelovin lze možné zhoršení kvality přičítat především lodyhám, změny v kvalitě listů jsou méně relevantní. Mezi hlavní faktory, které ovlivňují kvalitu píce, patří environmentální podmínky, vegetační stádium píce, stáří a výnos porostu, pořadí seče a úroveň výživy. Pro kontinuální výrobu s vysokými výnosy vojtěšky a kvalitou jsou požadovány vysoké úrovně živin a musí být dodány přidáním hnojiv, které tyto živiny obsahují, do půdy. V České republice je však z finančních důvodů hnojení výrazně omezováno, a proto je třeba vyhodnotit i dopady dlouhodobé absence hnojení či aplikace pouze nízkých dávek živin nejen na výnosy, ale i na kvalitu píce jetelovin.

2 Cíl práce a vědecká hypotéza

2.1 Cíl práce

Cílem práce je posoudit dopad dlouhodobého hnojení na strukturu porostu a kvalitu píce vojtěšky seté. Výsledky mohou být využity v zemědělské praxi i pro další výzkum.

2.2 Vědecké hypotézy

- I. Dlouhodobé hnojení ovlivňuje parametry struktury porostu vojtěšky.
- II. Dlouhodobé hnojení ovlivňuje nutriční hodnotu sklízené píce vojtěšky.

3 Literární přehled

3.1 Vojtěška setá

Vojtěška setá je významnou pícninou, která má v porovnání s jinými pícninami nejvyšší obsah dusíkatých látek, a tím představuje nejlevnější zdroj rostlinných bílkovin v krmných dávkách býložravců (Telieiová, 2013). V celkové výrobě dusíkatých látek na jednotku plochy nemá konkurenci (Hakl et al., 2003), neboť poskytuje až 2,5 t.ha⁻¹ kvalitních bílkovin (Babinec, 2003). Spolu s jetelem lučním představuje vojtěška naše nejdůležitější jeteloviny pěstované na orné půdě se sečným využitím (Hakl et al., 2003). Kromě produkčního významu nelze opomíjet význam mimoprodukční, který spočívá zejména ve vztahu k saturaci půdy kvalitní organickou hmotou kořenů a intenzivní fixaci dusíku, která může činit až stovky kilogramů dusíku ročně (Hakl, 2012). Tím vojtěška významně přispívá ke snížení vstupních nákladů, především na hnojiva obsahující minerální dusík (Krawutschke et al., 2012).

Vojtěška je vytrvalá rostlina z čeledi bobovitých, pěstuje se v mnoha zemích po celém světě jako důležitá víceletá pícnina. Pochází z teplejšího klimatu jihozápadní Asie. Do Evropy byla introdukována v dobách starověkého Řecka a Říma, kde získala pojmenování Alfalfa medica a byla využívána jako krmivo pro zvířata. V 16. století získala pojmenování lucerne z provensálského „luzerno“ kvůli svým žlutě zářícím semenům. Ve světě se dodnes setkáme s oběma názvy, alfalfa i lucerne (Telieiová, 2013).

3.1.1 Morfologie a biologie

Vojtěška je vzpřímeně rostoucí rostlina s mnoho listnatými lodyhami, které vyrůstají z velkých kořenových krčků u země (Čermák et al., 2004). Má silný hlavní kořen, který se větví a proniká za optimálních podmínek do hloubky několika metrů (Hrabě et al., 2004), což jí umožňuje dobře si osvojovat živiny (Šantrůček et al., 2003). Boční kořeny vytváří množství tenkých kořínků, které ve vrchní vrstvě půdy vytváří hustou síť (Hrabě et al., 2004). Na těchto tenkých kořínkách lze nalézt hlízky, jejichž tkáň je vyplněna bakteriemi schopnými fixovat vzdušný dusík (Rasse et Smucker, 1999). Vojtěška má schopnost akumulovat podstatně více dusíku než jiné jeteloviny prostřednictvím svého hlubokého kořenového systému, a fixaci atmosférického N₂ si zajistit 40 - 80% z celkového rostlinného dusíku (Vasileva et Kostov, 2015). S postupným stárnutím rostliny dochází k vtahování kořenového krčku do půdy,

v závislosti na druhu vojtěšky může zatažení dosáhnout 30 - 50 mm i více. Hlubší zatažení kořenového krčku do půdy podmiňuje vyšší odolnost vůči vyzimování (Hrabě et al., 2004).

Počet lodyh je závislý na podmínkách růstu a vzrůstu rostliny od 2 - 3 do několika desítek na jedné rostlině (Hrabě et al., 2004). Dosahují výšky 60 - 90 cm (Čermák et al., 2004). Na průřezu jsou kruhového či čtyřhranného tvaru, zelené barvy, někdy ve spodní části nafialovělé v důsledku přítomnosti antokyanů. Při obrůstání na jaře a po seči rostou lodyhy pomalu a vytváří přízemní růžici. Zvláště výrazná je na podzim (Hrabě et al., 2004).

Složené listy jsou trojčetné (Čermák et al., 2004), mají různý tvar i v rámci jedné rostliny a mohou být okrouhlé, vejcovité, apod. V nižším patře bývají okrouhlejší, ve vyšším naopak užší. Vrchní část jednotlivých lístků je zoubkovaná (Hrabě et al., 2004).

Květenstvím vojtěšky je hrozen, kvítky jsou přisedlé na krátkých květních stopkách, na jejichž bázi jsou dva nitkovité listeny. Květ vojtěšky je oboupohlavní, má pestík a 10 tyčinek, z nichž 9 je srostlých, desátá je volná (Hrabě et al., 2004). Květy mají většinou nachový odstín (Čermák et al., 2004). Pro zajištění vysoké biologické hodnoty semen vyžaduje vojtěška opylení cizím pylem (Hrabě et al., 2004).

Plodem vojtěšky je mnohosemenný lusk. Semeno vojtěšky se skládá z poměrně silného obalu a zárodku, který je v něm uložen. Obal bývá často tvrdý, takže semena dlouho nejsou schopna nabobtnat a nestejněměrně klíčí. Jedná se o tzv. tvrdosemennost. Množství tvrdých semen může u vojtěšky být až 60 - 70 %. Barva semen je žlutohnědá až světle hnědá, stárnutím semena tmavnou a jsou matná (Hrabě et al., 2004).

Klíčení semen vojtěšky začíná po jejich nabobtnání, které je zapříčiněno velkým množstvím vysoce hydrofilních bílkovin. Semena jsou schopna přijmout přibližně tolik vody, kolik váží jejich sušina (Hrabě et al., 2004). Vojtěška klíčí již při 5 °C a vzchází při teplotě půdy 10 - 12 °C za 7 - 10 dní. Snese mrazy až - 25 °C, mladé výhonky ale mohou vymrzat i při - 4 °C (Teliefová, 2013). Při vzcházení rostlin po zasetí se zpočátku čtyřikrát rychleji rozvíjí kořenová soustava než nadzemní (Šantrůček et al., 2003). V prvních deseti dnech zakořeňuje vojtěška relativně pomalu a rostliny jsou citlivé na přísušky, málo vzdorují zaplevelení a nedostatku světla. Později se růst kořenů zrychluje, takže kulový kořen v prvním roce dosahuje hloubky 1 - 2 m podle způsobu založení (Holý, 2003).

Ze semena vyrůstá první výhonek - lodyha, která postupně mohutní. Další lodyhy již vyrůstají z pupenů rozložených na kořenovém krčku. Ty využívají živiny, nahromaděné v kořeni primární lodyhou. Každá nová lodyha využívá vodu, živiny a sluneční záření nejen ke svému růstu, ale část živin ukládá v kořeni a kořenovém krčku ve formě zásobních látek. Ty jsou následně využívány nově vznikajícími lodyhami, dokud nevytvoří vlastní listy a nejsou

schopny tvořit organické látky (Hrabě et al., 2004). Vojtěška ze spodních vrstev půdy vynáší živiny a po mineralizaci kořenů je zpřístupňuje ostatním rostlinám (Šantrůček et al., 2003).

Vojtěška nevytváří nové lodyhy pouze z pupenů na kořenovém krčku, ale i z pupenů, které se vytvářejí v paždí listů - tj. mezi lodyhou a listem. Při pokosení lodyhy dojde vlivem apikální dominance k aktivaci vrchního pupenu, který začne růst a vytvářet výhon. Kosení vojtěšky, především na vysoké strniště, často způsobuje růst nových lodyh nejen z pupenů kořenového krčku, ale i z těch, které jsou rozloženy v jednotlivých nodech pod řezem. Čím vyšší je strniště, tím rychlejší a vyšší je tvorba výhonů ze zásobních pupenů vrchních nodů, což je výhodné při využívání vojtěšky ke krmení zelenou pící. Pokud lodyha není pokosena, vytváří květenství a má životnost pouze jeden rok (Hrabě et al., 2004).

Vytrvalost vojtěšky se z velké míry odvíjí od odolnosti a životaschopnosti kořenového krčku a na něm rozložených pupenů. Kvůli jejich velké zranitelnosti, možnosti zasychání pupenů a napadení krčku škůdci, existuje u vojtěšky schopnost zatahování kořenového krčku do půdy jako ochrana proti těmto vlivům (Hrabě et al., 2004). Tento jev, tzv. kořenová kontrakce, odkazuje na stepní původ vojtěšky (Šantrůček et al., 2003).

3.1.2 Požadavky na pěstování

Ke klimatickým podmínkám je vojtěška značně přizpůsobivá, rozhodujícím faktorem jsou půdní podmínky (Šantrůček et al., 2003), vyžaduje hluboké propustné půdy (Telieiová, 2013). Ostatní víceleté pícniny předčí především v teplejších a sušších oblastech (Hrabě et al., 2004). Vyžaduje dobře odvodněnou půdu (Čermák et al., 2004), hladina spodní vody má být nejméně 1,5 m pod povrchem, jinak dochází k zahnívání kořenů. Z toho vyplývá, že na půdní vláhu je nenáročná, dovede ji přijímat ze značných hloubek (Šantrůček et al., 2003).

Pro iniciaci růstu lodyh z pupenů potřebuje vojtěška prokypřenou půdu (Telieiová, 2013). Reakce půdy vyhovuje nejlépe v rozmezí 6,5 - 7,2 i v hlubších půdních vrstvách (Šantrůček et al., 2003). Vojtěška vysetá do země s velmi kyselým půdním podložím bude mít kořenový systém vyvinut těsně pod povrchem a bude mít malý výnos (Čermák et al., 2004). Nejlépe vyhovují vojtěšce půdy jílovitohlinité, hlinité až písčitolhinité. Méně vhodné jsou půdy jílovité a písčité (Šantrůček et al., 2003). Pokud nejsou dodrženy půdní podmínky a vojtěška je pěstována na půdě kyselé, mělké či s vyšší hladinou vody než 1,5 m, porost není vytrvalý a vytváří se mezerovitost (Telieiová, 2013).

Rostliny jsou velmi náročné na světlo, patří k dlouhodobým rostlinám. Optimální délka dne je 15 hodin (Telieiová, 2013). Rostliny s kratším světelným dnem většinou nezakvétají a zpomalují svůj vývin (Šantrůček et al., 2003).

3.1.3 Agrotechnika

Osivo by mělo odpovídat zákonu o odrůdách a prováděcím vyhláškám (Šantrůček et al., 2003). Je vhodné, aby bylo chemicky insektofungicidně mořené, a to zejména při výsevu bez krycí plodiny (Holý, 2003). Pro zajištění dostatečného množství efektivních kmenů hlízkových bakterií v blízkosti kořenů mladých rostlin je důležité věnovat pozornost očkování osiva těsně před setím (Telieiová, 2013). Očkování se provádí přípravkem Rhizobin v dávce $1 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ při setí na pozemcích s nižší biologickou aktivitou, a na pozemcích, kde nebyla vojtěška dlouhou dobu pěstována (Holý, 2003). Jeho aplikací dojde k celkovému zvýšení hektarových výnosů z očkovaných plodin (Telieiová, 2013).

Vojtěšku je možno vysévat v širokém časovém období. Nejsilnější porosty bývají při časném jarním výsevu. Pozdní jarní, popř. časně letní výsevy se uplatňují po sklizni raných předplodin při výsevu do některých krycích plodin na zeleno, např. kukuřice. Pozdní letní výsevy po sklizni obilnin je nutno realizovat maximálně do poloviny srpna (Holý, 2003). Podle Šantrůčka et al. (2003) je nejlépe osivo vojtěšky vysévat v březnu až dubnu do hloubky 12 - 20 mm, na hlinitopísčitéch půdách 20 - 25 mm. Na výslunnějších stanovištích je vhodný hlubší výsev, v podmínkách s lepším zabezpečením vláhy výsev mělčí (Holý, 2003). Na provozních plochách bylo zjištěno, že průměrná polní vzcházivost v podmínkách dobré přípravy půdy před setím (brzké jarní smykování, dvojitá vláčení, válení před, příp. i po zasetí) představuje v průměru 57 rostlin ze 100 semen při klíčivosti 82 %. Výsevek má velký význam pro dobré zapojení porostu, u toho lze předpokládat vysoké výnosy (Šantrůček et al., 2003).

Při zakládání porostu bez krycí plodiny postačí vysévat cca 6 - 7 mil. klíčivých semen ($12 - 14 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), při použití krycí plodiny 7,5 - 8 mil. klíčivých semen ($15 - 16 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$). Vojtěška pro pícní účely bývá nejčastěji vysévána do řádků o vzdálenosti 75 - 150 mm (Šantrůček et al., 2003).

Při výběru pozemků je nutné přihlížet k reziduíům herbicidů použitých u předplodin a vybírat pozemky nezaplevelené vytrvalými plevely, jako jsou pýr, pcháč, šťovík, lopuch a kokotice (Holý, 2003). Kořeny i kořenový krček bývají často napadeny chorobami houbového a bakteriálního původu, které snižují výnosnost, životnost rostliny a tím i vytrvalost porostů (Šantrůček et al., 2003).

Vytrvalost vojtěšky může činit 10 - 15 let, při běžné agrotechnice na provozních plochách při horších podmínkách dosahuje ovšem pouze 3 - 4 roky (Šantrůček et al., 2003). Provozní vytrvalost je vyšší u těch odrůd, které byly šlechtěny na vyšší odolnost vůči původcům cévního vadnutí, např. Zuzana, Morava, Niva, Jarka, Oslava ad. (Holý, 2003).

Při běžné agrotechnice vojtěšku zařazujeme hlavně po obilovinách, směskách apod. Po vojtěšce zařazujeme ozimy i jařiny (Šantrůček et al., 2003). V osevním postupu se vojtěška zařazuje s odstupem minimálně pět let po sobě (Holý, 2003).

Na podzim před setím je doporučována hluboká podzimní orba, do hloubky 25 - 30 cm (Šantrůček et al., 2003). Jarní příprava půdy před setím začíná smykováním asi 10 - 14 dní před vlastní předseťovou přípravou. Uplatní se mělká práce kombinátorů a bran, popř. i použití válců před setím a po zasetí. Půda připravená pro setí by měla být přiměřeně kyprá, v profilu ornice jemně zrnitá, 20 až 30 mm pod povrchem utuženější pro seťové lůžko (Holý, 2003).

Zvýšení výnosu píce, příp. dusíkatých látek je tím větší, čím je řidší krycí plodina, nejvyšší při pěstování bez krycí plodiny. Jedná se o nejjistější způsob založení porostu, ovšem v prvním roce poskytuje oproti porostům ve druhém roku vegetace při jarním setí výnos pouze 43 - 50 % a o 39 - 45 % nižší než s vhodnou pícní krycí plodinou. Nevýhodou je také vyšší zaplevelení. Množstvím výsevku a dobou sklizně krycí plodiny je možné regulovat rozhodující faktor úspěšného vývinu podsevu - zastínění. Jako dobré krycí plodiny z hlediska podsevu se osvědčily oves, příp. oves s peluškou, bob vysetý společně s peluškou (Šantrůček et al., 2003).

Ošetřování porostů vojtěšky za vegetace spočívá v udržení bezplevelného prostoru v počátečních fázích vývinu. Časté přejezdy po porostech vedou k celkovému snížení výnosu. Vláčením vojtěškových porostů, které je opodstatněné z hlediska kypření odnožovací zóny kořenového krčku, se odplevelováním porostu zvyšuje podíl rostlin napadených chorobami kořenů, počet lodyh se snižuje o 3 - 18 % oproti nevláčeným pozemkům (Šantrůček et al., 2003).

Při sklizni vojtěšky na píci je třeba počítat obvykle se 3 - 4 sečemi, v bramborářské oblasti se dvěma, v závlahových podmínkách v kukuřičné oblasti při dostatečné výživě s pěti (Šantrůček et al., 2003). Kvůli nahromadění zásobních látek v kořenech a kořenovém krčku by měl být dodržován odstup mezi předposlední a poslední sečí, a to nejméně 8 - 9 týdnů (Telieiová, 2013). Omezené ukládání zásobních látek snižuje vitalitu a vytrvalost vojtěšky (Holý, 2003). Platí zásada, že porosty v první seči v prvním roce by měly mírně zakvést. Kvetením dochází ke stárnutí vojtěšky a snižuje se obsah stravitelných živin, zvyšuje se obsah vlákniny hlavně v lodyhách, které dřevnatí. Kvalita a stravitelnost listů se podstatně nemění a činí asi 80 % (Šantrůček et al., 2003). První seč je zpravidla prováděna tehdy, když dva spodní listy začínají žloutnout (Telieiová, 2013). Po poslední seči má vojtěška obrůstat pouze zkrácenými výhonky a tomu odpovídá seč koncem září až počátkem října (Holý, 2003).

Výška seče je obvykle 40 - 60 mm (Telieiová, 2013). Starší porosty obrůstají na jaře dříve než nově založené, porosty vojtěšek z letních výsevů mají obvykle nižší výnos v první seči prvního užitkového roku (Hrabě et al., 2004).

Dlouhodobý průměr hektarových výnosů se pohybuje okolo 7,9 t.ha⁻¹ (Telieiová, 2013). Výnosový potenciál vojtěšky je ovšem podstatně vyšší, v praxi je využíván pouze z 50 - 60 % (Hrabě et al., 2004).

3.1.4 Využití

Ve výrobních oblastech kukuřičné a řepařské je vojtěška vedle kukuřice rozhodující pícninou pro výrobu kvalitní píce. Menší uplatnění má i v příznivých podmínkách bramborářské výrobní oblasti. V České republice je poměrně mladou pícninou, nejrychleji začaly její osevní plochy stoupat počátkem 20. století. Většina našich, ale i stredoevropských odrůd je ovlivněna vojtěškou srpovitou, celkově u nich však převládají znaky vojtěšky seté, a to z 92 - 95 % (Šantrůček et al., 2003).

Z pícninářského hlediska patří vojtěška mezi základní kulturní jeteloviny využívané v monokulturách (Telieiová, 2013). Hlavní využití vojtěšky je na seno, senáž, dále existuje možnost využití pro pastvu (Čermák et al., 2004). Současné odrůdy ovšem při pastvě brzy z porostu ustupují, což je dáno především neschopností vojtěšky snášet pastevní sešlapání (Hakl et al., 2003).

3.1.4.1 Silážování

Víceleté pícniny se silážují po předchozím zavadnutí na pokosu kvůli nízkému obsahu zkvasitelných cukrů v sušině a obtížné konzervaci (Zeman et al., 2006). Zavádáním dojde ke zvýšení obsahu sušiny, která by u víceletých pícnin měla dosahovat maximálně 45 - 50 %. Pro vojtěšku k silážování je optimální obsah sušiny cca 42 %. Čerstvá vojtěšková píce ovšem obsahuje pouze 17 - 25 % sušiny. Doba zavádání na poli by neměla překročit 40 hodin, protože následně už dochází k velkým ztrátám živin a energetické hodnoty, nastávají problémy v technologii zpracování (obtížné udusávání, mikrobiální zahřívání apod.) a zvyšuje se obsah vlákniny. Vojtěška patří k těžce silážovatelným pícninám (Telieiová, 2013).

3.1.4.2 Sušení

Vojtěška je tradiční sušárenská plodina. Při sušení se snižuje obsah vody a dochází k inaktivaci enzymů s cílem konzervace a zlepšení některých vlastností. Při sušení na seno je nutné zabránit ztrátám odrolem lístků. Obsah sušiny v seně by měl být více než 85 %, aby se

zabránilo nežádoucí mikrobiální činnosti. Při skladování sena s obsahem sušiny méně než 80 % dochází k odbourávání sacharidů a bílkovin a zvyšuje se obsah vlákniny (Telieiová, 2013). Kvalitní seno z vojtěšky má dobrou výživnou hodnotu a je velmi žádané především pro koně a mléčný skot (Čermák et al., 2004), velmi kvalitní vojtěškové seno obsahuje do 22 % vlákniny a více než 16 % dusíkatých látek v sušině (Telieiová, 2013).

3.1.4.3 Jetelovinotravní směsi

Jetelovinotravní směsi na orné půdě bývají v rámci osevních postupů využívány většinou po dobu dvou až tří užitkových let. Po této době klesá produkční schopnost jetelovin, v důsledku jejich náchylnosti k chorobám vyvolávajícím poškození krčkových a kořenových pletiv (Lang, 2012). Využití jetelovinotravních směsí na orné půdě má řadu předností, přičemž produkce sušiny je ve směskách vyšší než produkce sušiny z čistých monokultur. Jetelovinotravní směsi vykazují dobrou stabilitu produkce sušiny po celé období. Zatímco jeteloviny rostou lépe v létě, travní komponenty jsou produktivnější časně z jara a je třeba počítat s jejich zvýšenými požadavky na dusík a vláhu (Telieiová, 2013). Vyšší výnos je dán i schopností jetelovin zpřístupnit symbioticky fixovaný dusík travní složce, přičemž vojtěška při porovnání s jetelem předává travní složce menší množství dusíku, a tím částečně snižuje její konkurenceschopnost (Hakl, 2012). Při použití směsi je lépe využito půdního prostoru z důvodu různé hloubky a tvaru kořenových systémů. Důsledkem jsou lepší protierozní účinky jetelovinotravní směsi oproti monokultuře (Telieiová, 2013).

Mezi výhody vojtěškotravní směsi patří snadnější zavádění píce na pokosu, čímž dochází ke snížení ztrát živin a rizika rozvoje nežádoucích mikroorganismů. Další výhodou je vyšší podíl zkvasitelných cukrů ve hmotě, které urychlují konzervační proces (Telieiová, 2013). Nevýhodou vojtěškotravní směsi je, že přítomnost travního komponentu vede k tvorbě silných konkurenčních vztahů, které zapříčiňují snížení výnosu vojtěšky a její zastoupení ve směsi. Důvodem je vertikální stavba kořenového krčku vojtěšky, kterým mělce, ale intenzivně kořenicí trávy prorůstají a vojtěšku tím významně potlačují - tento efekt je tím výraznější, čím je vojtěška mladší (Hakl, 2012). Další nevýhodou směsi je nižší obsah dusíkatých látek, pro který jsou jeteloviny pěstovány. Proto v podmínkách, které jsou vhodné pro monokultury, nelze doporučit pěstování směsí. Ty nabývají významu spíše tam, kde čisté porosty vojtěšky neposkytují dostatečný výnos či nevytváří zapojený nezaplevelený porost (Telieiová, 2013), tedy například v bramborářských oblastech (Zeman et al., 2006).

Jako travní komponent lze využít např. sveřep bezbranný, sveřep horský, srha laločnatá, srha hajní, jílek mnohokvětý, jílek vytrvalý. Pro zachování bílkovinného charakteru

píce a předplodinové hodnoty jeteloviny by neměla travní složka ve směsi překračovat 20 %. Píce s nízkým podílem trávy ovšem pomaleji zavádá a zhoršuje podmínky pro silážování (Telieiová, 2013).

3.1.5 Kvalita píce

Kvalitu krmiva lze definovat jako míru, do které má krmivo potenciál k vytvoření požadované odezvy zvířat (Ball et al., 2001). Kvalita objemných krmiv je dána stravitelností krmiva, koncentrací živin a jejich vzájemným poměrem (Šantrůček et al., 2003). Konečným vyjádřením kvality krmiva je dosažená úroveň živočišné produkce v přepočtu na 1 ha (Hrabě et al., 2004).

3.1.5.1 Nutriční hodnota píce vojtěšky

Výživná (krmná) hodnota píce je dána obsahem živin v píci vyjádřených koncentrací živin, ale i tzv. sekundárních látek v sušině píce, stanovených chemickou analýzou příslušných kvalitativních charakteristik a dále hodnocených smyslově (struktura píce, délka řezanky) nebo na základě laboratorních rozborů. Krmná hodnota píce má vliv na příjem píce, plnivost a konverzi krmiva (Hrabě et al., 2004).

Z hlediska nutričních hodnot je vojtěška považována za jednu z nejvíce výživných rostlin ke krmení, protože poskytuje vysoké množství bílkovin na hektar (Telieiová, 2013). Jeteloviny obecně jsou hlavním zdrojem rostlinných bílkovin s vysokou biologickou hodnotou a stimulačním mlékotvorným účinkem. Z jetelovin má vojtěška nejvyšší výživnou hodnotu, má ovšem i poměrně vysokou degradovatelnost dusíkatých látek (75 - 78 %) (Zeman et al., 2006). Mikroorganismy v batoru, ale i rostlinné proteázy mohou přispívat k neefektivnímu využití dusíku (Kingston - Smith et al. 2003). Je známo, že ztráty dusíku v batoru jsou výsledkem nerovnováhy mezi dodávanými sacharidy a bílkovinami, to zvyšuje riziko ztráty dusíku (Krawutschke et al., 2012). Jednou ze strategií pro zlepšení využití dusíku může být zvýšení obsahu rozpustných sacharidů v píci, a to odložením doby seče z rána na večer, a to zejména v období podzimního růstu (Andueza et al., 2012).

Nutriční hodnota vojtěšky se během vegetace rychle mění, neboť rychle lignifikuje (Zeman et al., 2006). Kvalita píce vojtěšky je dána zejména poměrem listů a lodyh (Hrabě et al., 2004). Optimální fenologická fáze je ve stádiu butonizace, kdy má nejvyšší koncentraci energie (5,65 MJ NEL/kg sušiny) a nejvíce NL (249 g) (Zeman et al., 2006). Listy obsahují až 70 % proteinu z celkového obsahu v rostlině a převážnou část karotenu. Také mají vysoký obsah vápníku, fosforu, draslíku a dalších makroprvků. Cenný je obsah vitaminů, z nichž je

největší zastoupení betakarotenu (65 - 90 mg.kg⁻¹ zelené hmoty) a dále vitaminů B₁, B₂, D, E, C a K (Hrabě et al., 2004). Nutriční hodnota je nejhorší po odkvětu (4,63 MJ NEL/kg sušiny a 164 g NL v 1 kg sušiny). Poměr Ca : P je u vojtěšky 6 - 8 : 1 (Zeman et al., 2006).

V sušině obsahuje vojtěška 14 - 22 % bílkovin, obsah bezdusíkatých látek výtažkových (BNLV) se pohybuje okolo 40 %, z toho cukry tvoří 5 %. Popelovin je přibližně 9 % (fosforu 0,25 %, draslíku 1,8 - 2,2 %, sodíku 0,2 - 0,3 %, hořčíku 0,27 %, síry 0,24 %, železa 0,1 - 0,2 %, vápníku 1,6 - 2,5 %), tuku cca 5 % a obsah hrubé vlákniny se pohybuje od 15 do 30 % (Rotrekl et Babinec, 2006). Celkový obsah nestrukturálních sacharidů (NSC) obvykle tvoří cca 5 - 18 % sušiny vojtěšky, v závislosti na vegetačním stádiu a teplotě (Smith et Silva, 1968). Obsah hemicelulózy se pohybuje od 8 do 12 % u vojtěšky, když se obsah celulózy pohybuje v rozmezí od 15 - 30 %. Obsah ligninu v jetelovinách se pohybuje od méně než 6 % na úroveň přesahující 10 %. Hladina pektinu vojtěšky může přesahovat 6 % (Allen, 1996).

3.1.5.1.1 Vybrané kvalitativní parametry

3.1.5.1.1.1 NL

Celková koncentrace dusíku v píci, která se používá na odhad obsahu NL násobením koeficientem 6,25, je důležitá, jelikož adekvátní příjem dusíku je velmi zásadní pro produktivitu zvířat (Mattson, 1980). Většina NL v čerstvých jetelovinách jsou bílkoviny, s přibližně 10 - 15 % nebílkovinného dusíku (NPN; primárně peptidy, volné aminokyseliny, a dusičnany). Množství NPN se zvyšuje s procentem NL (Paulson et al., 2008), mezi NPN látky v čerstvé vojtěšce patří asparagin při 0,24 - 0,38 jako hlavní NPN sloučenina (Krawutschke et al., 2012).

K hodnocení NL pro přežvýkavce se v ČR používá systém PDI (protein skutečně stravitelný v tenkém střevě), který zohledňuje mikrobiální fermentaci v batoru, degradaci NL krmiva a rozdílné využití NL, které vstupují do tenkého střeva. Největší část tvoří mikrobiální protein, menší část nedegradovatelný protein krmiva a zbytek proteinu je endogenního původu. Degradovatelné NL představují zdroj dusíku pro mikroorganismy v batoru, nedegradovatelné NL jsou zdrojem aminokyselin (AMK) v tenkém střevě zvířete (Zeman et al., 2006).

Velké množství proteinu píce je degradováno v batoru bakteriemi. Tyto bakterie používají protein pro růst a trávení vlákniny krmiva (Daşci et Çomaklı, 2011). K odhadu batorové degradace NL je k dispozici několik metod. Jednu z možností představuje NL frakcionace. Tento systém spočívá v klasifikaci NL do tří frakcí podle tempa jejich degradace

v bacheru. Frakce A představuje NPN, frakce B je potenciálně degradovatelný protein a frakce C je protein nedostupný pro přežvýkavce, obsahující protein spojený s ligninem, tanin - proteinové komplexy a produkty Maillardovy reakce (reakce mezi AMK a redukujícím cukrem). Frakce NL B je dále rozdělena do tří dílčích frakcí, B1, B2 a B3, na základě míry poklesu jejich degradace v bacheru (Licitra et al. 1996), tato frakce tvoří obecně největší podíl NL. Frakce C NL se zvyšuje se snížením obsahu NSC (Krawutschke et al., 2012).

3.1.5.1.1.2 Vlákna

Vlákna představuje část rostlin, která není trávena savčími enzymy. Je významným faktorem, který ovlivňuje potenciální příjem i množství dostupné energie napříč všemi druhy krmiva (Jung et Allen, 1995). Vlákna krmiva je složena z komplexních sacharidů, tj. celulózy, hemicelulózy a pektinu, jakož i ligninu. Lignin není sacharid, ale polyfenolická látka, která je odolná proti fermentační degradaci a neposkytuje žádnou nutriční hodnotu zvířeti (Allen, 1996). Vlákna je významnou a nepostradatelnou složkou krmné dávky nezbytnou k zajištění správného průběhu trávení a funkce zažívacího traktu. Proces trávení sacharidů vlákniny zahrnuje hydrolýzu polysacharidů a konverzi monosacharidů do TMK, fermentačních plynů a tepla (Zeman et al., 2006). Celulóza a hemicelulóza jsou nedokonale fermentovány na TMK a rozsah jejich fermentace je omezen mírou lignifikace. Pektin se obvykle rychle a úplně fermentuje na TMK (Allen, 1996).

Tradiční analýza fermentovatelné vlákniny je založena na stanovení obsahu vlákniny dle Weendské metody. Jedná se o zbytek stavebních složek buněčných stěn rostlin po dvouступňové hydrolýze ve slabě kyselém a slabě alkalickém prostředí. Představuje soubor těžko hydrolizovatelných látek typu celulózy, hemicelulózy a ligninu. Zbytek sacharidové frakce, zahrnující škroby a cukry, je potom stanoven výpočtem jako BNLV. Ovšem určení obsahu vlákniny v krmivech touto metodou je nedokonalé, protože obsah vlákniny nevyjadřuje celkový obsah vlákniny, resp. buněčných stěn, protože velká část ligninu a část hemicelulózy není v této frakci vůbec stanovená (Zeman et al., 2006).

V dalších systémech jsou jednotlivé složky vlákniny stanovovány jako vlákna rozpustná v neutrálním detergentu (NDF) a vlákna rozpustná v kyselém detergentu (ADF). NDF je spojena s buněčnou stěnou (Zeman et al., 2006), a je měřítkem celulózových, hemicelulózových a ligninových frakcí krmiva, přitom odděluje vysoce stravitelné frakce krmiva od méně stravitelných, nestejných frakcí (Waldo et al., 1972). Má vliv na příjem krmiva zvířaty. Zvyšující se koncentrace NDF v krmivu má nejčastěji negativní vliv na množství spotřebované sušiny (Allen, 2000). Podskupinou NDF je vlákna rozpustná

v kyselém prostředí, tzv. ADF (Zeman et al., 2006). ADF je složena z vysoce nestravitelné vlákniny a vztahuje se negativně ke stravitelnosti krmiva (Ball et al 2001). Vyjadřuje obsah celulózy, ligninu a lignifikovaných dusíkatých složek rostlin. Využitím dalších detergentů a kalkulací lze stanovit obsah nestrukturovaných sacharidických součástí krmiva. Tato skupina zahrnuje cukry, škroby a rozpustné frakce vlákniny. Dále lze určit množství nesacharidického ligninu, které výrazně ovlivňuje využitelnost sacharidů buněčných stěn rostlin (Zeman et al., 2006).

Ne všechna NDF je potenciálně fermentovatelná kvůli lignifikaci. Nestravitelná část krmné NDF je hlavním faktorem, který ovlivňuje využití sacharidů vlákniny. Bachorová stravitelnost frakce, která je potenciálně fermentovatelná, je dána tím, jak rychle je fermentována (činnost enzymů vylučovaných mikroorganismy), a dobou retence částí krmiva v bachoru (Waldo et al., 1972; Zeman et al., 2006). Proto je rychlost, při které je potenciálně fermentovatelná NDF fermentována dalším významným faktorem, který ovlivňuje využití sacharidů vlákniny. Smith et al. (1972) uvádějí, že rychlost fermentace krmiv měřená *in vitro* se pohybuje v rozmezí od méně než 5 % za hodinu na více než 20 % za hodinu.

Pletiva vojtěšky, která hromadí lignin ve svých buněčných stěnách, mají omezenou enzymatickou degradaci, zatímco nezdřevnatělá pletiva jsou kompletně degradovatelná (Jung et Engels, 2002). Lodyhy vojtěšky obsahují více pletiv, které obsahují tlusté zdřevnatělé buněčné stěny, než listy (Wilson, 1993), a koncentrace buněčných stěn lodyh se zvyšuje během zrání. Kromě toho se také zvyšuje podíl lodyh v porostu a klesá stravitelnost vlákniny lodyh, což vede ke zvýšení koncentrace vlákniny vojtěšky v průběhu zrání a tím dochází k poklesu celkové stravitelnosti (Daşci et Çomaklı, 2011). Rozdíly stravitelnosti vlákniny píce mají vliv na koncentraci energie v krmivu, dostupnou energii pro syntézu mikrobiálního proteinu v bachoru a příjem sušiny přežvýkavci. Z tohoto důvodu je stravitelnost vlákniny důležitým faktorem, který ovlivňuje produktivitu přežvýkavců (Allen, 1996).

Celulóza

Celulóza je jednoduchý lineární polymer molekul glukózy, na rozdíl od hemicelulózy a pektinu, které jsou komplexní multipolymerní sloučeniny lineárních a rozvětvených polysacharidů složené z několika monosacharidů (např. xylóza, arabinóza, manóza, galaktóza, rhamnoza, fukoza, a uronové kyseliny) (Moore et Hatfield, 1994). Jednotlivé řetězce glukózy jsou v celulóze velmi těsně zabaleny do velkých svazků vláken, což vede k pomalejšímu trávení bachorovými mikroby než u hemicelulózy a pektinu

(Weimer, 1996), Nicméně, všechny polysacharidy buněčných stěn jsou zcela rozložitelné, pokud nejsou lignifikované (Paulson et al., 2008).

Hemicelulóza

Hemicelulóza je směs polysacharidů, je hlavní složkou krmné sušiny, v jetelovinách se vyskytuje v rozmezí od 4 do 11 %. Množství a složení hemicelulózy se může lišit v závislosti na typu pletiva a stupni zralosti. Vzhledem k široké škále cukerných zbytků a glykosidickým vazbám v hemicelulóze, je zapotřebí široký sortiment enzymů k její degradaci v bacheru. Stravitelnost hemicelulózy je ovlivněna monomerní kompozicí a ligninem. Se zvyšujícím se vegetačním stádiem rostlin, stravitelnost hemicelulózy klesá a poměr xylóza : arabinóza se v hemicelulóze zvyšuje (Bailey, 1967).

Pektinové látky

Pektinové látky jsou skupinou amorfních polysacharidů, bohatou na kyselinu galakturonovou. Arabinóza, galaktóza a arabinogalaktany jsou rovněž považovány za pektinové látky. Koncentrace pektinových látek je obvykle větší u jetelovin (4 - 8 %) než u trav (1 až 4 %) (Paulson et al., 2008). Chesson a Monro (1982) uvádějí, že stravitelnost pektinových látek z vojtěšky a jetele se pohybuje v rozmezí 85 - 98 % po 18 hodinách v bacheru.

Lignin

Lignin spolu s hemicelulózou tvoří matici mezi celulóзовými vlákny v buněčné stěně. Propůjčuje extrémní tuhost jinak poddajným polysacharidům stěny. Lignifikace není charakteristická pro všechny buněčné stěny, ale spíše je omezena na zralé buňky se specializovanými funkcemi vedení vody a mechanické podpory. Kromě toho, že vytváří části sacharidů nedostupné jako zdroj energie, nestravitelný lignin - sacharidový komplexní zbytek slouží jako zátěž v bacheru a snižuje spotřebu krmiva (Paulson et al., 2008).

3.1.5.1.2 Antinutriční látky

Mladé jeteloviny obsahují vodorozpustné bílkoviny, které mohou způsobit nadmutí přežvýkavců. Vojtěška se řadí mezi jeteloviny s nejvyšší nadýmací aktivitou (Zeman et al., 2006).

3.1.5.1.2.1 Fytoestrogeny

Problematickou složkou u vojtěšky je výskyt antinutričních látek s fytoestrogenní aktivitou kumestanů a izoflavonů. Jedná se o látky, které po přijetí do organismu vykazují

účinky podobné živočišným hormonům, mohou inhibovat sekreci živočišných estrogenů a tím narušovat ovulaci, vyvolávat nepravidelnou či dlouhou říji, cystické znehodnocení folikulu, zvýšení kontrakcí dělohy a vejcovodů, tedy hyperestrogenní syndrom. Průměrný obsah kumestrolu ve vojtěšce je 6 - 25 mg/kg sušiny, největší koncentrace je v listech (Zeman et al., 2006).

3.1.5.1.2.2 Saponiny

Další problémovou látkou jetelovin jsou saponiny, jejichž největší výskyt je opět ve vojtěšce. Tyto svou hořkou chutí způsobují snížený příjem píce zvířaty, narušují propustnost mukózních buněk tenkého střeva a ve vodném prostředí vytváří stabilní pěny. Mají schopnost hemolyzovat erythrocyty *in vitro*. Zvýšený výskyt v krmivu působí nepříznivě zejména ve výživě mláďat, u přežvýkavců mohou vést k akutní tympanii. U koní a ovcí vyvolávají podráždění střev a znečítlivění nervového systému. U skotu a prasat se otravy manifestují kromě poleptání sliznic a narušení nervového aparátu také antikoagulačními účinky (Zeman et al., 2006).

3.2 Faktory ovlivňující kvalitu píce

Kvalitu píce ovlivňuje řada faktorů. Nejdůležitějšími jsou pícní druh, vegetační fáze při sklizni, a (u skladovaných krmiv) sklizeň a metoda skladování. Mezi další faktory patří úrodnost půdy a hnojení, teploty během růstu píce a odrůdy (Ball et al., 2001).

3.2.1 Druhová odlišnost

Jeteloviny produkují kvalitnější krmivo než trávy, a to proto, že jeteloviny mají obvykle méně vlákniny (Ball et al., 2001; Paulson et al., 2008) a zabezpečují vyšší příjem píce. Nicméně, NDFD po 48 hodinách je velmi podobná u jetelovin a trav (Paulson et al., 2008). Jednou z nejvýznamnějších výhod pěstování jetelovin s trávami je zlepšení kvality krmiva (Ball et al., 2001).

Oproti kukuřici mají víceleté pícniny více NDF, která navíc podléhá vyšší lignifikaci pletiv. Z tohoto důvodu u nich NDFD ovlivňuje zásadně obsah energie (Třináctý et al., 2013).

3.2.2 Podmínky prostředí

Nedostatek srážek, nižší vzdušná vlhkost a vyšší teplota vedou ke zvýšení množství nestravitelných pletiv (Třináctý et al., 2013). Rostliny pěstované při vysokých teplotách produkují méně kvalitní krmiva, než rostliny pěstované v teplotách nižších, z důvodu nižší produkce listového materiálu (Ball et al., 2001; Daşci et Çomaklı, 2011). Vysoká teplota

zvyšuje lignifikaci buněčných stěn (Bani et al., 2007). To je spojeno s rychlejším vývojovým dozráváním rostlin při vysokých teplotách, jejich stárnutím a nižší rozpustností buněčných stěn v bacheru (Zeman et al., 2006). Nicméně zvýšené teploty mohou být spojeny i s větším obsahem NL a nižší koncentrací celkových NSC (Smith et Silva, 1969). Dle Petita et al. (1992) nejen nižší teploty, ale i nízká vlhkost půdy jsou obecně spojeny s vyšší kvalitou vojtěšky, než vysoké teploty a vysoká vlhkost půdy. Malhi (2011) uvádí, že nízká půdní vlhkost snižuje růst rostlin. Suchem stresovaná vojtěška mívá obvykle vyšší celkovou stravitelnost kvůli nižší NDF a vyšší NDFD. To může být z důvodu zvýšeného poměru listů a lodyh, jakož i rozdílů ve skladbě listů a lodyh (Allen, 1996). Někteří autoři došli k závěru, že zvýšení poměru listů k lodyhám nastává, pokud je porost vojtěšky vystaven různým stresorům (Vough et Marten, 1971; Rechel et Novotny, 1996). Bylo prokázáno, že vlhkostní stres zvýšil *in vitro* stravitelnost sušiny (IVDMD) a koncentraci NL, a také došlo ke snížení koncentrace ADF a ligninu. Takže porost vojtěšky vystavený suchu má zvýšený podíl listů, jakož i zvýšenou stravitelnost a obsah NL (Vough et Marten, 1971). Ovšem vojtěška pěstovaná za stresových podmínek vysoké vlhkosti zpomaluje svůj vývoj, snižuje se u ní koncentrace ligninu, a také dochází ke zvýšení stravitelnosti (Buxton et Casler, 1993, Deetz et al., 1996).

Obecně platí, že koncentrace NL, ADF a ADL, délka lodyhy, listová plocha a počet lodyh se zvyšují paralelně s pH půdy (Petit et al., 1992).

Odrod listů, dýchání rostlin a louhování srážkami během sušení může výrazně snížit kvalitu krmiva jetelovin. Mírné poškození deštěm snižuje obsah NL vojtěšky jen mírně, ovšem stravitelnost dramaticky, jelikož úroveň NDF a ADF prudce vzrůstá (Ball et al., 2001). Ztráty sušiny v důsledku sklizně mohou ovlivnit koncentraci vlákniny ve vojtěšce a stravitelnost v důsledku ztráty listů. Je zřejmé, že změna poměru listů a lodyh, v souvislosti se ztrátou listů může snížit stravitelnost NDF. Ztráty sušiny v důsledku dýchání během zavádání mohou zvýšit obsah NDF a snížit NDFD (Allen, 1996).

3.2.3 Vegetační stádium

Vegetační fáze při sklizni je nejdůležitějším faktorem, určujícím pícní kvalitu daného druhu. Kvalita krmiva klesá s postupující zralostí (Ball et al., 2001), jelikož se mění chemické složení, ale i stravitelnost vojtěšky (Mowat et al., 1965).

Nejvyššího výnosu cenných stravitelných NL je možno dosáhnout ve fázi butonizace, sušiny s nízkou kvalitou píce při sklizních v plném květu (Šantrůček et al., 2003). Sklizení v raném stádiu květu dosáhneme nejlepšího kompromisu mezi získáním slušného krmiva a zisku živin a zachováním dobrého porostu (Čermák et al., 2004). Ve fázi butonizace jsou

lodyhy a listy zastoupeny zhruba stejným dílem, postupně ovšem dochází k žloutnutí a opadu spodních pater listů a změně tohoto poměru (Hrabě et al., 2004). Nižší poměr listů k lodyhám je hlavní příčinou poklesu kvality krmiva se zvyšujícím se vegetačním stádiem, neboť listy mají vyšší kvalitu než lodyhy (Ball et al., 2001; Daşci et Çomakli, 2011).

Stravitelnost a tedy obsah vlákniny jsou ovlivněny především tím, v jaké fenologické fázi se vojtěška nachází (Daşci et Çomakli, 2011; Lamb et al., 2012; Telievová, 2013). Od počátku kvetení dochází ke stárnutí lodyh a snižuje se obsah stravitelných živin v důsledku lignifikace (Deetz et al., 1996; Šantrůček et al., 2003; Lamb et al., 2012). Odložení data sklizně má za následek vyšší NDF, ADF (Allen, 1996; Daşci et Çomakli, 2011; Lamb et al., 2012) a nižší NSC, v důsledku zvýšení zralosti (Cherney et al., 1995). Přibližně v polovině kvetení mají listy rostlin vojtěšky asi 25 % NDF a lodyhy 40 - 55 % NDF (Buxton et Redfearn, 1997). Zatímco ve stoncích se obsah vlákniny zvyšuje (Buxton et al, 1987; Hornstein et al., 1989; Dien et al., 2006), stravitelnost listů zůstává stejná, pohybuje se okolo 80 % (Telievová, 2013). S postupující zralostí krmiv se ovšem také míra trávení potenciálně fermentovatelné frakce vlákniny snižuje (Allen, 1996).

Vegetační fáze v době sklizně ovlivňuje také spotřebu krmiva zvířaty. Se stárnutím rostlin se zvyšuje obsah vlákniny a příjem krmiva dramaticky klesá. NDF je mnohem hůře stravitelná než nevláknité struktury píce. Také míra trávení vlákniny se snižuje se zvyšujícím se vegetačním stádiem rostliny. Proto se trávení výrazně zpomalí s vyšším vegetačním stádiem píce (Ball et al., 2001). 16 h a 96 h NDFD je vyšší v časném stádiu butonizace a následně se snižuje (Lamb et al., 2012), IVDMD se také s postupujícím vegetačním stádiem snižuje (Mowat et al., 1965). Se zvýšením NDF nebo koncentrací buněčných stěn se zvyšuje obsah celulózy, zatímco 16 a 96 h NDFD a obsah pektinu se sníží (Lamb et al., 2012).

S postupujícím vegetačním stádiem klesá obsah NL, v lodyhách se sníží zhruba na polovinu, v listech cca o jednu čtvrtinu (Mowat et al., 1965), ovšem frakce A se zvyšuje. Zvýšení frakce A během růstu může být důsledkem tzv. „systémového růstu“, který charakterizuje vegetativní fázi plodin (Krawutschke et al., 2012). Metabolismus dusíku může vysvětlit změnu frakce A během období růstu.

Kvalitu vojtěškového krmiva lze zlepšit snížením intervalů mezi sečemi (Nelson et Sattler, 1992; Tabacco et al, 2002; Rimi et al, 2012). Nicméně, časté sklizně nezralé vojtěšky mohou vést ke snížení výnosu a vytrvalosti porostu (Brink et Marten, 1989; Sheaffer et al, 2000; Kallenbach et al, 2002).

Tabulka 1: Vliv vegetačního stádia na obsah živin (v g/kg sušiny)

| Vegetační stádium | NL | Vláknina | Sacharidy | Popel | NEL (MJ) |
|-------------------|-----|----------|-----------|-------|----------|
| Před poupaty | 215 | 185 | 0,3 | 134 | 6,1 |
| Butonizace | 210 | 250 | 1,0 | 120 | 5,5 |
| Začátek kvetení | 180 | 285 | 1,2 | 125 | 5,1 |
| Konec kvetení | 175 | 345 | 2,0 | 110 | 4,7 |
| Po odkvětu | 160 | 385 | 0,1 | 100 | 4,5 |

(Zdroj: Zeman et al., 2006)

3.2.4 Stáří porostu

Obecně platí, že asi po třech letech vojtěška není schopna udržet svůj původní porost a růst rostlin, kvůli zaplevelení a vyčerpání úrodnosti půdy, z důvodu jejich vysokých nároků na fosfor, síru, draslík a některé stopové prvky, jako je bor, což má za následek značné ztráty ve výnosu (Malhi, 2011). Jak vojtěška stárne, probíhají morfologické změny a výnos často klesá. Bývá nejvyšší v druhém užitkovém roce a pak se snižuje (Berg et al., 2005, Berg et al., 2007). Aplikace fosforu a draslíku zvyšuje dlouhodobou produktivitu vojtěšky, a dodávání těchto živin je proto důležitým nástrojem pro zvýšení výnosu a prodloužení životnosti porostu (Lissbrant et al., 2009).

Snížení produktivity se stářím porostu může změnit krmnou kvalitu. Nutriční hodnota píce se obvykle zvyšuje se stářím porostu a poklesem výnosu (Lissbrant et al., 2009). Hall et al. (2000) zjistili vyšší obsah NL a IVDMD a méně NDF a ADF ve čtvrtém produkčním roce ve srovnání s druhým a třetím produkčním rokem. Lissbrant et al. (2009) také uvádí, že koncentrace NDF, ADF a ADL a výnos sušiny klesá se zvyšujícím se stářím porostu a sečemi v průběhu roku (Lissbrant et al., 2009). Bylo zjištěno, že dochází k velkému snížení výnosu ve 4. roce (Berg et al., 2007), avšak dopad těchto změn na nutriční hodnotu píce vojtěšky není znám (Lissbrant et al., 2009). Nieri et al. (1998) tvrdí, že s věkem vojtěšky se zvyšuje proteolytická aktivita v listech.

3.2.5 Výnos píce a struktura porostu

Výnos píce je odvozen od počtu rostlin na jednotku plochy, počtu lodyh na rostlině a jejich hmotnosti. Podle podmínek a stáří porostu se optimální počet rostlin na 1 m² pohybuje po prvním přezimování v rozmezí 150 - 240, přičemž by se v první seči mělo vytvořit cca

1000 - 1500 lodyh na 1 m². Podmínky prostředí určují úspěšné založení porostu ze 72 %, výsevní množství se na počtu rostlin podílí zbyvajícím měrou (Šantrůček et al., 2003).

Někteří autoři zjistili negativní vztah mezi výnosem vojtěšky a nutriční hodnotou (Fonesca et al., 1999), jehož důsledkem je nízký obsah bílkovin a stravitelnost sušiny (Telieiová, 2013). Koncentrace NDF roste se zvyšujícím se výnosem (Lissbrant et al., 2009), IVDMD je v negativní korelaci s produkcí biomasy (Fonesca et al., 1999). Vysoký výnos také zpravidla zvyšuje výnos stravitelných živin (DNY) a NL (CPY) na hektar (Lissbrant et al., 2009).

Také hustota rostlin má vliv na kvalitu lodyhy vojtěšky (Julier et al., 2000). Volenec et al. (1987) uvádí, že vojtěška při vyšších hustotách rostlin má méně ligninu a je lépe stravitelná, než vojtěšky pěstované při nižších hustotách rostlin. Dle Lamb et al. (2007) snížení hustoty osazení rostlin v kombinaci s opožděným sklizňové zralosti zvyšuje koncentraci polysacharidů buněčných stěn vojtěšky. Na rozdíl od toho, Lamb et al. (2012) zjistili, že hustota rostlin neměla žádný vliv na stravitelnost vlákniny lodyhy nebo složení a koncentraci buněčných stěn. Lemaire et al. (2005) uvádí, že obsah dusíku v lodyhách klesá vzhledem k vysoké hustotě porostu vojtěšky.

3.2.6 Denní doba

Změny obsahu vodorozpustných sacharidů u vojtěšky jsou spojeny s denní dobou. Rostliny akumulují vodorozpustné sacharidy za účasti denního světla a pak je používají během noci. A proto je obsah vodorozpustných sacharidů nejnižší ráno a nejvyšší po dni jasného slunečního světla. Vyšší kvalita krmiva je proto při sklizení vojtěšky v pozdních odpoledních hodinách spíše než ranních (Ball et al., 2001; Andueza et al., 2012).

3.2.7 Pořadí seče

Největší výnos se objevuje na první seči a snižuje se s každou následující (Berg et al., 2007). Kallenbach et al. (2002) také uvedli, že k největším výnosům dochází při první a druhé seči, jak v systému se čtyřmi, tak pěti sečemi. Při čtyřsečném využívání, které je u vojtěšky nejčastější, je podíl první seče na celkovém výnosu asi 40 % (Vaughn et al., 1990), druhé seče 28 - 30 %, třetí seče 24 - 20 % a čtvrté seče 12 - 10 % (Hrabě et al., 2004).

Obecně platí, že kvalita krmiva se zvýší při čtvrté seči, s většími koncentracemi NL a nižší koncentrací NDF, ADF, ADL než na předchozí seči. IVDMD však není pořadím seče ovlivněno. CPY klesal s výnosem od první do čtvrté seče i přes výrazné zvýšení koncentrace NL od druhé do čtvrté seče (Lissbrant et al., 2009).

Sheaffer et al. (1998) uvádí nejnižší nutriční hodnotu píce při první seči a nejvyšší kvalitu píce na třetí seči. Na rozdíl od toho Kallenbach et al. (2002) získal nejvyšší nutriční hodnotu píce vojtěšky na první a čtvrté seči ve čtyřsečném systému, přičemž nutriční hodnota byla nejnižší na druhé a třetí seči.

3.2.8 Hnojení

O využití biologického výnosového potenciálu vojtěšky rozhodují hlavní měrou vhodné půdní podmínky, obsah přijatelných živin nejen v ornici, ale i ve spodině a pH (Šantrůček et al., 2003). Jeteloviny jsou vzhledem k vysoké produktivitě značně náročné na živiny. Výnosem 1 t sušiny odčerpají v průměru přibližně 25 - 30 kg dusíku, 2,5 - 3,5 kg fosforu, 15 - 23 kg draslíku, 15 - 20 kg vápníku a 2,5 - 4 kg hořčíku (Poulík, 1996). Zejména draslík a síra jsou vojtěškou odebírány ve velké míře (Malhi, 2011). Bór a molybden jsou odebírány méně, ovšem mají zásadní význam pro růst vojtěšky (Razmjoo et Henderlong, 1997). Díky mohutnému kořenovému systému je vojtěška schopna čerpat živiny i z hlubších vrstev půdy (Poulík, 1996). Hnojení se i tak stává stále důležitějším pro udržení výnosu a udržování vytrvalosti porostu (Gross et al, 1953; James et al., 1995a).

3.2.8.1 Dusík

Přestože je spotřeba dusíku jetelovinami poměrně vysoká, není třeba touto živinou až na výjimky hnojit (Loeppky et al., 1999), neboť jeteloviny jsou schopny si převážnou část dusíku (60 - 90 %) osvojit ze vzduchu prostřednictvím symbiózy s hlízkovými bakteriemi na kořenech rostlin, které jsou schopny poutat molekulární dusík. Použití organických hnojiv může zapříčinit poléhání, popř. i podehnívání jetelovin (Poulík, 1996). Dodávání minerálního dusíku do půdy snižuje přednost jetelovin - využívání vzdušného dusíku. Pravidelné hnojení dusíkem je v ČR neúčinné a neekonomické, a to i v méně příznivých pedoklimatických podmínkách pro činnost rhizobií. Také podporuje zaplevelení porostů. Ani tzv. startovací dávka dusíku v prvním roce vegetace porostu nemá vliv na výnos (Šantrůček et al., 2003). Půdní dusík je využíván pouze v prvních týdnech růstu, kdy je jeho spotřeba velmi malá a je dostatečně pokryta běžnou hladinou minerálního dusíku v půdě (Telievová, 2013). O tom svědčí i časté případy zvýšené koncentrace nitrátů v píci nad normální úroveň 0,05 - 0,07 % N - NO₃ (Šantrůček et al., 2003). Pouze značně zesláblé porosty lze posílit po sklizni krycí plodiny nebo brzy na jaře dávkou 15 - 30 kg N.ha⁻¹ v ledkové formě (Holý, 2003).

3.2.8.2 Fosfor

Správná výživa fosforem je nezbytná pro přežití rostlin vojtěšky, a jeho poskytování je často nutné k dosažení maximálního růstu porostu, produktivity a vytrvalosti (Berg et al, 2005; Berg et al, 2007). U hnojení fosforem je situace jednodušší z hlediska jeho pomalého postupu půdním profilem, který činí obvykle pouze několik centimetrů ročně (Šantrůček et al., 2003). Fosforečná hnojiva lze aplikovat do zásoby na příslušný počet užitkových let. Fosfor je pro jeteloviny důležitou živinou z hlediska tvorby výnosu a jeho pozitivního vlivu na tvorbu bílkovin (Poulík, 1996). Obsah fosforu v sušině rostlin vojtěšky pod 0,23 % bývá považován za nedostatečný. Horní hranice bývá 0,4 % (Šantrůček et al., 2003). Vzhledem k tomu, že jeteloviny jsou náročné na pohotový fosfor především v počátečních růstových fázích, je nutno zabezpečit dostatečnou zásobu přístupného fosforu v půdě včasnou aplikací vodorozpustných fosforečných hnojiv - superfosfátů. Volba fosforečných hnojiv bude záviset na termínu jejich aplikace. Pro předset'ové hnojení a aplikaci v užitkových letech je třeba dát přednost vodorozpustným formám fosforu, pro zásobní hnojení lze využít i hnojiva s pomaleji uvolnitelným fosforem (Poulík, 1996). Dle Rotrekl et Babinec (2006) by roční doporučená dávka fosforu při středním obsahu přístupného fosforu v půdě měla být okolo 40 kg P.ha⁻¹ za rok. Zapravením vyšších dávek hnojiv, bezprostředně před setím vojtěšky, dochází k poškození klíčících semen (Šantrůček et al., 2003).

3.2.8.3 Draslík

Vojtěška vyžaduje velké množství draslíku (Čermák et al., 2004; Macolino et al., 2013). Ten má příznivý vliv na anatomickou stavbu kořenů jetelovin, protože zesiluje pletiva, dále na odolnost proti chorobám, suchu a vyzimování, čímž zvyšuje jejich vytrvalost, a to především vojtěšky (Poulík, 1996). Napomáhá také syntéze sacharidů, činnosti průduchů a je důležitý pro aktivitu enzymů (Grewal et Williams, 2002). Jeteloviny přijímají draslík ve velkém množství, ale nemají tak dobrou schopnost osvojovat si ho z hlubších vrstev půdy nebo z méně přístupných forem jako vápník a fosfor (Poulík, 1996). Na druhou stranu, na půdách draslíkem dobře zásobených jej přijímají velmi snadno (Macolino et al., 2013) a často dochází k tzv. luxusnímu konzumu (Pant et al, 2004), kdy je draslík kumulován v nadzemní biomase, aniž by byl dostatečně využíván v metabolických procesech a při zvýšené koncentraci v sušině (nad 3 %) má negativní vliv na kvalitu píce z hlediska potřeb hospodářských zvířat (Poulík, 1996), vede ke snížení obsahu bílkovin, Ca, Mg, a Na (Pant et al, 2004). Dělená aplikace draslíku může snížit tendenci rostlin vojtěšky pro "luxusní"

konzum a je považována za účinnější než použití jednorázového velkého množství draslíku (Macolino et al., 2013). Podle zásobení půd draslíkem se může jeho obsah v sušině vojtěšky pohybovat v rozmezí 1,24 - 4,15 %, přičemž za dostatečný obsah na počátku květu z hlediska rostlin jsou považovány hodnoty 1,25 - 2,2 %. Obsah draslíku není stálý, v prvním roce vegetace se pohybuje v průměru okolo 3 %, ve druhém roce 2,3 % draslíku, v roce třetím pak 1,8 % draslíku. Nejvyšší obsah draslíku v píci vojtěšky na jaře souvisí s jeho zpřístupněním v procesu zvětrávání a s tím, že v průběhu zimy téměř žádný odběr draslíku rostlinami neprobíhá. Vojtěška na tvorbu 1 t sušiny odčerpá 17 - 30 kg draslíku, z nichž část zůstane v nesklizených zbytcích strniště a kořenech. Na půdách hlinitých a jílovitohlinitých s malým až středním obsahem přístupného draslíku (do 150 mg K.ha⁻¹ zeminy) je na místě podzimní zásobní hnojení k předplodině na celou dobu využívání porostu (Šantrůček et al., 2003). Na středních a těžších půdách s dobrou fixační schopností pro draslík lze draselná hnojiva aplikovat do zásoby (Poulík, 1996). Na půdách dobře zásobených přístupným draslíkem, a při obsahu draslíku nad 2 % v sušině píce je možné silně omezovat dávky draselných hnojiv, případně i hnojení zcela vypustit. Na lehkých půdách s obsahem draslíku do 110 mg.kg⁻¹ zeminy je doporučováno rozdělení celkové dávky draselných hnojiv na dvě dílčí, druhou aplikovat podle možností po první seči druhého vegetačního roku (Šantrůček et al., 2003). Využití živin z povrchově aplikovaných hnojiv je limitováno vláhovými podmínkami. Na lehkých půdách nelze využít hnojení draslíkem do zásoby, z důvodu možné nadměrné kumulace draslíku v píci z počátečních sklizní. Nejvíce používaným draselným hnojivem je draselná sůl (Poulík, 1996). Holý (2003) nedoporučuje při předset'ové přípravě využívat draselná hnojiva, neboť narušují vzcházení vojtěšky. Doporučená dávka draslíku na rok je 80 - 120 kg (Holý, 2003).

3.2.8.4 Vápník

Vápník je pro jeteloviny důležitý jako živina, ale i pro úpravu půdní reakce. Na tu je citlivá především vojtěška, která vyžaduje neutrální pH (6,5 - 7,2) a na nevyvápněné půdy s pH nižším než 5,5 reaguje značným poklesem výnosu. Vojtěšku lze, na rozdíl od jetele vápnit přímo (Poulík, 1996). Vápník je ovšem většinou dodáván do půdy již k předplodinám, aby bylo dosaženo příznivé reakce pH i ve spodnějších vrstvách půdy, což je důležité především na kyselějších půdách v bramborářské oblasti. Na lehčích půdách je vhodný vápenec v dávkách 1 - 3 t.ha⁻¹, na těžších pálené vápno 0,5 - 2 t.ha⁻¹ (Šantrůček et al., 2003), i na těžších ovšem lze využít mletý vápenec (Poulík, 1996). Dolomitický vápenec současně doplňuje i zásoby hořčíku (Šantrůček et al., 2003).

3.2.8.5 Hořčík

I když hořčíku přijímají jeteloviny méně než ostatních živin, je potřeba jeho zásobu v živném prostředí zabezpečit na dostatečné úrovni, především na lehčích půdách. Vojtěška má nižší spotřebu hořčíku oproti jeteli. Hořčík je nejvhodnější dodávat při vápnění použitím dolomitických vápenců, popř. samostatně ve formě kieseritu či hořké soli (Poulik, 1996).

Vojtěška může citlivě reagovat i na nedostatek mikroprvků. Jedná se zejména o bór, jež je zvláště důležitý v semenářství, a molybden, jehož obsah v rostlinách se pohybuje od 0,5 - 4,5 mg.kg⁻¹ sušiny po přihnojení molybdenem amonným v dávce 25 - 30 kg.ha⁻¹ (Šantrůček et al., 2003).

3.2.8.6 Vliv hnojení na výnos a strukturu porostu vojtěšky

Eardly et al. (1985) uvádí, že aplikace dusíkatých hnojiv snížila výnosy, počty rostlin vojtěšky a zvýšila procentické zastoupení plevelů. Oproti tomu, řada autorů došla k závěru, že přínosy aplikace hnoje jsou ekonomického i ekologického charakteru (Westphal et al., 1989; Schmitt et al., 1994). Vasileva et Kostov (2015) zjistili o cca 16 % vyšší výnos sušiny vojtěšky hnojené hnojem ve srovnání s výnosem sušiny minerálně hnojené vojtěšky. Podle Rauna et al. (1999), existuje pozitivní odpověď na produkci biomasy pro aplikaci dusíku pouze u dávek přesahujících 100 kg.ha⁻¹ za rok.

Fosfor a draslík zvyšují výnos porostu vojtěšky (Berg et al., 2007; Lissbrant et al., 2009), ovšem závisí na obsahu živin v půdě. U hnojení fosforem bylo prokázáno, že zvyšuje výnos vojtěšky, rostoucí na půdách chudých na fosfor (Sanderson et Jones, 1993; Berg et al., 2005; Berg et al., 2007). Výnos se zvyšuje při dávce fosforu 25 kg.ha⁻¹ za rok a vyšší (Lissbrant et al., 2009). Každoroční hnojení vojtěškových porostů v brzkém jarním období na půdách s dobrým obsahem draslíku i fosforu nemá vliv na výnos píce, je produkčně i ekonomicky neefektivní (Šantrůček et al., 2003). Berg et al. (2005) uvádí významnou interakci mezi hnojením fosforem a draslíkem, která zajišťuje vyšší výnos, pokud jsou tyto živiny aplikovány obě, oproti samostatné aplikaci. Lissbrant et al. (2010) prokázali, že za různých půdních podmínek byly nižší výnosy získány z nevyváženého fosforečného a draselného hnojení ve srovnání s žádným hnojením, což potvrzuje vzájemnou závislost těchto živin. Dle Hanson et MacGregor (1966) je nutno opakovat aplikaci fosforu a draslíku pro dlouhodobé dosažení vysokých výnosů. Ty lze zajistit každoroční aplikací draslíku, a to až do 200 kg.ha⁻¹ draslíku (Lissbrant et al., 2009), a dávkou 110 nebo 220 kg.ha⁻¹ fosforu v rámci tří

let (James et al., 1995a). Dle Macolina et al. (2013) se dávka 300 kg.ha⁻¹ K₂O jevila jako dostačující k maximalizaci výnosu na půdách chudých na draslík, a to bez nežádoucích účinků na nutriční hodnotu píce.

Výnosové reakce na fosfor jsou obvykle nejvíce patrné v první seči sezóny, nicméně účinnost fosforečného hnojení může být ovlivněna načasováním aplikace (James et al., 1995a). I když Smith (1975) dokázal konzistentní účinek hnojení draslíkem na výnos píce, jiné studie (Pucek et Pys, 1997; Razmjoo et Henderlong, 1997; Lloveras et al, 2001) vykazovaly žádný nebo jen nepatrný vliv draselného hnojiva na výnos. Macolino et al. (2013) ve své studii nezjistili žádný vliv aplikace fosforu na výnos, kdežto draslík měl na výnos pozitivní vliv.

Populace rostlin vojtěšky je největší ihned po založení a klesá postupem času (Volenec et al., 1999), stejně tak počet lodyh/rostlinu (Hall et al., 2004). Adekvátní výživa draslíkem je považována za původce zvýšení dlouhověkosti porostu (Wang et al, 1953; Smith, 1975), je přímo spojená s vytrvalostí porostu (Gerwig et Ahlgren, 1958; Simons et al., 1995). Také má pozitivní vliv na tvorbu hlízek, zvyšuje poměr listů k lodyhám a snižuje napadení porostu chorobami, což se odráží ve vyšším výnosu píce (Grewal et Williams, 2002). Collins et al. (1986) zjistili, že hustota porostu na draslíkem hnojených parcelách klesla o 50 % v prvním a druhém roce, zatímco na nehnojených kontrolních parcelách byl pokles hustoty rostlin 73 %.

Použití fosforu a draslíku je rozhodující pro vysoké výnosy vojtěšky, zejména v souvislosti se stárnutím porostu (Berg et al., 2007). Za špatných půdních úrovní fosforu vojtěška není schopna konkurovat plevelu a udržet původní růst a produktivitu, ale na základě zlepšení půdní úrodnosti fosforečnými hnojivy je vojtěška konkurenceschopnější vůči plevelu, a může zvýšit dlouhověkost porostů o několik let (Malhi et al, 2001). Je známo, že hnojení fosforem často zvyšuje výnos píce, ovšem účinky fosforu na hustotu porostu nejsou jednoznačné. Jung et Smith (1959) uvádí, že hnojení fosforem je nezbytné pro přežití rostlin. Oproti tomu podle Sanderson et Jones (1993) hnojení fosforem snižuje populační hustotu rostlin vojtěšky. Collins et al. (1986) také uvedli pokles populace vojtěšky na pozemcích hnojených fosforem ve srovnání s kontrolními nehnojenými parcelami. Hanson et MacGregor (1966) uvádí, že aplikace draslíku a fosforu udržuje hustší porosty vojtěšky než hnojení samotným fosforem.

Jelikož aplikace fosforu může snížit populaci rostlin vojtěšky, vyšší výnos pozemků hnojených fosforem by se tedy měl odrážet v nárůstu ostatních prvků výnosu vojtěšky (Berg et al., 2007), což podle Volence et al. (1987) jsou: počet rostlin/m², počet lodyh/rostlinu a hmotnost lodyh. Výnos vojtěšky byl ve studii Berg et al. (2007) pozitivně spojen s počtem

lodyh/m², na který měl draslík pozitivní vliv, kdežto fosfor tento počet neovlivňoval.

Zatímco hnojení rostlin fosforem zvyšuje počet lodyh/rostlinu, draselné hnojení počet lodyh/rostlinu snižuje (Berg et al., 2007). Dle Berg et al. (2007) se nejvyšší hodnoty počtu lodyh/rostlinu (14 lodyh/rostlinu) objevily na pozemcích s nejmenším počtem rostlin/m² (20 rostlin/m²). To souhlasí s výsledky Volenec et al. (1987).

Dále byl prokázán pozitivní vliv hnojení draslíkem na počet rostlin/m², ovšem zvýšené hnojení fosforem počet rostlin/m² snižuje (Sanderson et Jones, 1993; Berg et al., 2005; Berg et al., 2007).

Berg et al. (2007) zjistil, že zatímco lodyhy jsou jednoznačně nutné pro výnos píce, vysoký výnos nebyl úzce spojen s větším počtem lodyh/rostlinu. Největší výnosy pícnin nejsou získávány na parcelách s nejvyššími populačními hustotami rostlin, počtem lodyh/rostlinu nebo počtem lodyh/m². Vyšší výnos na parcelách hnojených fosforem a draslíkem byl spojen s vyšší hmotností lodyh (Berg et al., 2005; Berg et al., 2007). Frakes et al. (1961), také uvedli, že hmotnost lodyh a listů měla mnohem větší přímý vliv na výnos vojtěšky, než počet lodyh/rostlinu. Zvýšená hmotnost lodyh byla trvale spojována se zlepšením agronomické výkonnosti vojtěšky bez ohledu na to, zda se zvětšily výnosy výsledkem genetického výběru (Volenec, 1985), zlepšení půdní úrodnosti (Li et al., 1997), nebo lepší kontroly hmyzu (Kitchen et al., 1990). Cooper et al. (1967) přičítá vyšší hmotnost lodyh zvýšení počtu listů na lodyhu, díky lepšímu hnojení draslíkem. Z hlediska vývoje rostlin pochází zvýšená hmotnost lodyh ze dvou možných mechanismů: rychlého tempa obrůstání lodyh po seči (Volenec, 1985), anebo vysoké míry prodlužování lodyh po iniciaci růstu (Singh et Winch, 1974, Li et al, 1997). Již dříve bylo dokázáno, že existuje genetická variabilita v rychlosti prodlužování lodyh vojtěšky, a že kultivary s vysokou mírou prodlužování lodyh měly větší hmotnost lodyh a vysoké výnosy pícnin (Volenec, 1985).

3.2.8.7 Vliv hnojení na kvalitu píce

Hnojení fosforem, draslíkem, nebo dalšími živinami, které zvyšují výnos, může o něco snížit kvalitu píce (Ball et al., 2001). Hnojení fosforem a draslíkem zvyšuje výnos vojtěšky zvýšením hmotnosti lodyh (Berg et al., 2005; Berg et al., 2007). Touto změnou v morfologii rostlin (Volenec et al, 1987; Volenec et Cherney, 1990), může dojít ke snížení kvality píce (Lissbrant et al., 2009).

Obsahu ADF klesal s fosforečným a dusíkatým hnojením (Daşci et Çomakli, 2011), dále Daşci et Çomakli (2011) zjistili, že obsah NDF byl vyšší na parcelách hnojených dusíkatými a kombinací dusíkatých a fosforečných hnojiv než na nehnojených parcelách, či

parcelách hnojených pouze fosforem. Lissbrant et al. (2009) uvádí, že koncentrace NDF, ADF a ADL se snižují při nízkých dávkách fosforečných a draselných hnojiv. S vyšším výnosem v reakci na hnojení fosforem došlo k poklesu IVDMD, což je možné v důsledku zvýšené hmotnosti lodyh, a koncentrace NDF, ADF a ADL se zvýšila (Hintz et Albrecht, 1991; Petit et al., 1992; Sanderson et Jones, 1993). Velké lodyhy mají obecně vyšší koncentraci ligninu, což omezuje výživnou hodnotu píce (Volenec et al, 1987; Volenec et Cherney, 1990).

Cherney et al. (1994) nezaznamenal žádné rozdíly v parametrech kvality píce (NDF, ADF, ADL, IVDMD) u rostlin vojtěšky, dostávajících vysoké dávky dusíku oproti těm, které nebyly dusíkem hnojeny (Cherney et al., 1994), kdežto v jiné studii, vojtěška hnojená 336 kg.ha⁻¹ N měla o něco nižší obsah NDF, než vojtěška nehnojená (Cherney et al., 1995).

Nízký výnos sušiny krmiva nehnojené vojtěšky byl spojen s vyšší IVDMD. DNY na hektar vysoce koreloval s výnosem, ale ne s koncentrací IVDMD (Lissbrant et al., 2009). DNY a CPY významně vzrostly se zvyšující se aplikací fosforečných hnojiv z 0 na 50 kg.ha⁻¹, i když k největšímu zvýšení DNY a CPY došlo s použitím 25 kg.ha⁻¹ P (Lissbrant et al., 2009). Aplikace draselných hnojiv snížila IVDMD, avšak DNY a CPY se zvýšily s aplikací až 200 kg.ha⁻¹ K z důvodu vlivu draslíku na výnos píce (Lissbrant et al., 2009). Nicméně, jiní autoři nezjistili žádný účinek draselného hnojení na koncentraci NL (Lloveras et al., 2001), nebo na IVDMD (Smith, 1975).

Hnojení má obvykle malý nebo žádný vliv na stravitelnost (Ball et al., 2001), ovšem Daşci et Çomakli (2011) uvádí, že hnojení zvyšuje celkovou stravitelnost živin krmiva. Obsah dusíku v sušině pozitivně souvisí se stravitelností (Oliveira et al., 2004). Obsah celkových stravitelných živin úzce souvisí s obsahem ADF. S jeho snížením dochází ke zvýšení obsahu celkových stravitelných živin (Daşci et Çomakli, 2011).

Obsah draslíku v píci byl ovlivněn fosforečným hnojením pouze u rostlin, které nebyly hnojeny draslíkem, s tím, že obsah draslíku v píci klesá při vzrůstu dávek fosforečných hnojiv. Dále koncentrace draslíku stoupá s draselnými (Bailey, 1983; Razmjoo et Henderlong, 1997; Lloveras et al, 2001) i sirnatými hnojivy (Malhi, 2011). Nadměrná hladina některých prvků, např. draslíku (K > 3 % sušiny) může v některých případech snížit dostupnost dalších prvků, jako je hořčík či vápník v dietě (Ball et al., 2001).

Je zajímavé, že hnojení fosforem nemělo žádný vliv na koncentraci fosforu v krmivu. Ve skutečnosti je koncentrace fosforu v krmivu nižší u pozemků nehnojených, oproti pozemkům hnojených draslíkem (Macolino et al., 2013). Malhi (2011) uvádí, že se

koncentrace fosforu v pícei vojtěšky zvyšuje s fosforečným hnojením. To bylo prokázáno i v dalších studiích (Berrada et Westfall, 2005; Yolcu et Serin, 2009).

Celková koncentrace síry v pícei se zvyšuje s aplikací sirnatých hnojiv (Malhi, 2011). Zatímco aplikace fosforečných hnojiv zvyšuje obsah dusíku, aplikace hnojiv dusičných nemá na obsah fosforu žádný vliv (Yolcu et Serin, 2009).

Hnojení fosforem a draslíkem má významný vliv i na vztahy mezi fosforem a dalšími makro- a mikroprvky, jako jsou vápník, hořčík, bór, měď a zinek (James et al., 1995b). Byl popsán negativní vliv draselného hnojení na obsah hořčíku, sodíku, vápníku (Pucek et Pys, 1997), molybdenu a mědi ve vojtěšce (Razmjoo et Henderlong, 1997). Smith (1975) uvádí, že koncentrace manganu se zvýšila, ale úroveň vápníku a hořčíku klesly u vojtěšky se zvýšením dávek draselného hnojiva. Pokles hladiny vápníku následuje po zvýšení akumulace fosforu ve vojtěšce, zvýšené vstřebávání draslíku dále snižuje absorpci vápníku (Pucek et Pys, 1997). Fosforečné hnojení snižuje koncentraci mědi v pícei (James et al., 1995b). Pucek et Pys (1997) pozorovali pozitivní vliv fosforečného hnojení na obsah zinku, což je v rozporu se studií James et al. (1995b).

Daşci et Çomakli (2011) uvádí významné zvýšení obsahu dusíku v pícei v reakci na hnojení fosforem a draslíkem. Podle některých autorů přidavek fosforečného hnojiva zvyšuje koncentraci bílkovin (Bailey, 1983; Pucek et Pys, 1997), zatímco přidavek hnojiv draselných koncentraci bílkovin snižuje (Smith, 1975; Lissbrant et al., 2009). Podle Grewala (2010), dochází k mírnému zvýšení obsahu dusíkatých látek s aplikací jak fosforu, tak draslíku. Hnojení draslíkem podporuje tvorbu hlízek, což může vést ke zvýšení obsahu NL. Zvýšením dostupnosti draslíku také došlo k nárůstu aktivity enzymu nitrogenázy, v důsledku zvýšení počtu hlízek (Grewal et Williams, 2002). Fosfor je také zapojen do procesu fixace dusíku, neboť přispívá ke zvýšení jak velikosti, tak počtu rhizobiálních hlízek (Azcón et al., 1988; Goicoechea et al., 2000). Podle Grewala et Williamse (2002) adekvátní výživa draslíkem zvyšuje poměr listů k lodyhám a dochází k vyšší retenci listů. Ovšem při rostoucích dávkách draselných hnojiv se v důsledku prodloužení lodyh tento poměr snižuje (Macolino et al., 2013), což pravděpodobně zapříčiňuje snížení obsahu NL a dusíku v pícei (Smith, 1975). Nižší koncentrace NL může být vysvětlena také prostřednictvím zmenšení obsahu dusíku na jednotku plochy listů, jako výsledek vyšší soutěže o světlo v důsledku větší výšky rostlin a vyššího výnosu (Lemaire et al., 1991). Nicméně, jiné studie nepotvrdily vliv hnojení draslíkem na obsah dusíku v rostlině (Lloveras et al., 2001).

Cherney et al. (1994) uvádí, že koncentrace dusíku ve vojtěšce se zvyšuje s rostoucí dávkou dusíkatých hnojiv. Byl pozorován pozitivní vliv dusíkatých hnojiv, kdežto minerální

dusík má negativní vliv (při dávce $450 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ za rok) na proces fixace dusíku (Oliveira et al., 2004). Ovšem Schmitt et al. (1994) nepozorovali žádný pozitivní vliv hnojení předplodin hnojem na obsah NL ve vojtěšce. U druhů, jako je vojtěška, může kromě inhibičního účinku na fixaci dusíku minerální hnojení snížit životnost plodiny a kvalitu proteinu v sušině (Oliveira et al., 2004), také může docházet k akumulaci dusičnanů (Teuber et Phillips, 1987; Cherney et al., 1994; Cherney et al., 1995). Píce i nehnojených vojtěšek může obsahovat více dusičnanů a může být označena jako podmíněčně zkrmitelná, na což má vliv i předcházející hnojení plodin dusíkatými hnojivy v osevním postupu (Šantrůček et al., 2003). Dusík přidaný do půdy je přednostně absorbován a může negativně ovlivnit tvorbu hlízek (Oliveira et al., 2004), jejich velikost a hmotnost (Zhu et al., 1998) a v důsledku toho účinnost symbiotického procesu a aktivitu nitrogenázy. Potenciál pro fixaci dusíku pomocí symbiózy je v průměru $450 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ za rok (Heichel et Henjum, 1991). Při vysoké dostupnosti dusíku dochází ke zvýšení produkce sušiny, obsahu dusíku a NL ve srovnání s nižší dostupností (Oliveira et al., 2004). Hnojení dusíkatými hnojivy ovšem zvyšuje především obsah NPN v porovnání s biologickou fixací dusíku (Cherney et al., 1994). Množství NPN se zvyšuje s rostoucím obsahem NL (Paulson et al., 2008), dle Cherney et al. (1994) je zapotřebí velkého množství exogenního dusíku ke zvýšení NPN. Hnojení dusíkem ve studii Oliveira et al. (2004) nevedlo ke zvýšení počtu lodyh, produkce sušiny, dusíku, NL, obsahu NPN a stravitelnosti. Nicméně Daşci et Çomakli (2011) zjistili ve své práci vyšší obsah NL u vojtěšky hnojené dusíkem oproti kontrolní variantě.

Podle Malhiho (2011) se obsah proteinu v píci zvýšil především s použitím hnojiv obsahujících síru, a se zvyšující se dávkou síry roste koncentrace NL a DMY v píci vojtěšky. Zvýšení NL při hnojení sírou by mohlo být způsobeno zlepšením fixace dusíku vojtěškou, protože síra je základní živinou pro bakterie fixující dusík, a také se podílí na tvorbě některých AMK (Malhi, 2011).

Velmi málo autorů se do současné doby zabíralo studiem vlivu dlouhodobého hnojení, organického i minerálního, včetně jejich interakce, na kvalitativní parametry píce vojtěšky. Tato práce by mohla přispět k objasnění této problematiky.

4 Materiál a metody

4.1 Charakteristika stanoviště

Experiment byl realizován ve Výzkumném ústavu rostlinné výroby v Praze - Ruzyni. Pokusné stanoviště se nachází na 50 °08' severní šířky a 14 °30' východní délky v nadmořské výšce 345 m, spadá do klimatického regionu T2. Dlouhodobá průměrná roční teplota vzduchu je 7,9 °C a dlouhodobý úhrn ročních srážek činí 472 mm (Odbor pokusných stanic: Praha - Ruzyně, 2016). Tabulka č. 2 uvádí průměrné teploty a souhrny srážek během jednotlivých měsíců v letech 2013, 2014 a 2015.

Tabulka 2: Průměrné měsíční teploty vzduchu a měsíční úhrn srážek během let 2013, 2014 a 2015.

| Měsíc | Ročník | | | | | |
|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 2013 | | 2014 | | 2015 | |
| | Teplota (°C) | Srážky (mm) | Teplota (°C) | Srážky (mm) | Teplota (°C) | Srážky (mm) |
| Leden | -1,0 | 34,9 | 0,7 | 14,3 | 1,9 | 17,8 |
| Únor | -0,7 | 34,5 | 2,5 | 1,0 | 0,4 | 1,7 |
| Březen | 0,1 | 14,8 | 6,9 | 32,8 | 5,3 | 31,6 |
| Duben | 9,4 | 27,0 | 11,3 | 22,6 | 8,9 | 33,0 |
| Květen | 12,9 | 116,6 | 13,2 | 110,0 | 13,7 | 43,5 |
| Červen | 17,1 | 152,8 | 17,5 | 13,8 | 17,2 | 28,7 |
| Červenec | 21,0 | 59,4 | 20,9 | 107,7 | 21,8 | 30,8 |
| Srpen | 19,0 | 137,7 | 17,6 | 54,3 | 23,1 | 48,9 |
| Září | 13,5 | 37,3 | 15,7 | 64,0 | 14,7 | 8,4 |
| Říjen | 9,5 | 37,7 | 11,1 | 48,1 | 8,6 | 48,0 |
| Listopad | 4,5 | 24,1 | 6,3 | 20,3 | 6,6 | 43,6 |
| Prosinec | 1,4 | 2,6 | 2,3 | 22,8 | 4,9 | 8,6 |
| <i>Celkem</i> | - | <i>679,4</i> | - | <i>511,7</i> | - | <i>344,6</i> |

Poznámka: Průměrné teploty vzduchu byly naměřeny 5 cm nad povrchem půdy.
(Agrometeorologická stanice VÚRV, 2016)

Půda je modální hnědozem, jílovitohlinitá, na spraši, částečně na křídové opuce. V půdě je vyšší obsah hrubého prachu a nižší obsah jílnatých částic a jílu. Ornice o mocnosti 26 - 33 cm přechází subhorizontem 34 - 54 cm do výrazného iluviálního horizontu, který zasahuje do hloubky 77 - 80 cm, s přechodem do spraše v hloubce 85 - 120 cm. Hodnota sorpční kapacity činí v ornici při obsahu jílu 20 - 35 %. Celý profil je neutrální a sorpčně nasycený až plně nasycený. Obsah přístupných živin je dobrý až velmi dobrý, jedná se o

62 mg/kg fosforu, 171 mg/kg draslíku, 114 mg/kg hořčíku a 3446 mg/kg vápníku. Obsah humusu činí 4,1 %. Ve svažitých polohách a spraši se nacházejí profily smytých hnědozemí se zbytky iluviálního horizontu, event. silně smyté hnědozemě, kde ornice leží bezprostředně na spraši (Odbor pokusných stanic: Praha - Ruzyně, 2016).

Charakteristickými pleveli v této oblasti a ve velké míře se vyskytujícími jsou oves hluchý, pcháč oset a brukvovité plevele. Dále hluchavky, ptačinec žabinec, rdesnovité, laskavec ohnutý, merlíky, úhorník mnohodílný a pýr plazivý. Škůdců se zde mnoho nevyskytuje z důvodu situování pozemků u letiště. Málo se vyskytují hlodavci (myši a křečci), ojedinele zajíc či srna. Největšími polními škůdci jsou holubi (Odbor pokusných stanic: Praha - Ruzyně, 2016).

4.2 Charakteristika experimentu

Dlouhodobý pokus s hnojením byl založen v roce 1955. Experiment s porostem vojtěšky byl založen na jaře roku 2013, a to jako podsev vojtěšky do ječmene jarního na honu IV., kde je v rámci osevního postupu pěstováno 45 % obilovin, 33 % okopanin a 22 % píce. Vyseta byla odrůda Morava. V experimentu je zahrnuto 24 variant hnojených různými dávkami a kombinacemi organického a minerálního hnojiva, vždy ve 4 opakováních. Pokus je uspořádán ve schématu split - plot, velikost parcel je 12 x 12 m.

V rámci diplomové práce bylo vybráno 6 kontrastních variant hnojení: varianta 11 - nehnojená organicky ani minerálně (kontrolní varianta), varianta 12 - hnojená dávkami N1P1K1, varianta 16 - hnojená dávkami N4P2K2, varianta 21 - hnojená pouze hnojem, varianta 22 - hnojená kombinací hnoje a N1P1K1, varianta 26 - hnojená kombinací hnoje a N4P2K2. Dávka hnoje (varianty 21, 22 a 26) je aplikována k předplodině. V době vegetace vojtěšky se varianty nehnojí dusíkem, tato hnojiva nejsou aplikována přímo k vojtěšce, ale pouze k ostatním plodinám v osevním postupu. Hnojení fosforem (P_2O_5) a draslíkem (K_2O) se provádí každoročně na podzim. Hodnoty v tabulce č. 3 představují průměrné roční dávky živin.

Tabulka 3: Dávky minerálních živin ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)

| Varianta hnojení | Roční průměrné dávky živin ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) |
|------------------|---|
| N1 | 39 |
| N4 | 91 |
| P1 | 54 |
| P2 | 74 |
| K1 | 131 |
| K2 | 176 |

4.3 Odběr vzorků

Vzorky píce byly odebrány z první seče v roce 2015, vždy z jednoho řádku o délce 50 cm v každém bloku, s výškou strniště 50 mm. Následně byl stanoven počet rostlin. U odebraných vzorků byl zjištěn počet lodyh, maximální délka lodyhy (MSL) a u deseti nejdelších lodyh byl stanoven hmotnostní podíl listů (LWR). Po usušení vzorků při $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ byla vypočtena sušina v jednotlivých částech rostlin. Ze zjištěných údajů byly dopočteny proměnné počet rostlin/ m^2 (R/m^2), počet lodyh/ m^2 (L/m^2) a LWR v píci.

4.4 Stanovení kvalitativních parametrů

4.4.1 Stanovení obsahu NL

Obsah NL v listech a v lodyhách byl zjištěn metodou dle Dumase pomocí přístroje Dumatherm. Dumasova metoda je oproti Kjeldahlově metodě rychlejší a nevyžaduje použití nebezpečných chemikálií. Z těchto důvodů je používání Kjeldahlovy metody na ústupu. Ovšem ani jedna z těchto metod nerozlišuje mezi bílkovinným a nebílkovinným dusíkem. Ve většině případů jsou výsledky získané Dumasovou metodou nepatrně vyšší. To je zapříčiněno tím, že Dumasova metoda změří téměř všechny nebílkovinný dusík, kdežto Kjeldahlova metoda pouze jeho část. Pro výpočet obsahu proteinu se používají různé přepočtové koeficienty (ČSN EN ISO 16634-1).

U Dumasovy metody je vzorek spalován v atmosféře bohaté na kyslík při vysokých teplotách. S pomocí mědi jsou výsledné oxidy dusíku redukovány na základní dusík. Ten se analyzuje za použití jednoduchého vláknového detektoru (Ilabo, 2016).

4.4.2 Stanovení obsahu NDF

Obsah NDF byl stanoven na přístroji Fibertec System 2023 FiberCap s opakovaným použitím reagenčních kapslí s víčkem. Princip metody spočívá ve stanovení NDF jako zbytku buněčných stěn rostlinných pletiv, po hydrolyze vzorku v prostředí neutrálního roztoku laurylsíranu sodného ($C_{12}H_{25}NaO_4S$) (Pozdíšek et Trojanová, 2011).

4.4.3 Stanovení stravitelnosti NDF

NDFD byla stanovena modifikovanou metodou ke zjištění stravitelnosti organické hmoty. Proces fermentace vzorků píče *in vitro* probíhá ve dvou fázích a napodobuje princip přirozeného trávení v trávicí soustavě přežvýkavců. V první fázi se navážený vzorek krmiva zalije bachorovou šťávou od skotu, s doplňkem anorganického pufru. Mikrobiální činností, zvláště mikrobiálních enzymů, se část živin krmiva (bílkoviny, sacharidy) při pH 7 rozkládá na jednodušší. Ve druhé fázi na krmivo působí pepsin v kyselém prostředí (při pH 1,5). Tento proteolytický enzym produkovaný sliznicí slezu, rozkládá bílkoviny krmiva na směs peptidů. Obě fáze fermentace trvají 48 hodin. Po celkem 96 hodinách inkubace vzorků jsou procesem filtrace odděleny nestrávené zbytky krmiva. Stravitelnost organické hmoty pak principiálně vyjadřuje podíl hmotnosti „natrávené“ (lépe řečeno rozpuštěné) organické hmoty ve zbytku po inkubaci z celkové hmotnosti organické hmoty vzorku. Za *in vitro* stravitelné se tedy považuje to, co v daném systému fermentace přechází z pevné fáze ze vzorku do roztoku. Celý systém je koncipován tak, aby se výsledek *in vitro* co nejtěsněji přiblížil hodnotě *in vivo* (Štýbnarová et Pozdíšek, 2009).

4.5 Statistické vyhodnocení

Statistické zpracování výsledků bylo provedeno dvoufaktorovou nebo třífaktorovou analýzou rozptylu (ANOVA) s interakcí. Pro zjištění statisticky významných rozdílů mezi hodnocenými průměry byl použit Tukeyův HSD test na hladině významnosti $\alpha = 0,05$. Všechny statistické analýzy byly provedeny v programu Statistica 12.0.

5 Výsledky

V rámci zpracování výsledků byl nejprve sledován vliv organického a minerálního hnojení na parametry struktury porostu a výnosotvorné prvky (R/m^2 , L/m^2 , MSL, výnos, LWR), následně na kvalitativní parametry píce (obsah NL, NDF a NDFD). Rovněž bylo sledováno a vyhodnoceno působení interakcí organického a minerálního hnojiva, u parametrů kvality píce i částí rostlin.

5.1 Vliv hnojení na strukturu porostu

Z výsledků v tabulce č. 4 vyplývá, že interakce organického a minerálního hnojení neměla žádný prokazatelný vliv na strukturu porostu vojtěšky. Organické hnojení rovněž nemělo prokazatelný vliv ani na jeden parametr.

Tabulka 4: Vliv organického a minerálního hnojení na strukturu porostu vojtěšky.

| | | R/m^2 | L/m^2 | MSL (cm) | výnos (g/m^2) | LWR (g/kg) |
|------------------------|------|-------------------|--------------|------------------|-------------------|------------------|
| organické hnojení | 0 | 165 | 669 | 75 | 687 | 435 |
| | hnůj | 148 | 702 | 77 | 787 | 438 |
| <i>p hodnota</i> | | <i>0,446</i> | <i>0,568</i> | <i>0,481</i> | <i>0,146</i> | <i>0,758</i> |
| minerální hnojení | 0 | 182 ^b | 712 | 68 ^a | 644 | 469 ^b |
| | N1 | 172 ^{ab} | 667 | 78 ^{ab} | 737 | 431 ^a |
| | N4 | 116 ^a | 677 | 82 ^b | 829 | 411 ^a |
| <i>p hodnota</i> | | <i>0,039</i> | <i>0,802</i> | <i>0,009</i> | <i>0,099</i> | <i>0,001</i> |
| org x min (<i>p</i>) | | <i>0,738</i> | <i>0,148</i> | <i>0,525</i> | <i>0,480</i> | <i>0,175</i> |

Poznámka: Organické hnojení: úroveň výživy 0 - bez organického hnojení; hnůj - dávka hnoje aplikovaná k předplodině. Minerální hnojení: úroveň výživy 0 - bez minerálního hnojení, úroveň výživy N1 - nízké dávky N - P - K hnojiv, úroveň výživy N4 - vysoké dávky N - P - K hnojiv. Rozdílné písemné indexy poukazují na signifikantní rozdíly Tukeyho testu na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

Minerální hnojení mělo prokazatelný vliv na počet rostlin/ m^2 , jak je zřejmé z tabulky č. 4. S rostoucí dávkou minerálních hnojiv R/m^2 klesá (kontrolní varianta - 182 R/m^2 , N1 - 172 R/m^2 a N4 varianta - 116 R/m^2). Parametr počet lodyh/ m^2 nebyl prokazatelně ovlivněn ani jedním typem hnojení, ani jejich interakcí.

Maximální délka lodyh byla významně ovlivněna minerálním hnojením, s jeho rostoucími dávkami došlo k prodlužování lodyh. V kontrolní variantě činí délka lodyh 68 cm, pro N1 variantu už 78 cm a u varianty N4 je efekt minerálního hnojení výrazně patrný, lodyhy dosahují délky 82 cm.

Ačkoli výnos nebyl prokazatelně ovlivněn minerálním hnojením ($p = 0,099$), se zvyšující se dávkou vykazuje rostoucí trend (kontrolní varianta - 644 g/m², N1 - 737 g/m² a N4 varianta - 829 g/m²).

Ovšem hmotnostní podíl listů byl signifikantně ovlivněn minerálním hnojením, avšak docházelo k jeho snižování. V kontrolní variantě činil 469 g/kg, pro N1 431 g/kg a u varianty N4 411 g/kg.

5.2 Vliv hnojení na kvalitativní parametry píče

V tabulce č. 5 je popsán účinek minerálního a organického hnojení, společně s částí rostliny na vybrané parametry kvality píče vojtěšky. Je viditelné, že minerální hnojení neovlivnilo ani jeden z uvedených parametrů (NL, NDF, NDFD).

Tabulka 5: Vliv hnojení a části rostliny na kvalitativní ukazatele píče vojtěšky.

| | | NL (g/kg) | NDF (g/kg) | NDFD (%) |
|-------------------|--------|------------------|------------------|-------------------|
| organické hnojení | 0 | 200 ^a | 344 ^a | 64,0 |
| | hnůj | 216 ^b | 356 ^b | 65,9 |
| <i>p hodnota</i> | | <i>0,000</i> | <i>0,018</i> | <i>0,013</i> |
| minerální hnojení | 0 | 211 | 345 | 64,4 |
| | N1 | 213 | 352 | 65,8 |
| | N4 | 201 | 355 | 64,6 |
| <i>p hodnota</i> | | <i>0,069</i> | <i>0,250</i> | <i>0,239</i> |
| část rostliny | listy | 288 ^a | 202 ^a | 77,8 ^a |
| | lodyhy | 128 ^b | 499 ^b | 52,0 ^b |
| <i>p hodnota</i> | | <i>0,000</i> | <i>0,000</i> | <i>0,000</i> |

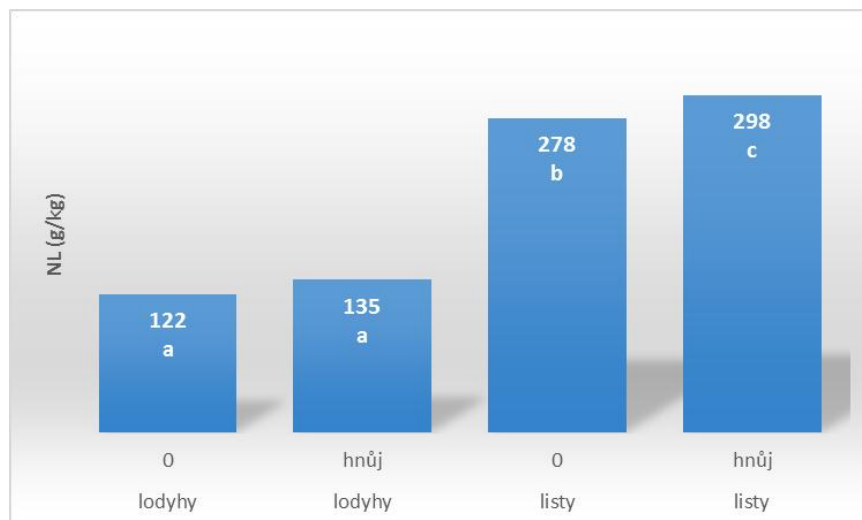
Poznámka: Organické hnojení: 0 - bez organického hnojení; hnůj - dávka hnoje aplikovaná k předplodině. Minerální hnojení: 0 - bez minerálního hnojení, N1 - nízké dávky N - P - K hnojiv, N4 - vysoké dávky N - P - K hnojiv. Rozdílné písemné indexy poukazují na signifikantní rozdíly Tukeyho testu na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

5.2.1 Vliv hnojení na obsah NL

Podle výsledků v tabulce č. 5, organické hnojení prokazatelně ovlivnilo obsah NL (200 g/kg pro nehnojenou variantu oproti 216 g/kg u hnojené varianty). Vliv minerálního hnojení se jevil jako těsně neprůkazný ($p = 0,069$), s hodnotami 211 g/kg pro kontrolní variantu, 213 g/kg pro N1 a 201 g/kg pro variantu N4. V obsahu NL v listech a lodyhách vojtěšky byl prokázán statisticky významný rozdíl, přičemž v listech byly NL zastoupeny 288 g/kg, kdežto v lodyhách 128 g/kg. Rovněž byly odhaleny významné interakce, které

zobrazují grafy č. 1 a 2. Jedná se o interakce mezi částí rostliny a organickým hnojením a o interakci mezi organickými a minerálními variantami hnojení.

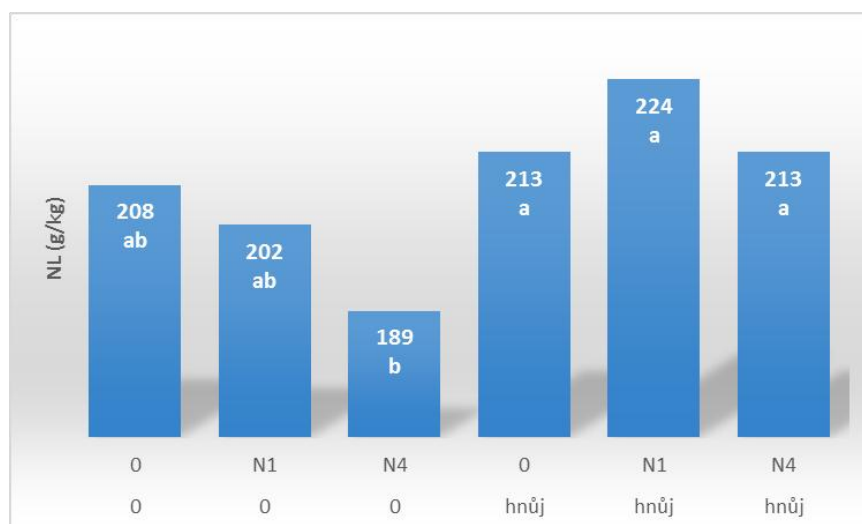
Graf 1: Vliv interakce mezi částí rostliny a organickým hnojením na obsah NL



Poznámka: Rozdílné písemné indexy značí signifikantní rozdíl Tukeyho testu na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

Z grafu č. 1 je patrné, že organické hnojení výrazně neovlivňovalo obsah NL v lodyhách (122 g/kg v kontrolní variantě vs. 135 g/kg v hnojené variantě). Průkazný rozdíl byl zjištěn u listů (278 g/kg u nehnojené varianty vs. 298 g/kg u varianty hnojené hnojem).

Graf 2: Vliv interakce minerálního a organického hnojení na obsah NL



Poznámka: Rozdílné písemné indexy značí signifikantní rozdíly Tukeyho testu na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

V grafu č. 2 je uvedena interakce organického a minerálního hnojení, která znázorňuje pozitivní efekt organického hnojení, který je nejvyšší ve spojení s nižšími aplikovanými dávkami N v osevním postupu (varianta N1; 224 g/kg NL). Z výsledků lze shrnout, že nepřímé organické hnojení mělo pozitivní vliv na koncentraci NL pouze u varianty N4. Nepřímé hnojení minerálním dusíkem vykazovalo zřejmou tendenci snižovat obsah NL v píce.

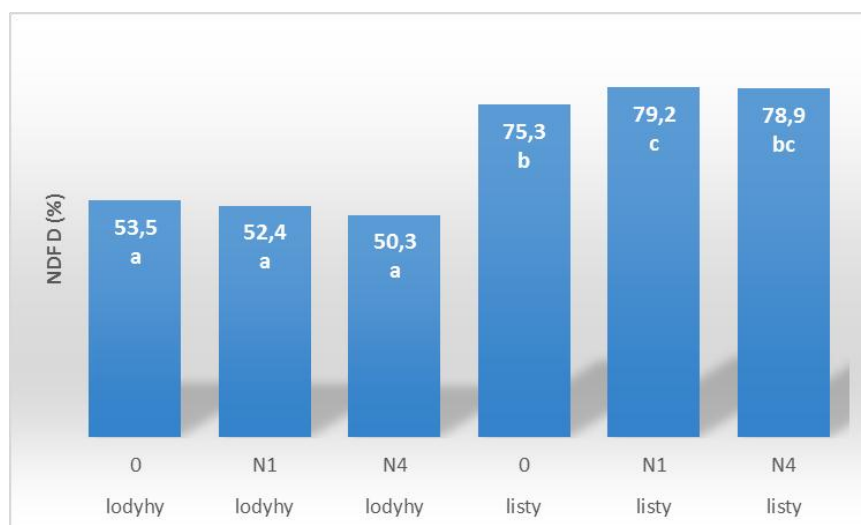
5.2.2 Vliv hnojení na obsah NDF

Z tabulky č. 5 je patrné, že obsah NDF, stejně jako u NL, byl prokazatelně ovlivněn organickým hnojením. Kontrolní varianta obsahovala 344 g/kg NDF, v porovnání s variantou hnojenou hnojem, která obsahovala 356 g/kg NDF. Minerální hnojení nemělo na obsah NDF prokazatelný vliv. Nicméně část rostliny průkazně ovlivnila obsah NDF. V listech činil 202 g/kg, kdežto v lodyhách 499 g/kg NDF.

5.2.3 Vliv hnojení na stravitelnost NDF

Jak je viditelné v tabulce č. 5, podobně jako u obsahu NDF, i NDFD byla prokazatelně ovlivněna variantou organického hnojení. Pro kontrolní variantu představovala 64,0 %, pro variantu hnojenou hnojem 65,9 %. Minerální hnojení prokazatelně neovlivnilo NDFD, ovšem průkazný vliv měla část rostliny. V listech dosahovala NDFD hodnot 77,8 %, v lodyhách 52,1 %. NDFD byla také ovlivněna významnými interakcemi, a to mezi minerálním hnojením a částí rostliny a mezi organickým a minerálním hnojením. Tyto interakce zobrazují grafy č. 3 a 4.

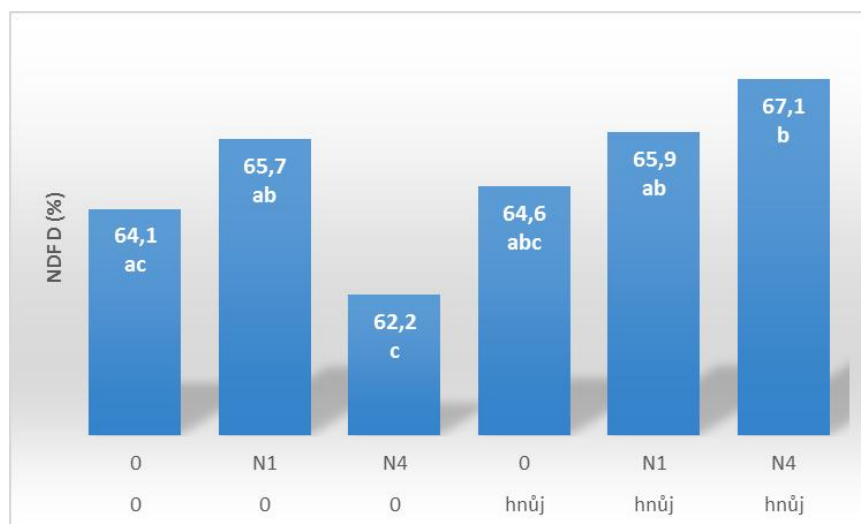
Graf 3: Vliv interakce mezi minerálním hnojením a částí rostliny na NDFD



Poznámka: Rozdílné písemné indexy značí signifikantní rozdíly Tukeyho testu na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

Graf č. 3 naznačuje, že vysoké dávky minerálního hnojiva mají negativní vliv na NDFD v lodyhách vojtěšky, neboť dochází k poklesu oproti kontrolní variantě (53,5 %) k 52,4 % u N1 a 50,3 % u N4 varianty, i když tento rozdíl není průkazný. NDFD v listech oproti tomu vykazovala průkazně nižší hodnotu při absenci minerálního hnojení.

Graf 4: Vliv interakce organického a minerálního hnojení na NDFD



Poznámka: Rozdílné písemné indexy značí signifikantní rozdíly Tukeyho testu na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

Z grafu č. 4 je patrný pozitivní vliv kombinace organického a minerálního hnojení, kulminující v N4 variantě (67,1 %). V N1 variantě činí NDFD 65,9 %. Lze odvodit, že vysoké dávky pouze minerálních hnojiv mají negativní vliv na NDFD (N4 = 62,2 % vs. N1 = 65,7 %), především v kombinaci s absencí organického hnojení.

6 Diskuze

6.1 Struktura porostu a výnos píce

Minerální hnojení mělo v naší studii negativní vliv na počet rostlin/m², s rostoucí dávkou minerálních hnojiv počet rostlin/m² klesal. To se shoduje s výsledky Eardly et al. (1985), kteří uvádí, že aplikace dusíkatých hnojiv snížila počty rostlin vojtěšky. Sanderson et Jones (1993) zjistili, že také hnojení fosforem snižuje populační hustotu rostlin vojtěšky. S tím se shodli i Berg et al. (2007). Collins et al. (1986) také potvrdili pokles populace vojtěšky na pozemcích hnojených fosforem, ve srovnání s kontrolními nehnojenými parcelami. Podle Hanson et MacGregor (1966) ovšem aplikace draslíku a fosforu udržuje hustší porosty vojtěšky než hnojení samotným fosforem. Berg et al. (2005; 2007) uvádí, že hnojení draslíkem má pozitivní vliv na počet rostlin/m².

Parametr počet lodyh/m² nebyl prokazatelně ovlivněn ani jedním typem hnojení, ani jejich interakcí. Toto zjištění se liší od výsledků Konečné et al. (2015), kteří zjistili zvýšení počtu lodyh/m² s minerálním N - P - K hnojením. Berg et al. (2007) uvádí zvýšení počtu lodyh/m² v důsledku draselného hnojení. Počet lodyh/m² je ovlivněn počtem lodyh na rostlině. Berg et al. (2007) uvádí, že hnojení rostlin fosforem zvyšuje počet lodyh/rostlinu, zatímco draselné hnojení počet lodyh/rostlinu snižuje.

Z našich výsledků plyne, že maximální délka lodyh byla významně ovlivněna minerálním hnojením, s jeho rostoucími dávkami došlo k prodlužování lodyh. To souhlasí se zjištěními Konečné et al. (2015). Berg et al. (2007) ve své studii popisují synergický efekt draslíku a fosforu v hnojivu, jenž zapříčinil nárůst hmotnosti lodyh oproti nehnojené variantě. Ve studii Konečné et al. (2015) byla délka lodyh pozitivně ovlivněna organickým hnojením, zatímco v naší práci nemělo organické hnojení žádný prokazatelný vliv.

Ačkoli výnos nebyl prokazatelně ovlivněn žádnou variantou hnojení, se zvyšující se dávkou minerálních hnojiv vykazuje rostoucí trend, což bude pravděpodobně zapříčiněno průkazným vlivem minerálního hnojení na délku lodyh, která je s výnosem v pozitivní korelaci (Hakl et al., 2012). Ve studii Konečné et al. (2015) byl výnos píce prokazatelně zvýšen minerálním N - P - K hnojením (Konečná et al., 2015). Ovšem Eardly et al. (1985) uvádí, že aplikace dusíkatých hnojiv snižuje výnosy. Vasileva et Kostov (2015) zjistili vyšší výnos sušiny vojtěšky hnojené hnojem ve srovnání s výnosem sušiny minerálně hnojené vojtěšky. Více autorů se shoduje, že fosfor a draslík zvyšují výnos porostu vojtěšky (Berg et al., 2007; Lissbrant et al., 2009), především u vojtěšky rostoucí na půdách chudých na fosfor

(Sanderson et Jones, 1993; Berg et al, 2005; Berg et al, 2007). I když Smith (1975) prokázal konzistentní účinek hnojení draslíkem na výnos píce, jiné studie (Pucek et Pys, 1997; Razmjoo et Henderlong, 1997; Lloveras et al, 2001) nevykazovaly žádný, nebo jen nepatrný vliv draselného hnojiva na výnos. Berg et al. (2005) uvádí interakci mezi hnojením fosforem a draslíkem, která zajišťuje vyšší výnos, pokud jsou tyto živiny aplikovány obě, oproti samostatné aplikaci. To potvrzuje i Lissbrant et al. (2009).

Hmotnostní podíl listů byl v naší studii výrazně ovlivněn minerálním hnojením, avšak docházelo k jeho snižování. To je v rozporu s Grewal et Williams (2002), kteří uvádí, že adekvátní výživa draslíkem zvyšuje poměr listů k lodyhám. Cooper et al. (1967) prezentoval, že díky hnojení draslíkem dochází ke zvýšení počtu listů na lodyhu. Z našich výsledků neplyne žádný vliv organického hnojení na hmotnostní podíl listů, což nesouhlasí se zjištěním Konečné et al. (2015), kteří uvádí snížení tohoto podílu v důsledku aplikace hnoje k předplodině.

6.2 Kvalita píce vojtěšky

6.2.1 NL

V tomto experimentu organické hnojení zvyšuje obsah NL v píci, zatímco vysoké dávky minerálních hnojiv obsah NL snižují, což souhlasí s výsledky Konečné et al. (2015) a Oliveira et al. (2004), kteří popisují pozitivní vliv organických dusíkatých hnojiv, zatímco minerální dusík působil negativně na symbiotický proces, s redukcí hlízek (Zhu et al., 1998) a aktivity nitrogenázy. Existuje úzká souvislost mezi počtem hlízek a aktivitou enzymu nitrogenázy (Tsai et al., 1993). Kromě inhibičního efektu na fixaci dusíku může minerální hnojení snížit životnost plodiny a kvalitu proteinu v sušině (Oliveira et al., 2004), neboť může docházet k akumulaci dusičnanů (Teuber et Phillips, 1987; Cherney et al., 1994; Cherney et al., 1995). Vasileva et Kostov (2015) popisují zvýšenou hladinu dusíku v rostlinách po ošetření hnojem. V jejich studii všechna ošetření hnojem vykazovala vyšší obsah dusíku v píci než při minerálním hnojení. Ovšem podle Schmitta et al. (1994) nevede aplikace hnoje k předplodině k vyššímu obsahu NL v rostlinách vojtěšky. Někteří autoři uvádí vyšší obsah dusíku (Black et Wight, 1972; Messman et al., 1991; Daşci et Çomakli, 2011) a NL (Gillen et Berg, 1998; Daşci et Çomakli, 2011) při aplikaci minerálních dusíkatých a fosforečných hnojiv oproti nehnojené variantě. To ovšem nebylo v této práci prokazatelně potvrzeno.

Delgado et al. (2001) pozorovali zvýšený obsah NL v celé rostlině v reakci na hnojení dusíkem, ale žádné rozdíly nebyly pozorovány v lodyhách. Z našich výsledků byl patrný

prokazatelný vliv organického hnojení na obsah NL v listech, kdežto v lodyhách také zjištěn nebyl. Listy měly průkazně vyšší koncentraci NL než lodyhy. Obsah NL v píce se odvíjí od podílu listů v rostlinách vojtěšky, proto byl sledován vliv hnojení v každé části rostliny zvlášť.

Cherney et al. (1994) uvádějí, že koncentrace dusíku ve vojtěšce se zvyšuje s rostoucí dávkou dusíkatých hnojiv. Hnojení dusíkatými hnojivy ovšem zvyšuje především obsah NPN v porovnání s biologickou fixací dusíku (Cherney et al., 1994). Trend pro pokles koncentrace NL v závislosti na rostoucí dávce dusíku v našem experimentu lze vysvětlit ředěním obsahu dusíku s rostoucím výnosem sušiny. To je v souladu s výzkumem Oliveira et al. (2004), kteří uvádí, že při vysoké dostupnosti dusíku dochází ke zvýšení produkce sušiny a NL ve srovnání s nižší dostupností dusíku v půdě.

Malhi (2009) ve svém výzkumu prokázal zvýšení NL u vojtěškové píce s ročními aplikacemi fosforečného hnojiva. Podle některých autorů přídavek fosforečného hnojiva zvyšuje koncentraci bílkovin (Bailey, 1983), kdežto přídavek hnojiv draselných koncentraci bílkovin snižuje (Smith, 1975; Lissbrant et al., 2009). Podle Grewala (2010), dochází k mírnému nárůstu obsahu NL s aplikací fosforu i draslíku. Hnojení draslíkem podporuje tvorbu hlízek, což může vést ke zvýšení obsahu NL (Grewal et Williams, 2002). Nicméně, rostoucí dávky draselných hnojiv snižují poměr listů a lodyh, následkem prodloužení lodyh (Macolino et al., 2013), což pravděpodobně zapříčiňuje snížení obsahu NL a dusíku v píce (Smith, 1975). Nižší koncentrace NL může být vysvětlena také prostřednictvím zmenšení obsahu dusíku na jednotku plochy listů, jako výsledek vyšší kompetice o světlo v důsledku většího vzrůstu rostlin a vyššího výnosu (Lemaire et al., 1991). Ovšem některé studie nepotvrdily vliv draselného hnojení na obsah dusíku v rostlině (Lloveras et al., 2001).

6.2.2 NDF

V našich výsledcích nemělo minerální hnojení žádný prokazatelný vliv na obsah NDF v píce vojtěšky. Byl ale zaznamenán trend vyšší NDF u vyšších dávek N, P a K, což je v souladu s výsledky Lissbrant et al. (2009), kteří uvádí, že koncentrace NDF se snižují při nízkých dávkách fosforečných a draselných hnojiv. Dle Cherney et al. (1995) vojtěška hnojená minerálním dusíkem měla o něco nižší obsah NDF než vojtěška nehnojená, ovšem v jiné jeho studii nebyly zaznamenány žádné rozdíly v obsahu NDF u hnojených a nehnojených rostlin vojtěšky (Cherney et al., 1994). Daşci et Çomakli (2011) zjistili, že obsah NDF byl vyšší u parcel hnojených dusíkem a kombinací dusíkatých a fosforečných hnojiv, oproti nehnojeným parcelám či parcelám hnojených pouze fosforem. Také Konečná et al.

(2015) zjistili zvýšení obsahu NDF v důsledku minerálního hnojení N - P - K. V našem experimentu byl obsah NDF prokazatelně vyšší při aplikaci organického hnojení.

S vyšším výnosem v reakci na hnojení fosforem došlo k poklesu IVDMD, což je pravděpodobně zapříčiněno zvýšenou hmotností lodyh, a koncentrace NDF se zvýšila (Hintz et Albrecht, 1991; Lissbrant et al., 2009). S nárůstem NDF významně souvisí pokles hrubé energetické hladiny (Pucek et Pys, 1997). Obsah NDF byl prokazatelně vyšší v lodyhách, celkový obsah NDF byl tedy ovlivněn hmotnostním podílem listů v píci.

6.2.3 Stravitelnost NDF

Hnojení má obvykle malý nebo žádný vliv na stravitelnost (Ball et al., 2001), ovšem Daşci et Çomakli (2011) uvádí, že hnojení zvyšuje celkovou stravitelnost živin krmiva. Obsah dusíku v sušině pozitivně souvisí se stravitelností (Oliveira et al., 2004). Obsah celkových stravitelných živin úzce souvisí s obsahem ADF. S jeho snížením dochází ke zvýšení obsahu celkových stravitelných živin (Daşci et Çomakli, 2011).

Z našich výsledků vyplývá jasný pozitivní vliv aplikovaného organického hnojení na zvýšení NDFD. Dle Sanderson et Jones (1993) dochází ke snížení celkové stravitelnosti v důsledku fosforečného hnojení. V našem experimentu vysoké dávky minerálního hnojiva měli negativní vliv na NDFD v lodyhách vojtěšky, oproti tomu NDFD v listech vykazovala pozitivní vliv hnojení N - P - K. Velmi významná je interakce mezi organickým a minerálním hnojením ve vztahu k NDFD. Je patrný pozitivní vliv kombinace organického a minerálního hnojení, rostoucí se zvyšující se dávkou minerálního hnojiva. Ovšem vysoké dávky pouze minerálních hnojiv mají na NDFD negativní vliv. Lamb et al. (2012) uvádí, že se zvýšením NDF se sníží 16 a 96 h NDFD. Ne všechna NDF je potenciálně fermentovatelná kvůli lignifikaci. Nestravitelná část krmné NDF je hlavním faktorem, který limituje využití sacharidů vlákniny (Waldo et al., 1972).

NDFD je odvozená především od toho, z jakých látek se skládá. Podle Jung et Lamb (2006) mají rostliny s vyšší IVNDFD lodyh nižší koncentraci buněčných stěn, více fukosových zbytků v hemicelulóze a více pektinových látek. Koncentrace ligninu v buněčné stěně lodyh vojtěšky silně negativně koreluje s 96 h IVNDFD, ale ne 16 h IVNDFD (Jung et Lamb, 2006). Tento výsledek lze interpretovat tak, že lignin ovlivňoval možný rozsah štěpení buněčných stěn, ale ne rychlost trávení (Lamb et al., 2012). Ačkoli lignin je obecně v negativní korelaci se stravitelností vlákniny píce, tyto pozorované vztahy jsou obvykle založeny na vyjádření ligninu jako podílu sušiny, spíše než buněčné stěny (Jung et Deetz, 1993). Ve studii Lamb et al. 2012 byl lignin jako podíl sušiny také v negativní korelaci

s NDFD, ale protože lignin je součástí buněčné stěny, je vhodnější posoudit jeho dopad na stravitelnost buněčných stěn vzhledem ke koncentraci ligninu v buněčné stěně. Pletiva vojtěšky, která hromadí lignin v buněčných stěnách, jsou omezeně enzymaticky degradovatelná, zatímco nelignifikovaná pletiva jsou kompletně degradovatelná (Jung et Engels, 2002). Lodyhy vojtěšky obsahují více pletiv, které ukládají tlusté zdřevnatělé buněčné stěny, než listy (Wilson, 1993), a koncentrace buněčných stěn lodyh se během zrání zvyšuje. Z našich výsledků plyne prokazatelný rozdíl mezi NDFD listů a lodyh, kdy v listech je znatelně vyšší. Tedy i podíl listů v píci má značný vliv na celkovou NDFD.

Koncentrace vlákniny vojtěšky se v průběhu zrání zvyšuje a stravitelnost klesá. Rozdíly stravitelnosti vlákniny píce mají vliv na koncentraci energie v krmivu, dostupnou energii pro syntézu mikrobiálního proteinu v bachoru a příjem sušiny přežvýkavci. Z tohoto důvodu je stravitelnost vlákniny důležitým faktorem, který ovlivňuje produktivitu přežvýkavců.

NDFD je důležitým parametrem kvality píce. S nárůstem NDFD píce se výrazně zvýší DMI a dojivost (Oba et Allen, 1999). S tím se shoduje i Dado et Allen (1996), kteří uvádí, že produkce mléka byla významně vyšší při vyšší NDFD krmiva. Zdánlivá *in vivo* DM a NDF stravitelnost, celkové bachorové TMK po krmení, a molární procento propionátu byly rovněž vyšší s dietou s vyšší NDFD. Vyšší DMI byl v důsledku nižšího obsahu NDF ve více stravitelné NDF dietě (Dado et Allen, 1996).

Existuje minimum studií, zabývajících se problematikou vlivu organického hnojení na kvalitu píce vojtěšky, případně na spolupůsobení organického a minerálního hnojení. Vliv hnojení na obsah NDF a především stravitelnost NDF zatím není významně literárně vyhodnocen. Tato práce přispívá k podhalení vlivu hnojení na kvalitativní parametry píce vojtěšky. Ukazuje se, že vliv dlouhodobého hnojení na kvalitu píce není jednoznačný, ale může se projevat různě v listech i lodyhách jetelovin. Z tohoto důvodu je vhodné sledovat kvalitu těchto částí odděleně. Minerální hnojení výrazně ovlivňuje strukturu porostu a zvyšuje výnos, což se projevuje na kvalitě píce spíše negativně. Organické hnojení výrazně nepodporuje růst výnosu, ale zlepšuje kvalitu píce, zejména stravitelnost.

7 Závěr

Cílem práce bylo posoudit vliv dlouhodobého minerálního a organického hnojení na vybrané kvalitativní parametry píce a strukturu porostu vojtěšky. Z výsledků je možno shrnout, že:

- počet lodyh/m² nebyl ovlivněn ani jedním typem hnojení
- minerální hnojení snížilo počet rostlin/m² a hmotnostní podíl listů, maximální délka lodyh se s minerálním hnojením zvyšovala
- výnos nebyl průkazně ovlivněn hnojením, s rostoucí dávkou minerálních hnojiv se ovšem zvyšoval, neboť pozitivně koreluje s délkou lodyh
- organické hnojení zvyšovalo obsah NL v listech vojtěšky, také zvyšovalo obsah NDF a NDFD
- rostoucí dávka minerálních hnojiv v osevním postupu vykazovala tendenci pro snižování obsahu NL v píci vojtěšky, vysoké dávky minerálního hnojiva měly negativní vliv na NDFD v lodyhách vojtěšky, kdežto NDFD v listech oproti tomu vykazovala pozitivní vliv minerálního hnojení
- kombinace organického a minerálního hnojení měla pozitivní vliv na NDFD, kulminující s vysokými dávkami minerálních hnojiv. Tato interakce také vykazovala pozitivní efekt organického hnojení na NL, který byl nejvyšší ve spojení s nižšími aplikovanými dávkami N v osevním postupu

8 Seznam literatury

- Allen, M. S. 1996. Fiber digestibility of forages. In: 57th Minnesota Nutrition Conference & Protiva Technical Symposium. Bloomington, Minnesota. 151 - 172.
- Allen, M. S. 2000. Effects of diet on short - term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 83 (7). 1598 - 1624.
- Andueza, D., Delgado, I., Munoz, F. 2012. Variation of digestibility and ontake by sheep of Lucerne (*Medicago sativa* L.) hays cut at sunrise or sunset. *Journal of Agricultural Science*. 150 (2). 263 - 270.
- Azcón, R., El - Atrash, F., Barea, J. M. 1988. Influence of mycorrhiza vs. soluble phosphate on growth, nodulation, and N₂ fixation (¹⁵N) in Alfalfa under different levels of water potential. *Biology and Fertility of Soils* 7:28 – 31.
- Babinec, J. 2003. Pěstování vojtěšky seté na semeno. *Úroda*. 51 (11). 4 - 5.
- Bailey, L. D. 1983. Effects of potassium fertilizer and fall harvests on Alfalfa grown on the eastern Canadian prairies. *Canadian Journal of Soil Science*. 63 (2). 211 - 219.
- Bailey, R. W. 1967. Quantitative studies of ruminant digestion. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 10 (1). 15 - 32.
- Ball, D. M., Collins, M., Lacefield, G. D., Martin, N. P., Mertens, D. A., Olson, K. E., Putnam, D. H., Undersander, D. J., Wolf, M. W. 2001. *Understanding Forage Quality*. American Bureau Federation Publication 1 - 01, Park Ridge, IL.
- Bani, P., Minuti, A., Luraschi, A. O., Ligabue, M., Ruozzi, F. 2007. Genetic and environmental influences on in vitro digestibility of Alfalfa. *Italian Journal of Animal Science*. 6 (1). 251 - 253.

- Berrada, A., Westfall, D. G. 2005. Irrigated Alfalfa response to phosphorus and potassium in a calcareous soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 36 (9 - 10). 1213 - 1227.
- Berg, W. K., Cunningham, S. M., Brouder, S. M., Joern, B. C., Johnson, K. D. (eds.) 2007. The long - term impact of phosphorus and potassium fertilization on Alfalfa yield and yield components. *Crop Science*. 47 (5). 2198 - 2209.
- Berg, W. K., Cunningham, S. M., Brouder, S. M., Joern, B. C., Johnson, K. D., Santini, J., Volenec, J. J. 2005. Influence of phosphorus and potassium on Alfalfa yield and yield components. *Crop Science*. 45 (1). 297 - 304.
- Black, A. L., Wight, J. R. 1972. Nitrogen and phosphorus availability in a fertilized rangeland ecosystem of the northern Great Plains. *Journal of Range Management*. 25 (6). 456 - 460.
- Brink, G. E., Marten, G. C. 1989. Harvest management of Alfalfa - nutrient yield vs. forage quality and relationship to persistence. *Journal of Production Agriculture*. 2 (1). 32 - 36.
- Buxton, D. R., Casler, M. D. 1993. Environmental and genetics effects on cell wall composition and digestibility. In: Jung, H. G., Buxton, D. R., Hatfield, R. D., Ralph, J. (eds.). *Forage cell wall structure and digestibility*. American Society of Agronomy, Inc.
- Buxton, D. R., Redfearn, D. D. 1997. Plant limitations to fiber digestion and utilization. *Journal of Nutrition*. 127 (5). 8145 - 8185.
- Buxton, D. R., Russell, J. R., Wedin, W. F. 1987. Structural neutral sugars in legume and grass stems in relation to digestibility. *Crop Science*. 27 (6). 1279 - 1285.
- Collins, M., Lang, D. J., Kelling, K. A. 1986. Effects of phosphorus, potassium, and sulfur on Alfalfa nitrogen - fixation under field conditions. *Agronomy Journal*. 78 (6). 959 - 963.
- Cooper, R. B., Blaser, R. E., Brown, R. H. 1967. Potassium nutrition effects on net photosynthesis and morphology of Alfalfa. *Soil Science Society of America Journal*. 31 (2). 231 - 235.

Čermák, B. (ed.) 2004. Pěstování a využití objemných krmiv pro zvířata a ochranu životního prostředí. Jihočeská univerzita. České Budějovice. 160 s. ISBN: 807040745X.

ČSN EN ISO 16634 - 1. Potraviny - Stanovení obsahu celkového dusíku spalováním podle Dumasovy metody a výpočet hrubého proteinu - část 1: Olejniný a krmiva. 2008. Český normalizační institut. Praha. 36 s.

Dado, R. G., Allen, M. S. 1996. Enhanced intake and production of cows offered ensiled Alfalfa with higher neutral detergent fiber digestibility. *Journal of Dairy Science*. 79 (3). 418 - 428.

Daşci, M., Çomaklı, B. 2011. Effects of fertilization on forage yield and quality in range sites with different topographic structure. *Turkish Journal of Field Crops*. 16 (1). 15 - 22.

Deetz, D. A., Jung, H. G., Buxton, D. R. 1996. Water - deficit effects on cell - wall composition and in vitro degradability of structural polysaccharides from Alfalfa stems. *Crop Science*. 36 (2). 383.

Delgado, I., Andueza, D., Muñoz, F., Martínez, N. 2001. Effect of nitrogen fertilisation on Alfalfa (*Medicago sativa* L.) regrowth and production. 141 - 143. In: Delgado, I., Lloveras, J. (eds.). *Quality in Lucerne and medics for animal production*. CIHEAM - IAMZ.

Dien, B. S., Jung, H. G., Vogel, K. P., Casler, M. D., Lamb, J. F. S. (eds.) 2006. Chemical composition and response to dilute - acid pretreatment and enzymatic saccharification of Alfalfa, reed canarygrass, and switchgrass. *Biomass and Bioenergy*. 30 (10). 880 - 891.

Fonesca, C. E. L., Viands, Hansen, J. L., Pell, A. N., 1999. Associations among forage quality traits, vigor, and disease resistance in Alfalfa. *Crop Science*. 39 (5). 1271 - 1276.

Frakes, R. V., Davis, R. L., Patterson, F. L. 1961. The breeding behavior of yield and related variables in Alfalfa. II. Associations between characters. *Crop Science*. 1. 207 - 209.

- Gerwig, J. L., Ahlgren, G. H. 1958. The effect of different fertility levels on yield, persistence, and chemical composition of Alfalfa. *Agronomy Journal*. 50 (6). 291 - 294.
- Gillen, R. L., Berg, W. A. 1998. Nitrogen fertilization of a native grass planting in western Oklahoma. *Journal of Range Management*. 51 (4). 436 - 441.
- Goicoechea, N., Antolin, M. C., Sanchez - Diaz, M. 2000. The role of plant size and nutrient concentrations in associations between *Medicago*, and *Rhizobium* and/or *Glomus*. *Biologia Plantarum*. 43 (2). 221 - 226.
- Grewal, H. S. 2010. Fertiliser management for higher productivity of established Lucerne pasture. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 53 (4). 303 - 314.
- Grewal, H. S., Williams, R. 2002. Influence of potassium fertilization on leaf to stem ratio, nodulation, herbage yield, leaf drop, and common leaf spot disease of Alfalfa. *Journal of Plant Nutrition*. 2002. 25:781 - 795.
- Gross, H. D., Purvis, E. R., Ahlgren, G. H. 1953. The response of Alfalfa varieties to different soil fertility levels. *Agronomy Journal*. 45 (3). 118.
- Hakl, J., Šantrůček, J., Kalista, J. 2003. Pěstování vojtěšky v méně příznivých podmínkách. *Úroda* 51 (5). 8 - 9.
- Hakl, J., Hrevušová, Z., Hejcman, M., Fuksa, P. 2012. The use of rising plate meter to evaluate Lucerne (*Medicago sativa L.*) height as an important agronomic trait enabling yield estimation. *Grass and Forage Science*. 67. 589 – 596.
- Hall, M. H., Nelson, C. J., Coutts, J. H., Stout, R. C. 2004. Effect of seeding rate on Alfalfa stand longevity. *Agronomy Journal*. 96 (3). 717 - 722.
- Hall, M. H., Smiles, W. S., Dickerson, R. A., 2000. Morphological development of Alfalfa cultivars selected for higher quality. *Agronomy Journal*. 92 (6). 1077 - 1080.

Hanson, R. G., MacGregor, J. M. 1966. Soil and Alfalfa plant characteristics as affected by a decade of fertilization. *Agronomy Journal*. 58 (1). 3 - 5.

Heichel, G. H., Henjum, K. I. 1991. Dinitrogen fixation, nitrogen transfer, and productivity of forage legume - grass communities. *Crop Science*. 31 (1). 202 - 208.

Holý, J. 2003. Agrotechnika vojtěšky pěstované na píci. *Úroda*. 51 (11). Tematická příloha Vojtěška. 2 s.

Hornstein, J. S., Buxton, D. R., Wedin, W. F. 1989. Cell - wall carbohydrates in leaves, stems, and herbage of Alfalfa and red clover. *Crop Science*. 29 (5). 1319 - 1324.

Hrabě, F. (ed.) 2004. Trávy a jetelovino trávy v zemědělské praxi. Petr Baštan. Olomouc. 121 s. ISBN: 8090327516.

Cherney, D. J. R., Cherney, J. H., Pell, A. N. 1994. Inorganic nitrogen supply effects on Alfalfa forage quality. *Journal of Dairy Science*. 77 (1). 230 - 236.

Cherney, D. J. R., Cherney, J. H., Siciliano - Jones, J. 1995. Alfalfa composition and in sacco fiber and protein disappearance as influenced by nitrogen application. *Journal of Applied Animal Research*. 8 (2). 105 - 120.

Chesson, A., Monro, J. A. 1982. Legume pectic substances and their degradation in the ovine rumen. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 33 (9). 852 - 859.

James, D. W., Tindall, T. A., Hurst, C. J., Hussein, A. N. 1995a. Alfalfa cultivar responses to phosphorus and potassium deficiency: biomass. *Journal of Plant Nutrition*. 18 (11). 2431 - 2445.

James, D. W., Hurst, C. J., Tindall, T. A. 1995b. Alfalfa cultivar response to phosphorus and potassium deficiency: elemental composition of the herbage. *Journal of Plant Nutrition*. 18 (11). 2447 - 2464.

- Julier, B., Huyghe, C., Ecalte, C. 2000. Within - and among - cultivar genetic variation in Alfalfa: forage quality, morphology, and yield. *Crop Science*. 40 (2). 365 - 369.
- Jung, H. G., Allen, M. S. 1995. Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. *Journal of Animal Science*. 73 (9). 2774 - 2790.
- Jung, H. G., Deetz, D. A. 1993. Cell wall lignification and degradability. In: Jung, H. G., Buxton, D. R., Hatfield, R. D., Ralph, J. (eds.). *Forage cell wall structure and digestibility*. American Society of Agronomy, Inc.
- Jung, H. G., Engels, F. M. 2002. Alfalfa stem tissues: rate and extent of cell - wall thinning during ruminal degradation. *Netherlands Journal of Agricultural Science*. 49 (1). 3 - 13.
- Jung, H. G., Lamb, J. F. S. 2006. Stem morphological and cell wall traits associated with divergent in vitro neutral detergent fiber digestibility in Alfalfa clones. *Crop Science*. 46 (5). 2054 - 2061.
- Jung, G. A., Smith, D. 1959. Influence of soil potassium and phosphorus content on the cold resistance of Alfalfa. *Agronomy Journal*. 51 (10). 585 - 587.
- Kallenbach, R. L., Nelson, C. J., Coutts, J. H. 2002. Yield, quality, and persistence of grazing - and hay - type Alfalfa under three harvest frequencies. *Agronomy Journal*. 94 (5). 1094.
- Kingston - Smith, A. H., Bollard, A. L., Armstead, I. P., Thomas, B. J., Theodorou, M. K. 2003. Proteolysis and cell death in clover leaves is induced by grazing. *Protoplasma*. 220 (3). 119 - 129.
- Kitchen, N. R., Buchholz, D. D., Nelson, C. J. 1990. Potassium fertilizer and potato leafhopper effects on Alfalfa growth. *Agronomy Journal*. 82 (6). 1069 - 1074.
- Konečná, J., Hakl, J., Kunzová, E., Štýbnarová, M. 2015. Vliv dlouhodobého hnojení na kvalitu píče vojtěšky. 24 - 27. In: Tóthová, M., Vozár, L. (eds.). *X. Vedecká konferencia doktorandov s medzinárodnou účasťou konaná pri príležitosti Európskeho týždňa vedy a*

techniky na Slovensku. FAPZ Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre. Nitra. ISBN: 9788055214214.

Krawutschke, M., Kleen, J., Weiher, N., Loges, R., Taube, F. (eds.). 2012. Changes in crude protein fractions of forage legumes during the spring growth and summer regrowth period. *The Journal of Agricultural Science*. 151. 72 - 90.

Lamb, J. F. S., Jung, H. G., Riday, H. 2012. Harvest impacts on Alfalfa stem neutral detergent fiber concentration and digestibility and cell wall concentration and composition. *Crop Science*. 52 (5). 2402 - 2412.

Lamb, J. F. S., Jung, H. G., Sheaffer, C. C., Samac, D. A. 2007. Alfalfa leaf protein and stem cell wall polysaccharide yields under hay and biomass management systems. *Crop Science*. 47 (4). 1407 - 1415.

Lemaire, G., Avice, J. C., Kim, T. H., Ourry, A. 2005. Developmental changes in shoot N dynamics of Lucerne (*Medicago sativa L.*) in relation to leaf growth dynamics as a function of plant density and hierarchical position within the canopy. *Journal of Experimental Botany*. 56 (413). 935 - 943.

Lemaire, G., Onillon, B., Gosse, G., Chartier, M., Allirand, J. M. 1991. Nitrogen distribution within a Lucerne canopy during regrowth: relation with light distribution. *Annals of Botany*. 68 (6). 483 - 488.

Li, R., Volenec, J. J., Joern, B. C., Cunningham, S. M. 1997. Potassium and nitrogen effects on carbohydrate and protein metabolism in Alfalfa roots. *Journal of Plant Nutrition*. 20 (4 - 5). 511 - 529.

Licitra, G., Hernandez, T. M., Van Soest, P. J. 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*. 57 (4). 347 - 358.

- Lissbrant, S., Stratton, S., Cunningham, S. M., Brouder, S. M., Volenec, J. J. 2009. Impact of long - term phosphorus and potassium fertilization on Alfalfa nutritive value yield relationships. *Crop Science*. 49. 1116 - 1124.
- Lloveras, J., Ferran, J., Boixadera, J., Bonet, J. 2001. Potassium fertilization on Alfalfa in mediterranean climate. *Agronomy Journal*. 93: 139 - 143.
- Loeppky, H. A., Horton, P. R., Bittman, S., Townley - Smith, L., Wright, T., Nuttall, W. F. 1999. Forage seed yield response to N and P fertilizers and soil nutrients in northeastern Saskatchewan. *Canadian Journal of Soil Science*. 79 (2). 265 - 271.
- Macolino, S., Lauriault, L. M., Rimi, F., Ziliotto, U. 2013. Phosphorus and potassium fertilizer effects on Alfalfa and soil in a non-limited soil. *Agronomy Journal*. 105 (6). 1613 - 1618.
- Malhi, S. S. 2011. Relative response of forage and seed yield of Alfalfa to sulfur, phosphorus, and potassium fertilization. *Journal of Plant Nutrition*. 34. 888 - 908.
- Malhi, S. S., Zentner, R. P., Heier, K. 2001. Banding increases effectiveness of fertilizer P for Alfalfa production. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 59 (1). 1 - 11.
- Mattson Jr., W. J. 1980. Herbivory in relation to plant nitrogen content. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 11 (1). 119 - 161.
- Messman, M. A., Weiss, W. P., Erickson, D. O. 1991. Effects of nitrogen fertilization and maturity of Bromegrass on in situ ruminal digestion kinetics of fiber. *Journal of Animal Science*. 69 (3). 1151 - 1161.
- Moore, K. J., Hatfield, R. D. 1994. Carbohydrates and forage quality. p. 229 - 280, In: Fahey Jr., G. C., Collins, M., Mertens, D. R., Moser, L. E. (eds.). *Forage Quality, Evaluation, and Utilization*. ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI, USA.

Mowat, D. N., Fulkerson, R. S., Tossell, W. E., Winch, J. E. 1965. The in vitro digestibility and protein content of leaf and stem portions of forages. *Canadian Journal of Plant Science*. 45 (4). 321 - 331.

Nelson, W. F., Satter, L. D. 1992. Impact of stage maturity and method of preservation of Alfalfa on digestion in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 75 (6). 1571 - 1580.

Nieri, B., Canino, S., Versace, R., Alpi, A. 1998. Purification and characterization of an endoprotease from Alfalfa senescent leaves. *Phytochemistry*. 49 (3). 643 - 649.

Oba, M., Allen, M. S. 1999. Evaluation of the importance of the digestibility of neutral detergent fiber from forage: Effects on dry matter intake and milk yield of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 82 (3). 589 - 596.

Oliveira, W. S., Oliveira, P. P. A., Corsi, M., Duarte, F. R. S., Tsai, S. M. 2004. Alfalfa yield and quality as function of nitrogen fertilization and symbiosis with *Sinorhizobium meliloti*. *Scientia Agricola*. 61 (4). 433 - 438.

Pant, H. K., Mislevy, P., Rechcigl, J. E. 2004. Effect of phosphorus and potassium on forage nutritive value and quantity: environmental implications. *Agronomy Journal*. 96 (5). 1299 - 1305.

Petit, H. V., Pesant, A. R., Barnett, G. M., Mason, W. N., Dionne, J. L. 1992. Quality and Morphological - Characteristics of Alfalfa as Affected by Soil - Moisture, pH and Phosphorus Fertilization. *Canadian Journal of Plant Science*. 72 (1). 147 - 162.

Poulik, Z. 1996. Výživa a hnojení pícních kultur. Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství České republiky. Praha. 36 s. ISBN: 8071051098.

Pozdíšek, J., Trojanová, H. 2011. Alternativní stanovení vlákniny (CF, NDF, ADF) na zařízení Fibertec systém 2023 a 2021. Agrovýzkum Rapotín, s.r.o. 34 s.

- Pucek, T. R., Pys, J. B. 1997. The nutritive value and yield of Alfalfa in relation to phosphorus, potassium and magnesium fertilization on sulphur post - mining lands. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 41 (5). 345 - 355.
- Rasse, D. P., Smucker, A. J. M. 1999. Tillage effects on soil nitrogen and plant biomass in a Corn-Alfalfa rotation. *Journal of Environmental Quality*. 28 (3). 873.
- Raun, W. R., Johnson, G. V., Phillips, S. B., Thomason, W. E., Dennis, J. L., Cossey, D. A. 1999. Alfalfa yield response to nitrogen applied after each cutting. *Soil Society of America Journal*. 63 (5). 1237 - 1243.
- Razmjoo, K., Henderlong, P. R. 1997. Effect of potassium, sulfur, boron, and molybdenum fertilization on Alfalfa production and herbage macronutrient contents. *Journal of Plant Nutrition*. 20 (12). 1681 - 1696.
- Rechel, E. A., Novotny, T. J. 1996. Growth analysis of Alfalfa subjected to harvest traffic. *Crop Science*. 36 (4). 1006.
- Rimi, F., Macolino, S., Leinauer, B., Lauriault, L. M., Ziliotto, U. 2012. Fall dormancy and harvest stage effects on Alfalfa nutritive value in a subtropical climate. *Agronomy Journal*. 104 (2). 415 - 422.
- Rotrekl, J., Babinec, J. 2006. Je obtížné efektivně pěstovat vojtěšku? *Agrolab*. 7: 55 - 57.
- Sanderson, M. A., Jones, R. M. 1993. Stand dynamics and yield components of Alfalfa as affected by phosphorus fertility. *Agronomy Journal*. 85 (2). 241 - 246.
- Sheaffer, C. C., Cash, D., Ehlke, N. J., Henning, J. C., Jewett, J. G. (eds.) 1998. Entry x environment interactions for Alfalfa forage quality. *Agronomy Journal*. 90 (6). 774 - 780.
- Sheaffer, C. C., Neal, P. M., Lamb, J. F. S., Cuomo, G. R., Jewett, J. G., Quering, S. R. 2000. Leaf and stem properties of Alfalfa entries. *Agronomy Journal*. 92 (4). 733 - 739.

- Schmitt, M. A., Sheaffer, C. C. and Randall, G. W. 1994. Manure and fertilizer effects on Alfalfa plant nitrogen and soil nitrogen. *Journal of Production Agriculture*, 7 (1). 104 - 109.
- Simons, R. G., Grant, C. A., Bailey, L. D. 1995. Effect of fertilizer placement on yield of established Alfalfa stands. *Canadian Journal of Plant Science*. 75 (4). 883 - 887.
- Singh, Y., Winch, J. E. 1974. Morphological development of two Alfalfa cultivars under various harvesting schedules. *Canadian Journal of Plant Science*. 54 (1). 79 - 87.
- Smith, D. 1975. Effects of potassium topdressing a low fertility silt loam soil on Alfalfa herbage yields and composition and on soil k values. *Agronomy Journal*. 67 (1). 60 - 64.
- Smith, D., Silva, J. P. 1968. Use of carbohydrate and nitrogen root reserves in the regrowth of Alfalfa from greenhouse experiments under light and dark conditions. *Crop Science*. 9 (4). 464 - 467.
- Smith, L. W., Goering, H. K., Gordon, C. H. 1972. Relationships of forage compositions with rates of cell wall digestion and indigestibility of cell walls. *Journal of Dairy Science*. 55 (8). 1140 - 1147.
- Šantrůček, J. (ed.) 2003. Encyklopedie pěstování víceletých pícnin na orné půdě. Ústav zemědělských a potravinářských informací. Praha. 60 s. ISBN: 8072711326.
- Štýbnarová, M., Podíšek, J. 2009. Stanovení stravitelnosti organické hmoty objemných krmiv (trvalých travních porostů a víceletých pícnin) modifikovanou i vitro metodou podle Tilley a Terry. *Agrovýzkum Rapotín, s.r.o.* 32 s.
- Tabacco, E., Borreani, G., Odoardi, M., Reyneri, A. 2002. Effect of cutting frequency on dry matter yield and quality of Lucerne (*Medicago sativa*) in the Po Valley. *Italian Journal of Agronomy*. 6 (1). 27 - 33.
- Telievová, I. 2013. Vojtěška setá - nejdůležitější víceletá pícnina. *Krmivářství*. 17 (6). 24 - 27.

- Teuber, L. R., Phillips, D. A. 1987. Influences of selection method and nitrogen environment on breeding Alfalfa for increased forage yield and quality. *Crop Science*. 28 (4). 599 - 604.
- Třináctý, J. (ed.) 2013. Hodnocení krmiv pro dojnice. AgroDigest, s.r.o. Pohořelice. 592 s. ISBN: 9788026025146.
- Tsai, S. M., Da Silva, P. M., Cabezas, W. L., Bonetti, R. 1993. Variability in nitrogen fixation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) intercropped with maize. *Plant and Soil*. 152 (1). 93 - 101.
- Vasileva, V., Kostov, O. 2015. Effect of mineral and organic fertilization on Alfalfa forage and soil fertility. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 27 (9). 678 - 686.
- Vaughn, D. L., Viands, D. R., Lowe, C. C. 1990. Nutritive value and forage yield of Alfalfa synthetics under three harvest-management systems. *Crop Science*. 30 (3). 699 - 703.
- Volenec, J. J. 1985. Leaf area expansion and shoot elongation of diverse Alfalfa germplasms. *Crop Science*. 25 (5). 822 - 827.
- Volenec, J. J., Cherney, J. H. 1990. Yield components, morphology, and forage quality of mulifoliolate Alfalfa phenotypes. *Crop Science*. 30 (6). 1234 - 1238.
- Volenec, J. J., Cunningham, S. M., Haagenson, D. M., Berg, W. K., Joern, B. C., Wiersma, D. W. 1999. Physiological control of Alfalfa yield and growth. *Field Crops Research*. 75 (2 - 3). 97 - 110.
- Volenec, J. J., Cherney, J. H., Johnson, K. D. 1987. Yield components, plant morphology, and forage quality of Alfalfa as influenced by plant population. *Crop Science*. 27 (2). 321 - 326.
- Vough, L. R., Marten, G. C. 1971. Influence of soil moisture and ambient temperature on yield and quality of Alfalfa forage. *Agronomy Journal*. 63 (1). 40 - 42.
- Waldo, D. R., Smith, L. W. 1972. Model of cellulose disappearance from the rumen. *Journal of Dairy Science*. 55 (1). 125 - 129.

Wang, L. C., Attoe, O. J., Truog, E. 1953. Effect of lime and fertility levels on the chemical composition and winter survival of Alfalfa. *Agronomy Journal*. 45 (8). 381 - 384.

Weimer, P. J. 1996. Why don't ruminal bacteria digest cellulose faster? *Journal of Dairy Science*. 79 (8). 1496 - 1502.

Westphal, P. J., Lanyon, L. E., Partenheimer, E. J. 1989. Plant nutrient management strategy implications for optimal herd size and performance of a simulated dairy farm. *Agricultural Systems*, 31 (4). 381 - 394.

Yolcu, H., Serin, Y. 2009. Effects of nitrogen and phosphorus fertilization and seeding patterns on chemical composition of Lucerne and smooth brome grass intercropping system. *Asian Journal of Chemistry*. 21 (2). 1460 - 1468.

Zeman, L. (ed.) 2006. *Výživa a krmení hospodářských zvířat*. Profi Press, s.r.o. Praha. 360 s. ISBN: 8086726177.

Zhu, Y. P., Sheaffer, C. C., Vance, C. P., Graham, P. H., Russelle, M. P., Montealegre, C. M. 1998. Inoculation and nitrogen affect herbage and symbiotic properties of annual *Medicago* species. *Agronomy Journal*. 90 (6). 781 - 786.

8.1 Internetové zdroje

Agrometeorologická stanice. Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha – Ruzyně. 2016. [cit. 2016-03-01]. Dostupné z <http://www.vurv.cz/meteo/meteograf.htm>.

Hakl, J. Volba odrůdy vojtěšky seté do směsí [online]. *Zemědělec*. 13. ledna 2012 [cit. 2016-02-10]. Dostupné z <http://zemedelec.cz/volba-odrudy-vojtesky-sete-do-smesi/>.

Ilabo - laboratorní technika do Vaší laboratoře [online]. Kyjov. 2016. [cit. 2016-03-10]. Dostupné z www.ilabo.cz/UserFiles/Manual/Katalog_ILABO/3.pristroje_pro_analyzu.pdf.

Lang, J. Jetelovinotravní směsi na orné půdě [online]. *Zemědělec*. 13. ledna 2012 [cit. 2016-02-10]. Dostupné z <http://zemedelec.cz/jetelovinotravni-smesi-na-orne-pude/>.

Odbor pokusných stanic: Praha – Ruzyně [online]. VÚRV. 2016. [cit. 2016-03-01]. Dostupné z <http://www.vurv.cz/index.php?p=praha&site=vyzkum> .

Paulson, J., Jung, H., Raeth - Knight, M., Linn, J. 2008. Grass vs. legume forages for dairy cattle [online]. Presented at the 2008 Minnesota Nutrition Conference [cit. 2016-03-20]. Dostupné z <http://www.extension.umn.edu/agriculture/forages/variety-selection-and-genetics/docs/umn-ext-grass-vs-legume-forages-for-dairy-cattle.pdf>.

9 Seznam použitých zkratk a symbolů

ADF - acidodetergentní vláknina

ADL - acidodetergentní lignin

AMK - aminokyselina

BNLV - bezdusíkaté látky výtažkové

CPY - výnos dusíkatých látek

DM - sušina

DMI - příjem sušiny

DMY - výnos sušiny

DNY - výnos stravitelných živin

IVDMD - in vitro stravitelnost sušiny

L/m² - počet lodyh na m²

LWR - hmotnostní podíl listů

MSL - maximální délka lodyhy

NDF - neutrálně detergentní vláknina

NDFD - stravitelnost neutrálně detergentní vlákniny

NEL - netto energie laktace

NL - dusíkaté látky

NPN - dusíkaté látky nebílkovinné povahy

NSC - nestrukturální sacharidy

PDI - protein skutečně stravitelný v tenkém střevě

R/m² - počet rostlin na m²

TMK - těkavé mastné kyseliny