

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra agroekologie a rostlinné produkce**



**Česká zemědělská  
univerzita v Praze**

**Produkční potenciál a nutriční hodnota  
jetelovinových směsí**

**Diplomová práce**

**Autor práce:**

**Bc. Nikola Krumbholcová**

**Výživa zvířat a dietetika**

**Vedoucí práce:**

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

© 2020 ČZU v Praze

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Produkční potenciál a nutriční hodnota jetelovinových směsí" 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 23. 7. 2020

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala doc. Ing. Josefu Haklovi, Ph.D. za odborné vedení mé diplomové práce, cenné rady a ochotu pomoci. Dále bych chtěla poděkovat své rodině za podporu při studiu.

Zpracování diplomové práce bylo podpořeno z projektu „Increasing the production and utilization of alfalfa forages in Canada (Dairy Research Cluster 3).

# Produkční potenciál a nutriční hodnota jetelovinových směsí

## Souhrn

Jeteloviny mají ve výživě přežvýkavců zásadní postavení, neboť mají dobrou nutriční hodnotu a vysoké výnosy píce, ale mají nízké využití bílkovin. Některé druhy obsahují kondenzované taniny a polyfenoloxidázy, které mohou zvýšit využití dusíku. Cílem této práce bylo ověření vlivu pěstování vojtěšky seté v kombinaci s doplňkovou jetelovinou na produkční ukazatele a nutriční hodnotu píce těchto směsí.

Polní parcelový pokus byl založen v roce 2018 ve výzkumné stanici v Červeném Újezdě. V rámci této práce bylo hodnoceno 10 variant směsí vojtěšky a doplňkové jeteloviny (jetel luční, štírovník růžkatý a vičenec ligrus) v různých poměrech (75-50-25 %) doprovodné jeteloviny ve směsi. V roce 2019 proběhly 3 seče a byl stanoven výnos v (t/ha), výška porostu (cm), hustota lodyh, maximální délka lodyh a poměr druhů ve směsi. Píce byla metodou NIRS analyzována na obsah acidodetergentní vlákniny (ADF), neutrodetergentní vlákniny po úpravě vzorku amylázou (aNDF), in vitro stravitelnost (IVTD) a stravitelnost neutrodetergentní vlákniny (NFDd).

Žádná z testovaných směsí nepřekonala ve výnosu monokulturu vojtěšky. Druhou nejvýnosnější směsí se ukázala směs vojtěšky (75 %) a jetele a třetí nejvýnosnější směsí byla nečekaně směs s málo produktivním štírovníkem (50 %). Jetel luční ve vysokém zastoupení nejvíce snižoval výnos píce. Vyseté poměry si nebyl ve směsi s vojtěškou schopen udržet štírovník, což je připisováno špatné konkurenceschopnosti a jetel luční, jehož produktivita závisí na srážkách a vlhkosti. Vičenec byl jako jediný schopen udržet vyseté poměry a dokonce lehce potlačit vojtěšku, poté se však ukázalo jako problematické pomalé obrůstání po seči.

Monokultura vojtěšky měla v porovnání se směsmi nejnižší hodnoty obou stravitelností. Přidání doplňkové jeteloviny vedlo ke snížení ADF a aNDF. Jetel a vičenec podporovali vyšší NFDd. Vičenec ve druhé a třetí seči snižoval ADF. Štírovník a vičenec ve směsi podporovali vyšší IVTD. S klesajícím zastoupením štírovníku ve směsi rostla hodnota aNDF a ADF. U směsí se štírovníkem růžkatým došlo k nejmenšímu zlepšení stravitelnosti a to zpravidla jen u směsi vojtěšky 25 %. Nejvíce kvalitu píce zlepšoval vičenec a jetel, kdy u směsí s těmito druhy je kvalita píce konzistentně lepší.

Z hlediska výnosnosti porostu lze usuzovat, že mícháním méně výnosných doplňkových jetelovin je možné získat srovnatelný výnos sušiny a zároveň dodat do sklizené píce vhodné látky. Tyto směsi jsou lépe stravitelné a látky v nich obsažené mohou poskytovat výhody jako je snížená tvorba nadbytku amoniaku v bachoru, zvýšení využití N a zlepšení příjmu potravy v důsledku snížení sensorické specifické sytosti.

**Klíčová slova:** pícniny, kvalita, výnos, jeteloviny, vojtěška

# Productive potential and nutritive value of different legume mixtures

## Summary

In the ruminant nutrition, the legumes have a major role, due to their good nutrition quality and high production of fodder, however the global issue is their low protein utilization. Some species contain condensed tannins and polyphenol oxidases, which can increase the efficiency of protein utilization. The aim of this thesis is to verify the effect of cultivation of lucerne with additional legume species in relation to productivity and nutritional value of these mixtures.

In 2018, the field plot experiment was established in the research station in Červený Újezd. Lucerne monoculture and 9 mixtures consist of three legume species (redclover, birdsfoot and sainfoin) in the different proportions (75-50-25 %) were selected for this thesis. In 2019, three harvests when the forage yield (t/ha), stand height, shoot density, the maximal length of stalks, and the ratio of species in the mixture were evaluated. Fodder samples were analysed for the content of acidic detergent fibre (ADF), neutro-detergent fiber (aNDF), the *in vitro* dry matter and NDF digestibility (IVTD and NFDd, respectively).

None of the mixtures tested in the experiment exceeded yield of lucerne monoculture. The second most productive mixture was the lucerne with (75 %) and clover, and the third birdsfoot mixture (50 %). The presence of red clover significantly reduced forage yield. The maintenance of the species proportions was low for birdsfoot in relation to its poor competitiveness and red clover in line with its low drought resistance. The sainfoin only was able to keep the sowing proportion but its slow regrowth after the cut turned out to be problematic.

Compared with other mixtures, the monoculture had the lowest values of both digestibilities. The addition of legume species lead to reduction of ADF and aNDF when red clover and sainfoin maintained higher level of NDFd. whereas birdsfoot and sainfoin improved IVTD. The mixtures with birdsfoot had the lowest improvement of digestibility, and usually only with the lowest lucerne ratio 25 %. Both sainfoin and clover had the best nutritive value improvement.

In light of the productivity of the herbage it can be presumed, that mixing lucerne with additional legume species could ensure the comparable yield together with delivering suitable substances to harvested fodder. These mixtures are better to digest and the substances contained in the mixtures can offer benefits, such as reduced production of ammonia in the rumen, enhancement of N usage and improvement of food intake due to reduction of specific sensory saturation.

**Keywords:** fodder plants, quality, yield, legumes, lucerne

## Obsah

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1 Úvod .....</b>  | <b>8</b>  |
| <b>2 Vědecká hypotéza a cíle práce .....</b>                                   | <b>9</b>  |
| <b>2.1 Cíl práce .....</b>   | <b>9</b>  |
| <b>2.2 Vědecké hypotézy .....</b>  | <b>9</b>  |
| <b>3 Literární rešerše .....</b>   | <b>10</b> |
| <b>3.1 Metabolismus dusíkatých látek v bacheru .....</b>                       | <b>10</b> |
| 3.1.1 Recyklace dusíku .....   | 12        |
| <b>3.2 Využití dusíkatých sloučenin přežvýkavcem z jetelovinové píče .....</b> | <b>13</b> |
| <b>3.3 Látky obsažené v jetelovinách zvyšující využití N .....</b>             | <b>15</b> |
| 3.3.1 Kondenzované taniny .....  | 15        |
| 3.3.1.1 Účinky kondenzovaných taninů .....                                     | 16        |
| 3.3.2 Polyfenoloxidáza .....   | 19        |
| 3.3.2.1 Vliv polyfenoloxidázy na produkci masa a mléka .....                   | 20        |
| <b>3.4 Jeteloviny vhodné pro produkci píče .....</b>                           | <b>21</b> |
| 3.4.1 Vojtěška setá ( <i>Medicago sativa</i> ) .....                           | 22        |
| 3.4.1.1 Popis rostliny .....   | 22        |
| 3.4.1.2 Agronomické vlastnosti a výnos .....                                   | 23        |
| 3.4.1.3 Chemické složení a nutriční hodnota .....                              | 24        |
| 3.4.2 Jetel luční ( <i>Trifolium pratense L.</i> ) .....                       | 24        |
| 3.4.2.1 Popis rostliny .....   | 24        |
| 3.4.2.2 Agronomické vlastnosti a výnos .....                                   | 25        |
| 3.4.2.3 Chemické složení a nutriční hodnota .....                              | 26        |
| 3.4.3 Vičenec ligrus ( <i>Onobrychis viciifolia</i> ) .....                    | 26        |
| 3.4.3.1 Popis rostliny .....   | 26        |
| 3.4.3.2 Agronomické vlastnosti a výnos .....                                   | 27        |
| 3.4.3.3 Chemické složení a nutriční hodnota .....                              | 29        |
| 3.4.4 Štírovník růžkatý ( <i>Lotus corniculatus</i> ) .....                    | 29        |
| 3.4.4.1 Popis rostliny .....   | 29        |
| 3.4.4.2 Agronomické vlastnosti a výnos .....                                   | 30        |
| 3.4.4.3 Chemické složení a nutriční hodnota .....                              | 31        |
| <b>3.5 Směsi jetelovin a trav .....</b>  | <b>31</b> |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>4 Metodika .....</b>                              | <b>34</b> |
| <b>4.1 Charakteristika stanoviště.....</b>           | <b>34</b> |
| <b>4.2 Desing polního pokusu.....</b>                | <b>34</b> |
| <b>4.3 Předsklizňová měření.....</b>                 | <b>35</b> |
| <b>4.4 Seč.....</b>                                  | <b>35</b> |
| <b>4.5 NIRS .....</b>                                | <b>36</b> |
| <b>4.6 Statistické vyhodnocení dat.....</b>          | <b>37</b> |
| <b>5 Výsledky.....</b>                               | <b>38</b> |
| <b>5.1 Srážky a teplota v roce 2019.....</b>         | <b>38</b> |
| <b>5.2 Výnos a struktura porostu.....</b>            | <b>39</b> |
| 5.2.1 První seč.....                                 | 39        |
| 5.2.2 Druhá seč .....                                | 39        |
| 5.2.3 Třetí seč.....                                 | 39        |
| 5.2.4 Celkový roční výnos jednotlivých směsí .....   | 40        |
| <b>5.3 Kvalita píce .....</b>                        | <b>41</b> |
| 5.3.1 První seč.....                                 | 41        |
| 5.3.2 Druhá seč .....                                | 41        |
| 5.3.3 Třetí seč.....                                 | 41        |
| <b>6 Diskuze .....</b>                               | <b>42</b> |
| <b>6.1 Výnos a výška porostu .....</b>               | <b>42</b> |
| <b>6.2 Kvalita píce a podíl žádoucích druhů.....</b> | <b>43</b> |
| <b>7 Závěr.....</b>                                  | <b>45</b> |
| <b>8 Literatura.....</b>                             | <b>46</b> |
| <b>9 Seznam použitých zkratk a symbolů .....</b>     | <b>52</b> |
| <b>10 Samostatné přílohy .....</b>                   | <b>I</b>  |

# 1 Úvod

Jeteloviny mají významné postavení ve výživě zvířat. Jsou cenným zdrojem bílkovin a jsou zvířaty dobře přijímány. Ovšem jejich zkrmování má i určité nevýhody. Obsahují velké množství dusíkatých látek, které v bacheru rychle degradují a to vede k jejich neefektivnímu využití a vyloučení přebytků N do prostředí. Některé druhy jetelovin však obsahují látky, které prokazatelně zpomalují rychlou degradaci dusíkatých látek a zvyšují tak jejich využití v metabolismu přežvýkavců. Mezi tyto látky patří kondenzované taniny, které jsou obsažené například ve štírovníku a vičenci nebo polyfenoloxidázy obsažené v jeteli lučním.

U pěstovaných pícnin je kladen vysoký důraz na výnos porostů. Jeteloviny mají vysoké a stále výnosy, jsou vícesečné a nezávislé na hnojení dusíkem. Vojtěška je hlavní jetelovinou v sušších oblastech, jetel luční pak ve vlhčích regionech. Štírovník růžkatý ani vičenec ligrus se výnosem nedokáží vyrovnat těmto základním jetelovinám, a tedy nejsou vhodné pro pěstování v monokultuře. Smíchání těchto jetelovin spolu s výnosnou vojtěškou by mohlo vést k vyšším výnosům směsí oproti monokulturám málo výnosných jetelovin. Zároveň tyto jeteloviny dodají do směsi taniny a polyfenoloxidázy s potenciálem zvýšit nutriční hodnotu píce.



## **2 Vědecká hypotéza a cíle práce**

### **2.1 Cíl práce**

Cílem práce je ověření vlivu pěstování vojtěšky seté v kombinaci s doplňkovou jetelovinou na výnos a nutriční hodnotu píce.

### **2.2 Vědecké hypotézy**

1. Pěstování vojtěšky seté v kombinaci s jetelem lučním, štírovníkem růžkatým, nebo vičencem ligrus významně ovlivňuje poměry druhů ve směsi a celkový výnos píce.
2. Pěstování vojtěšky seté v kombinaci s jetelem lučním, štírovníkem růžkatým, nebo vičencem ligrus má významný vliv na nutriční hodnotu píce testovaných směsí.

### 3 Literární rešerše

Pěstování bobovitých rostlin (*Fabaceae*) představuje jeden z pilířů pro rozvoj chovu přežvýkavců s vysokou ekonomickou výkonností (Peyraud 2009). Jeteloviny mají sice významné postavení ve výživě přežvýkavců pro následnou produkci potravin (Dewhurst et al. 2009), ale Peyraud (2009) uvádí, že produkce píce z jetelovin klesá v mnoha evropských zemích ve spojitosti s produkcí kukuřičné siláže a nízkou cenou sójové moučky. Píce z jetelovin je pro přežvýkavce důležitým zdrojem bílkovin (Hakl et al. 2016). Jeteloviny jsou dobře přijímány a po sklizni dochází k menšímu poklesu nutriční kvality, ve srovnání s travami. Přispívají ke snížení globálního oteplování vlivem systémů živočišné výroby, potlačení škůdců, chorob a plevelů, zabráňují erozi půdy, není třeba je hnojit dusíkem. Do určité míry i zlepšují kvalitu živočišných produktů (Peyraud 2009), kdy dochází ke zvýšení hladin n – 3 PUFA (Dewhurst et al. 2009). Nicméně mají i určité nevýhody, a to především obtížnou konzervaci (Peyraud 2009), nadýmají (Dewhurst et al. 2009) a vysoká koncentrace rychle degradujících N-látek vede k neefektivnímu využití a vyloučení močí do prostředí (Hakl et al. 2016).

#### 3.1 Metabolismus dusíkatých látek v batoru

Místo trávení živin v gastrointestinálním traktu přežvýkavců ovlivňuje povahu absorbovaných konečných produktů a rozsah ztrát živin během trávení (Merchen et al. 1997). Trávení je výsledek sledu procesů. Tato sekvence zahrnuje fermentaci složek potravy pomocí mikroorganismů v čepci a batoru, kyselou hydrolyzu, degradaci pomocí enzymů ve slezu a tenkém střevě, sekundární fermentaci ve slepém a tlustém střevě (Merchen et al. 1997) a absorpci nedegradovaných složek píce a mikrobiálních zbytků ve střevě. Hydrolyza proteinu v batoru zahrnuje rostlinné i mikrobiální enzymy. Batorová mikroflóra zahrnuje více než 100 druhů s řadou substrátových specifit (Pacheco & Waghorn 2008).

Nutriční modely pro krmení mléčného skotu bílkovinami se vyvinuly ze základního hrubého proteinu (NRC, 1978; ARC, 1980) na složitější systémy založené na v batoru rozložitelném a nedegradovatelném proteinu (INRA, 1988; NRC, 1985, 1989; AFRC, 1992; NRC, 2001). Základní struktura všech modelů je podobná. Dusík je zvířeti poskytován v dietě, recyklovaný nebo jako endogenní dusík. Dusík obsažený v dietě je rozdělen na bílkoviny v batoru degradovatelné a nedegradovatelné. Degradovatelný protein je složen z nepravého a pravého proteinu. Pravý protein je degradován na peptidy a aminokyseliny a nakonec se deaminuje na amoniak. Nepravý protein je složen z N přítomného v DNA, RNA, amoniaku, aminokyselin a malých peptidů, přičemž N z peptidů, aminokyseliny a amoniak mohou být použity pro mikrobiální růst.

Produkce batoru se skládá z amoniaku, nedegradovaného proteinu (dietního nebo endogenního) a mikrobiálního proteinu (MP). Když dietní RDP převyšuje množství, které vyžadují batorové mikroorganismy, je protein degradován na amoniak, absorbován a metabolizován na močovinu v játrech a ztracen v moči. Ztráty N mohou být sníženy snížením degradace proteinu v batoru a (nebo) zvýšením spotřeby N pomocí batorových mikroorganismů (Bach et al. 2005).

Degradace proteinů v bachoru závisí na spojení tří katabolických procesů: proteolýzy, peptidolýzy a deaminace. Bakteriální proteázy jsou endo- a exo-peptidázové enzymy, vázané na buňky, ale umístěné na buněčném povrchu, aby měly vyšší možnosti interakce se substráty (Rodríguez et al. 2007). Synergický účinek různých typů proteáz produkuje peptidy a aminokyseliny. Rychlost degradace proteinů závisí na proteolytické aktivitě bachorové mikrobioty, typu dietního proteinu, jakož i na rychlosti odtoku z bachoru a přítomnosti enzymatických inhibitorů. Nejdůležitějšími faktory ovlivňujícími mikrobiální degradaci proteinů ve stravě jsou typ proteinu, interakce s jinými živinami, zejména s energetickými komplexy a převládající mikrobiální populací, které závisí na typu dávky, rychlosti průchodu bachorem a pH (Bach et al. 2005).

Je důležité si uvědomit, že i více než 70 % hrubého proteinu je v bachoru degradováno na amoniak, který je buď bakteriemi v bachoru využit pro růst (mikrobiální protein), nebo absorbován do krevního oběhu. Jakmile je amoniak absorbován, může být recyklován, nebo přeměněn na močovinu a vyloučen močí (Pacheco & Waghorn 2008).

Syntéza MP v bachoru poskytuje většinu proteinu dodávaného do tenkého střeva přežvýkavců, což představuje 50 až 80 % celkového absorbovatelného proteinu. Celkové množství MP, který protéká do tenkého střeva, závisí na dostupnosti živin a účinnosti využití těchto živin bachorovými mikroorganismy. Proto lze metabolismus N v bachoru rozdělit do 2 různých fází: degradace proteinu, která poskytuje zdroje bakteriím a syntéza MP (Bach et al. 2005).

Dusík je využíván přežvýkavci kombinací metabolických procesů mikrobů v bachoru. Mikrobiální populace v bachoru může používat jakoukoli formu N v potravě, ale zvíře potřebuje pro svůj metabolismus aminokyseliny. Bachorové mikroby jsou schopné využít N pro růst, za předpokladu, že mají zdroj energie - ATP (Pacheco & Waghorn 2008). Mikrobiální metabolismus sacharidů má za následek významné ztráty energie ve formě metanu a fermentačního tepla. Nicméně k udržení mikrobiální populace je určitá míra fermentace nezbytná a vyšší fermentace v bachoru zároveň zvyšuje i produkci MP (Merchen et al. 1997).

Bachorové mikroorganismy vyžadují minimálně 1,2 % N ve stravě, aby si udržely funkční populaci. Recyklace N prostřednictvím slin umožňuje přežvýkavcům fungovat několik týdnů, i když je dusík v potravě zastoupen v nedostatečném množství. Naproti tomu nadměrná tvorba amoniaku z diet s vysokým obsahem RDP je škodlivá jak pro mikroby, tak pro přežvýkavce. Amoniak je toxický a během prvního průchodu játry je téměř odstraněn z portálního jaterního oběhu. Metabolizovatelná energie potřebná k odstranění dusíku je 30 kJ ME / g (Pacheco & Waghorn 2008).

Z bachoru je odváděn MP, amoniak a nedegradovaný protein do tenkého střeva. Právě proteiny proudící do střeva jsou hydrolyzovány na malé peptidy a aminokyseliny, které jsou absorbovány a využity pro metabolické procesy přežvýkavců. Proteiny v živočišných produktech obsahují 20 aminokyselin, z nichž devět se označuje jako „esenciální“ (histidin, isoleucin, leucin, threonin, lysin, methionin, fenylalanin, tryptofan, valin), protože zvířata je nemohou syntetizovat. Požadavek zvířete na bílkoviny závisí na jeho fyziologickém stavu a úrovni produkce (Pacheco & Waghorn 2008).

U přežvýkavců je energie obvykle první omezující živina. Pokud není k dispozici dostatek energie, může dodávka aminokyselin v potravě překračovat požadavky zvířete.

Nadbytek dusíku nelze uložit v těle jako například tuky. Je spotřebován pouze dusík, který je v tom okamžiku potřeba například pro růst svalové hmoty, růst plodu a laktaci. Tělesné svaly mohou být mobilizovány při nedostatku hrubého proteinu. Tento proces není udržitelný a na zvíře má zjevné nepříznivé účinky. To znamená, že absorbované aminokyseliny, které nejsou využity pro syntézu produktu, např. kvůli nedostatečné energii nebo nedostatečné kapacitě pro syntézu tělních proteinů, se likvidují oxidací a jsou vyloučeny jako močovina v moči. Odstraňování přebytku aminokyselin jako močoviny má stejné energetické náklady jako likvidace amoniaku absorbovaného z bacheru a tenkého střeva (30 kJ ME / g N). Velikost těchto energetických výdajů je nyní uznávána jako součást energetického požadavku na produkci a u zvířat konzumujících píci s vysokým obsahem dusíku, zvýší požadavky na ME (Pacheco & Waghorn 2008).

### 3.1.1 Recyklace dusíku

U přežvýkavců vstupuje do tenkého střeva MP syntetizovaný v bacheru, dietní protein, který uniká degradaci bacheru a endogenní protein (Obitsu & Taniguchi 2009). V různých systémech hodnocení proteinů používaných po celém světě, je skutečná stravitelnost mikrobiálního pravého proteinu v tenkém střevě 80 – 85% (Dijkstra et al. 2013). Tyto zdroje dusíku jsou tráveny a absorbovány hlavně jako aminokyseliny. Kromě absorpce aminokyselin z tenkého střeva je značné množství amoniaku absorbováno v celém zažívacím traktu (Obitsu & Taniguchi 2009). Amoniak je také vymýván z bacheru a je absorbován stěnou bacheru (Dijkstra et al. 2013).

Mezi endogenní zdroje N patří močovina obsažená v krvi a ve slinách, odluhované epitelové buňky a sekretované proteiny, které vstupují do lumen gastrointestinálního traktu. Některé z těchto zdrojů N jsou reabsorbovány jako aminokyseliny nebo amoniak. V některých případech tedy může být suma dusíku aminokyselin a amoniaku získaná z jaterní portální žíly větší, než příjem zjevně stravitelného N (Obitsu & Taniguchi 2009). Absorpce amoniaku do portální žíly je podstatná a zahrnuje N z potravních i endogenních zdrojů, včetně močoviny (Reynolds & Kristensen 2008).

V játrech se většina absorbovaného amoniaku a značná část aminokyselin přemění na močovinu (Obitsu & Taniguchi 2009). Z močoviny produkované játry, se část vylučuje močí a zbytek se recykluje zpět do střev buď přímým přenosem z krve přes epitelovou tkáň, nebo slinami (Reynolds & Kristensen 2008; Obitsu & Taniguchi 2009). Kromě recyklace močoviny do střev prostřednictvím slin se močovina z krve přenesla přímo do bacheru přes epitelální tkáň a degraduje se na  $\text{NH}_3$ , který může být použit pro syntézu aminokyselin nebo absorbován do portální žíly (Reynolds & Kristensen 2008). Močovina syntetizovaná v játrech je ze 40-80 % vrácena do střeva a z toho je 35-55 % využito na anabolické procesy v tenkém střevě, ale hlavně v bacheru (Lapierre & Lobley 2001).

V lumen střeva je močovina degradována na  $\text{NH}_3$  působením mikrobiální ureázy a takto recyklovaný N může být použit pro syntézu mikrobiálních proteinů nebo absorbován jako  $\text{NH}_3$ . Tato recyklace N prostřednictvím  $\text{NH}_3$  a přenosů močoviny poskytuje zdroj N pro syntézu MP, když je N z potravy nedostatečný, a lze jej považovat za evoluční výhodu přežvýkavců, která jim umožňuje přežít, když jsou zásoby proteinu sporadické nebo nedostatečné (Reynolds & Kristensen 2008). Tyto různé osudy močoviny u přežvýkavců se

společně označují jako „recyklace močoviny“ nebo „záchrana močovínového dusíku“ (Obitsu & Taniguchi 2009).

Pohyby dusíku přes střeva mohou být dvojnásobné, oproti přijatému dusíku. Tyto pohyby dusíku mohou být spojeny se ztrátami dusíku, ke kterým dochází při produkci amoniaku nebo nevratné ztrátě sekretovaných proteinů, nebo jako prostředek, kterým lze produkty N zachránit a použít k anabolickým účelům, například použití močoviny jako zdroj dusíku pro syntézu MP (Pacheco & Waghorn 2008).

### **3.2 Využití dusíkatých sloučenin přežvýkavcem z jetelovinové píce**

Jeteloviny jsou důležitým zdrojem bílkovin pro výživu přežvýkavců. Jejich bílkovina je ovšem hůře využitelná, protože je již během fermentace v bacheru značně degradována proteázami mikroorganismů i rostlinnými proteázami, které jsou obsaženy v krmivu (Tremblay et al. 2003; Hakl et al. 2016). Degradace proteinů přispívá k růstu mikroorganismů, ale dochází ke ztrátě proteinu skrze amoniak, pokud v potravě není dostatek energie (Julier et al. 2003). Tato degradace bílkovin a následná nerovnováha mezi sacharidy a bílkovinami vedou k nižší účinnosti využívání N přežvýkavci (Tremblay et al. 2003; Hakl et al. 2016). A to může být nejvíce omezujícím faktorem vysoce kvalitních jetelovin. Nutriční kvalita by se mohla výrazně zlepšit zvýšením množství proteinu, který uniká mikrobiální degradaci v bacheru (Tremblay et al. 2003).

Nedostatek dusíku v dietě vzhledem k požadavkům zvířete může omezit produkci. Potřeba hrubého proteinu pro přežvýkavce se skládá z potřeby bacherové mikroflóry a potřeby samotného přežvýkavce. Požadavek na hrubý protein se bude měnit v závislosti na míře využití dusíku v bacheru. Přežvýkavci s vysokým příjmem sušiny, například laktující skot, produkuje 24 kg mléka / den z kvalitních pastvin, mohou spotřebovat asi 600 g N / den a vylučovat asi 130 g v mléce. Asi 140 g N odejde se stolicí a zbývajících 330 g se vylučuje močí. Změny v příjmu N ve stravě mají relativně malý vliv na exkreci N ve výkalech nebo mléce a většina změn je patrná při vylučování N močí, které může při vysokém příjmu dusíkatých látek překročit 500 g N / den (Pacheco & Waghorn 2008).

Hlavním cílem produkce pícnin je poskytnout krmivo s dostatečným množstvím bílkovin pro splnění požadavků hospodářských zvířat, zejména produkčních zvířat. Prvním krokem k dosažení tohoto cíle je produkce píce s dostatečným množstvím hrubého proteinu (hrubý protein se počítá měřením procenta dusíku v sušeném vzorku a vynásobením 6,25). Potřeby přežvýkavců jsou však ve skutečnosti uspokojeny metabolizovatelným proteinem. Metabolizovatelný protein je kombinace krmného proteinu, který uniká degradaci v bacheru a protein syntetizovaný bacherovými mikroorganismy (Chen et al. 2009).

Trávení rostlinného proteinu je vysvětlováno na základě jeho degradačních charakteristik měřených při inkubaci píce v porézních nylonových pytlích *in situ* (Pacheco & Waghorn 2008). Rostlinné proteiny byly charakterizovány jako nerozpustné a rozpustné. Nerozpustné proteiny jsou obvykle spojené s buněčnými stěnami a membránami (Chen et al. 2009). Základní charakteristiky používaných frakcí hrubého proteinu dle Licitra et al. (1996) jsou: frakce A je neproteinový dusík, frakce B je skutečný protein a frakce C je nedostupný skutečný protein. Frakce B se dále dělí na tři frakce (B1, B2 a B3), které mají různé rychlosti degradace bacheru. Frakce A a B1 jsou rozpustné v borát-fosfátovém pufru a jsou v bacheru

rychle degradovány. Frakce B1 je rozpustná v tomto pufru, ale není rozpustná v roztoku kyseliny trichloroctové nebo wolframové. Frakce B2 je v tomto pufru nerozpustná, ale je rozpustná v neutrálním detergentu a frakce B3 je v tomto pufru a neutrálním detergentu nerozpustná, ale je rozpustná v kyselém detergentu. Frakce C je nerozpustná v kyselém detergentu a předpokládá se, že je pro zvíře nedostupná. Předpokládá se, že frakce B3 se v bachoru degraduje pomaleji než frakce B1 a B2 a že velká část frakce B3 z bachoru uniká (Tremblay et al. 2003). Rozložitelnost se měří jako zlomková rychlost ( $k; h^{-1}$ ) s hodnotami v rozmezí 0,08 až 0,34. Frakce „B“ představuje 40-65 % obsahu trav, jetelovin a bylin.

Rozklad rostlinných bílkovin v bachoru je rychlý a to může vést k neefektivnímu využití dusíku pro syntézu MP. U produkčních zvířat to může způsobit ztrátu 25-30 % dusíku. To je způsobeno rychlostí degradace proteinu mikroorganismy v bachoru na amoniak mnohem rychleji, než je rychlost, kterou může být amoniak přetvářen na MP (Min et al. 2005).

Syntetizovaný MP je následně využíván jako zdroj aminokyselin pro produkci živočišných proteinů. Pokud jsou však požadavky na bílkoviny zvířete vysoké, MP nestačí k uspokojení jeho nutričních potřeb. Navíc, pokud je protein v bachoru příliš rychle degradován, může být vyrobeno více amoniaku, než může být použito mikrobiální populací, což vede k neúčinné přeměně N krmiva na mikrobiální bílkovinu a vylučování nadbytku amoniaku jako močoviny. Využití bílkovin by tedy mohlo být zlepšeno zvýšením podílu proteinu, který nepodléhá degradaci v bachoru a snížením rychlosti degradace proteinu rozložitelného bachorem. Tato změna by zvýšila MP, který přechází do tenkého střeva, kde může být zvířetem použit přímo. Zvýšení množství proteinu odolného vůči rychlé mikrobiální degradaci může navíc snížit nebezpečí nadýmání (Chen et al. 2009).

Nadbytek N může mít negativní dopad na životní prostředí a pohodu zvířat. Vysoká koncentrace dusíku může omezit příjem sušiny. Může mít škodlivé účinky na zvíře (toxický dusičnan, plicní edém, emfyzém, poškození plodnosti) (Pacheco & Waghorn 2008). Dusík vyloučený exkrementy do životního prostředí může způsobit jeho znečištění. Degradace proteinů může vyvolat tvorbu pěnivých látek způsobujících nadýmání. Rychlá a rozsáhlá degradace bílkovin obecně vede k neefektivnímu využití bílkovin obsažených v potravě. Tato nadměrná degradace proteinu v bachoru je omezující nutriční faktor ve vysoce kvalitní píce z jetelovin. Z nutričního hlediska je pro zvíře nejziskovější situace, když jde velká část bílkovin přímo do tenkého střeva, kde dochází k rozkladu na aminokyseliny a absorpci. Tyto proteiny se nazývají PDIA (protein stravitelný ve střevě) či RUP (Julier et al. 2003).

Zdá se, že vysoké koncentrace rozpustného hrubého proteinu a jeho vyšší rychlosti degradace přispívají k neefektivnosti při přeměně N ve stravě na neamoniakální N (NAN) vstupující do tenkého střeva u přežvýkavců konzumujících čerstvé krmivo. Studie a následný výzkum u zvířat konzumujících čerstvé krmivo prokázaly, že až 40 % zkonsumovaného N může být ztraceno v žaludku zvířat. Malé využití N z píce může být výsledkem rychlé a rozsáhlé proteolýzy v bachoru nebo snížené účinnosti syntézy MP. Bylo prokázáno, že produkce amoniaku z píce, představovala 75 % příjmu dusíku, ale jen 30 % bylo přeměněno na MP. Mikrobiální N představoval v mnoha studiích více než 65 % duodenálních toků NAN. Čistá účinnost syntézy bílkovinných mikrobiálních proteinů je velmi vysoká u přežvýkavců, kteří konzumují čerstvé krmivo, což má za následek vysoký podíl mikrobiálního N na celkové dodávce N do tenkého střeva. Ukázalo se, že duodenální NAN výtěžky spotřebovaného N do

značné míry závisely na procentu hrubého proteinu v krmivu. Výhoda zkrmování jetelovin je, že jde více NAN do střeva. Tato výhoda, ale není benefit vyššího obsahu hrubého proteinu, nýbrž vyššího příjmu píce a tím pádem většího množství fermentované organické hmoty v batoru (Merchen et al. 1997).

### 3.3 Látky obsažené v jetelovinách zvyšující využití N

Jeteloviny obsahují velké množství N a značně převyšují potřebu zvířat. Vysoká hladina bílkovin v jetelovinách a rozsáhlá degradace během silážování vede k vysoké hladině rychle degradovatelného N a jeho neefektivnímu využití s následně vysokým obsahem N v moči. Zdá se, že je to způsobeno nerovnováhou mezi energií a N obsaženým v dietě (Dewhurst et al. 2009).

V důsledku nerovnováhy mezi fermentovatelnou energií a batorem degradovaným N, existuje velký zájem o píci, která vykazuje sníženou degradovatelnost dusíku (Dewhurst et al. 2009). Nedostatečný únik bílkovin z batoru je celosvětovým problémem. Zvýšení úniku bílkovin degradaci v batoru by mohlo prospět výživě přežvýkavců a zlepšit ekonomiku mlékárenského průmyslu (Chen et al. 2009). Tento potenciální přínos vedl k intenzivnímu výzkumnému zájmu o odbouratelnost bílkovin ve vztahu k účinkům různých druhů pícnin, zralosti rostlin a genetické variace uvnitř druhů i odrůd pícnin (Hakl et al. 2016). Účinnost využití dusíku zvířetem, může být zlepšena zvýšením zvířecí produkce (zvýšená retence N, více živočišných produktů nebo zvýšený obsah hrubého proteinu ve výrobcích) nebo snížením příjmu hrubého proteinu v potravě (Pacheco & Waghorn 2008). Rostlinné sloučeniny, které mohou zvýšit využití proteinu z jetelovin, jsou specifické polyfenoloxidázy nebo kondenzované taniny (Chen et al., 2009). V obou případech je kvalita proteinu ovlivněna spíše absorpcí esenciálních aminokyselin než samotnou stravitelností (Pacheco & Waghorn 2008).

#### 3.3.1 Kondenzované taniny

Taniny v suchozemských rostlinách lze primárně rozdělit do dvou hlavních tříd: hydrolyzovatelné a kondenzované (Wang et al. 2015). Kondenzované taniny (CT) jsou přírodní fenolové polymery, které se nacházejí v některých jetelovinách (MacAdam et al. 2006). Fenolické sloučeniny jsou obecně sekundární metabolity rostliny, které se skládají z velké a rozmanité skupiny molekul od jednoduchých monomerů, jako je kyselina ferulová, kyselina galová a kyselina p-kumarová, až po vysoce komplexní a rozmanité polymery (polyfenolické sloučeniny) s vysokou molekulovou hmotností, jako jsou právě taniny (Wang et al. 2015). Vyskytují se v jetelovinách, jako je například šírovník růžkatý (*Lotus corniculatus* L.), vičenec ligrus (*Onobrychis vicifolia*) a dalších druhů. Ve vojtěšce (*Medicago sativa* L.) však přítomny nejsou (Chen et al. 2009).

U rostlin jsou CT syntetizovány organelou odvozenou od chloroplastů, tannosomem a ukládány do vakuol uvnitř rostlinné buňky (Wang et al. 2015). Hladiny taninu jsou ovlivněny růstovými podmínkami, ale mají tendenci se zvyšovat s fenofází rostlin, jsou nejvyšší v létě a jsou vyšší v listech než ve stoncích (MacAdam et al. 2006). Hladiny taninu se mohou lišit od

pouhých 23 g/kg sušiny do 110 g/kg sušiny. Kolísání hladin taninu během vegetačního období je běžné (Chapman et al. 2008).

Kondenzované taniny se vážou na proteiny a další sloučeniny, hlavně hydrofobní a vodíkovou vazbou reverzibilním způsobem. To je ovlivněno strukturou a molekulovou hmotností kondenzovaných taninů i proteinů. Tyto reakce lze použít ke snížení degradace proteinů v batoru, aniž by se snížilo množství syntetizovaného mikrobiálního proteinu (Min et al. 2003).

Je známo, že konzervační metody mění chemické složení píce, včetně vlastností CT. Sušení píce slunečním zářením způsobuje oxidaci CT, což snižuje jejich biologickou aktivitu ve srovnání s čerstvými krmivy. Teplota, ultrafialové světlo a doba, po kterou je píce vystavena podmínkám sušení, jsou hlavními faktory, které ovlivňují koncentraci CT v seně. Siláž se konzervuje okyselením, které je výsledkem mikrobiální fermentace rozpustných cukrů za anaerobních podmínek. Silážování snižuje hladinu CT v siláži zvýšením vazby CT na protein a vlákninu. Je pravděpodobné, že částečné narušení rostlinných buněk v důsledku řezání píce před silážováním a mikrobiální fermentací během silážování umožňuje CT reagovat s jinými rostlinnými frakcemi, čímž se zvyšuje vázaná frakce CT. Celkově se zdá, že silážování snižuje koncentraci CT více, než kdyby byla píce sušena na seno. Čerstvý vičeneč je z hlediska maximálního účinku CT nejlepším krmivem pro skot. Uchování ve formě sena je lepší než ve formě siláže z hlediska zachování biologické aktivity CT (Wang et al. 2015).

### 3.3.1.1 Účinky kondenzovaných taninů

#### 3.3.1.1.1 Působení na protein a aminokyseliny

Nízké koncentrace CT (20–45 g / kg sušiny) snižují degradaci bílkovin v batoru v důsledku reverzibilní vazby na proteiny a snižování populací proteolytických bakterií v batoru. Ukázalo se, že CT v píci (např. štírovník) vedly ke zvýšení produkce mléka, růstu vlny, rychlosti ovulace a i ke snížení rizika nadýmání a snížení parazitů. Avšak vysoké koncentrace CT krmiva (> 55 g CT / kg sušiny) obecně snižují dobrovolný příjem krmiva a stravitelnost a snižují rychlost růstu těla a vlny u pasoucích se přežvýkavců. Mírné koncentrace CT lze použít ke zvýšení účinnosti trávení bílkovin a ke zlepšení zdraví zvířat. Účinky nejsou stejné pro všechny CT, závisí na koncentraci a struktuře CT (Min et al. 2003).

Snížení batorové degradace je považováno za důsledek vytváření stabilních komplexů protein-tanin při pH 4,0–7,0. Ulyatt et al. (1977), uvádí, že vazba taninů s rostlinným proteinem je maximální při pH 5 až 7, zatímco při pH 2 až 3 dochází k uvolňování proteinu z komplexu a ten je k dispozici pro trávení. Vzniklé vazby jsou reverzibilní v nízkém pH, které je při trávení ve slezu, čímž se protein uvolňuje pro enzymatické štěpení. To umožňuje, aby protein obešel degradaci v batoru, a podstoupil enzymatickou hydrolýzu ve slezu a byl absorbován v tenkém střevě (Cassida et al. 2000; Min et al. 2005). Tvorba komplexu protein-tanin by měla snížit deaminaci v batoru a tím snížit ztrátu amoniaku. Využívání jetelovin s obsahem taninů může tedy zlepšit využití bílkovin a tím nutriční hodnotu píce z jetelovin (Ulyatt et al. 1977).

CT tvoří komplexy s povrchem bakteriálních buněk a s bakteriálními enzymy, které mohou změnit bakteriální růst a redukovat proteolytické enzymové aktivity. Relativní proteolytické aktivity mikroorganismů v batoru a jejich reakce na CT jsou ovlivněny



stravou. Účinky CT na růst bachorových bakterií a na mikrobiální proteolýzu byly popsány pouze u několika bakteriálních druhů (Min et al. 2005).

Bylo prokázáno, že vičenec produkuje velmi rozmanité spektrum fenolických sloučenin, včetně CT, které se liší v jednotlivých rostlinách, fenologickém stádiu a podmínkách růstu. Bylo identifikováno 63 fenolických a dalších aromatických sloučenin. Tyto sloučeniny byly přítomny v listech, stoncích, stoncích květů a poupatech, ale fenolové profily byly specifické pro každý orgán. Fenolické profily se u jednotlivých rostlin stejné odrůdy značně lišily. Ve vičenci existuje rovnoměrná distribuce taninových buněk v rostlině, což je charakteristika, která se liší od ostatních jetelovin obsahujících taniny. Je známo, že složení CT vičenců se liší v závislosti na druhu, přírůstcích a stádiu růstu (Wang et al. 2015).

Přestože se předpokládá, že taniny jsou odpovědné za vynikající výživnou hodnotu vičence, není jasné, co je odlišuje od taninů v jiných krmných jetelovinách. Složení taninů vičence se mění v závislosti na rozmanitosti a stádiu růstu (Marais et al. 2000).

Kondenzované taniny ve vičenci (38 g / kg sušiny) neměly významný účinek na zjevnou absorpci esenciálních aminokyselin z tenkého střeva. U ovcí však byla absorpce aminokyselin v tenkém střevě výrazně zvýšena pomocí CT ( $P < 0,05$ ). Abomasální tok a esenciální aminokyseliny byly zvýšeny přítomností CT u vičence. Rozdíly v trávení a absorpci AA ve dvou krmivech mohou být spojeny s rozdíly v chemické struktuře CT (Min et al. 2003).

Byla porovnána *in vitro* bachorová degradace vičencové píče. Došlo ke snížení úniku N v důsledku zvýšení CT, které snížily bachorovou degradaci hrubého proteinu i jeho stravitelnost ve střevě. Nicméně snížení stravitelnosti hrubého proteinu pomocí kondenzovaných taninů nevedlo ke snížení retence N z toho důvodu, že by kondenzované taniny významně snížily vylučování N močí, což naznačuje, že kondenzované taniny zlepšily využití N (Wang et al. 2015). Waghorn et al. (1998) uvádí, že produktivita zvířat krmných štírovníkem růžkatým převyšuje produktivitu zvířat krmných vojtěškou.

Kondenzovaný tanin ve štírovníku růžkatém snížil bachorovou degradaci N ze 78 % na 70 %, zvýšil absorpci esenciálních aminokyselin o 60 % (Pacheco & Waghorn 2008) a došlo ke snížení proteolytické aktivity v bachoru (Min et al. 2003). U ovcí došlo ke snížení koncentrace amoniaku v bachoru, ale zvýšení koncentrace esenciálních aminokyselin v plazmě. Působení CT štírovníku růžkatého snížilo degradaci proteinu krmiva v bachoru řadou mechanismů (Min et al. 2003).

Zvyšující se koncentrace CT postupně zvyšovala množství nedegradovaného proteinu z krmiva vytékajícího z bachoru, aniž by se snižovalo množství syntetizovaného mikrobiálního proteinu. Tento účinek je způsoben působením CT ve štírovníku růžkatém zpomalující rychlost degradace bílkovin mikroorganismy v bachoru a snížení rychlosti růstu proteolytických bakterií. Bylo zjištěno, že CT štírovníku růžkatého krmného ovcím, zvýšily absorpci esenciálních aminokyselin z tenkého střeva o 62 % (Min et al. 2003).

Degradace proteinu je vyšší u vojtěšky a jetele, oproti jetelovinám, které obsahují taniny ve vyšším množství (Julier et al. 2003). Taniny štírovníku růžkatého mohou zvýšit produkci zvířete zvýšením nedegradovaného proteinu. Bylo prokázáno, že štírovníkové odrůdy s vysokým obsahem taninu zvyšují nedegradovaný protein. Jetel obsahuje zanedbatelné množství taninů, ale polyfenoloxidáza může hrát podobnou roli ve vazbě na protein (Cassida et al. 2000). U jetelů degradace hrubého proteinu negativně korelovala s

obsahem kondenzovaného taninu, ale pozitivně korelovala s degradací sušiny (Julier et al. 2003).

#### 3.3.1.1.2 Vliv kondenzovaných taninů na produkci mléka

Produkce mléka dojníc krmených štírovníkem růžkatým byla významně zvýšena oproti dojnicím krmených jílkem vytrvalým, přičemž koncentrace mléčných bílkovin byla rovněž zvýšena o 10 %. Působení CT na laktující bahnice nemělo vliv na sekreci mléka v časně laktaci, ale zvýšilo míru sekrece plnotučného mléka o 21 %, laktózy o 12 % a proteinu o 14 %. Bylo dosaženo zvýšení produkce mléka vyvolaného CT bez zvýšení dobrovolného příjmu krmiva (Min et al. 2003).

#### 3.3.1.1.3 Kondenzované taniny a zdraví zvířat

Přežvýkavci konzumující čerstvou nebo konzervovanou píci jsou vystaveni řadě chorob (Min et al. 2003). Nadýmání je běžná porucha trávení u přežvýkavců, způsobená rychlou produkcí fermentačního plynu a uvolňováním rozpustného proteinu do bachorové tekutiny z vysoce stravitelného krmiva s vysokým obsahem bílkovin (Wang et al. 2015). Jeteloviny obsahující CT, výrazně snižují produkci plynu v bachoru a zabraňují tak nadýmání (Min et al. 2003). Bylo zjištěno, že krmení 10 až 20 % vičence v čerstvém nebo sušeném stavu spolu s vojtěškou sníží nadýmání o 45 až 93 %. Kombinace vičence (35 %) a vojtěšky na pastvě sníží riziko nadmutí (Wang et al. 2015).

Kondenzované taniny brání nadýmání tím, že se váží na bílkoviny a vysrážejí je, což snižuje koncentraci bílkovin v bachoru a zvyšuje bypass protein nebo-li „nedegradovatelný“ protein. CT se ale mohou vázat i na slinné proteiny, což snižuje chuťovou schopnost a příjem. CT mohou také tvořit nestravitelné komplexy s mikroby v bachoru a sacharidy buněčné stěny, což snižuje rychlost trávení a příjem píce. Výsledkem je, že píce, jako je štírovník růžkatý může zabránit nadýmání, ale také snížit produktivitu přežvýkavců. CT ve štírovníku růžkatém je přítomen v relativně nízké koncentraci a není o něm uvedeno, že by inhiboval příjem nebo trávení (MacAdam & Villalba 2015).

Antihelmintické vlastnosti kondenzovaných taninů jsou už dlouho známy. U vičence byl prokázán mírný antiparazitický účinek na háďátka ovcí, jako je *Haemonchus contortus*. Bylo také prokázáno, že má negativní účinek na vylučování vajíček nematod a pozitivní účinek na odolnost hostitele. Kondenzované taniny extrahované z vičence snížily podíl vajíček *Trichostrongylus colubriformis* a inhibovaly vývoj vajíček plicních červů a gastrointestinálních hlíst. Důležitý účinek kondenzovaných taninů je snížení počtu vajíček červů *Haemonchus* na pastvinách, a tím i nižší infekčnost pastvin. Patofyziologické rysy parazita však zůstaly nezměněny a snížení kontaminace pastvin může být příliš malé na to, aby výrazněji prospělo produkci přežvýkavců. Antiparazitické účinky polyfenolických sloučenin mohou částečně přispět k vyšším nutričním hodnotám vičence ve srovnání s píci neobsahující CT, jako je vojtěška (Wang et al. 2015).

Parazité trávicího traktu přežvýkavců způsobují u ovcí značné ztráty bílkovin. Nedávno byly navrženy alternativní strategie založené na použití pícnin, které obsahují CT. Píce obsahující CT může přerušit životní cyklus háďátek a snížit kontaminaci pastvin infekčními larvami. To může snížit závislost na anthelmintických lécích (Min et al. 2003).

Ukázalo se, že fenoly vičence, včetně CT, přímo inhibují vývoj larev a jejich pronikání do tkáně trávicího traktu. Polyfenolické sloučeniny ve vičenci přímo inhibují vývoj larev tím, že způsobují buď vnější (poškození povrchu těla) nebo vnitřní (zažívací) poškození. Polyfenoly vičence také snížily plodnost a velikost dospělých červů tím, že způsobily bukální a střevní léze a narušovaly pohyb a reprodukci červů poškozením svalů a reprodukčních orgánů (Wang et al. 2015).

#### 3.3.1.1.4 Produkce metanu

V celosvětovém měřítku je živočišná produkce největším přispěvatelem antropogenní produkce skleníkových plynů, přičemž největší podíl tvoří metan ( $\text{CH}_4$ ). Vylučováním  $\text{CH}_4$  ztrácí zvíře od 2 % do 12 % hrubého příjmu energie. Přežvýkavci produkují ročně přibližně 80 milionů tun  $\text{CH}_4$ , převážně jako vedlejší produkt anaerobní digesce v bachoru, který slouží k zachytávání vodíku a zachovává homeostázu v bachoru. Ke snížení produkce metanu se dá využít strava. Emise  $\text{CH}_4$  jsou nižší u zvířat krmených jetelovinami, ve srovnání se zvířaty, které dostávají převážně travní stravu, ale není tomu tak vždy. Snížení produkce metanu u zvířat krmených jetelovinami bylo výsledkem kombinace faktorů, včetně přítomnosti kondenzovaných taninů (CT), nižšího obsahu vlákniny, vyššího příjmu sušiny a zvýšené rychlosti průchodu bachorem (Dewhurst et al. 2009).

(Mora-Ortiz & Smith 2018) uvádí, že vičenec má potenciál díky listovému taninu snížit vylučování methanu přežvýkavci do prostředí. Byl studován vliv vičence a jeho CT na produkci metanu v porovnání s vojteškou. Bylo zjištěno, že vliv na produkci metanu byl malý. Koncentrace CT byly 6,6 až 24,5 a 5,5 g/kg sušiny pro čerstvý a sušený vičenec. Celkově mají fenolové sloučeniny včetně CT ve vičenci malé účinky na produkci metanu. (Wang et al. 2015).

#### 3.3.1.1.5 Chutnost a příjem píce

Příjem krmiva je jedním z nejdůležitějších faktorů ovlivňující produktivitu zvířat. Vzhledem ke svíravé chuti CT může být příjem snížený. Chutnost píce vičence je však často shledávána větší nebo stejná jako u jiných jetelovin (vojteška), které obsahují méně nebo žádné CT (Wang et al. 2015).

### 3.3.2 Polyfenoloxidáza

Jetel luční obsahuje vysoké hladiny polyfenoloxidázy (PPO), která může mít vliv na menší ztráty proteinů. PPO reaguje s fenoly za vzniku chinonů a tyto vysoce reaktivní sloučeniny se vážou na protein a produkují komplex protein-chinon a to podobným způsobem jako taniny (Winters & Minchin 2001; Dewhurst et al. 2009). Díky působení o-chinonů vytvářených prostřednictvím PPO obsahuje konzervovaný jetel luční vyšší obsahy proteinu nerozložitelného v bachoru (Grabber 2009).

PPO katalyzuje jak hydroxylaci monofenolů na o-difenoly, tak oxidaci o-difenolů na o-chinony. Tyto chinonové produkty jsou vysoce reaktivní a mohou se snadno kovalentně vázat s nukleofilními místy, např. na aminokyselinách, což vede k tvorbě zesíťovaných proteinových polymerů. Tato reakce je spojena se snížením rozsahu proteolýzy v bachoru. Také bylo prokázáno, že aktivita PPO redukuje rozsah lipolýzy (Lee et al. 2007).

Enzym PPO existuje v rostlině jak v aktivní (přibližně 10%), tak v latentní (přibližně 90%) formě. První je aktivní v buňce při neutrálním pH, zatímco druhý vyžaduje aktivaci. K přeměně latentního na aktivní formu (aktivaci) může dojít v pletivu rostlin buď proteolytickou aktivitou nebo smícháním s endogenním fenolickým substrátem (kyselina phaseolová a clovamid). Aktivaci je zabráněno ve zdravém pletivu kvůli kompartmentalizaci enzymu (chloroplast) a substrátu (vakuola). Proto k aktivaci a následné aktivitě PPO je třeba poškození buněk (smíchání enzymu a substrátu a aktivace latentního PPO), společně s přívodem kyslíku pro oxidační reakci. Tato dvě kritéria jsou snadno dosažitelná při výrobě siláže, ale během pastvy poskytuje pro aktivaci PPO anaerobní povaha bacheru malou příležitost během žvýkání, kdy může dojít k poškození buněk a aeraci pletiv (Lee et al. 2009a).

Úloha PPO v hostitelském organismu je navržena jako obrana proti invazivním patogenům nebo fyziologickému stresu např. odolnost proti suchu. Důležitost tohoto enzymu pro potravinářský průmysl je obrovská. Důvodem takového zájmu je nepříznivý účinek tohoto enzymu na kvalitu ovoce a zeleniny prostřednictvím „hnědnutí“, který je spojen s aktivitou PPO. V poslední době je však tato „hnědavá reakce“ spojována s pozitivními vlastnostmi krmiv pro zvířata. PPO v jeteli lučním se pozitivně projevuje snížením rozsahu proteolýzy v bacheru. To může souviset s tvorbou komplexů listových proteinů, nebo denaturací rostlinných proteáz. Bylo také prokázáno, že PPO snižuje rozsah lipolýzy zprostředkované rostlinami v bacheru, jako kombinovaný účinek snížené aktivity rostlinné lipázy a vazby lipid-protein na fenol v bacheru (Lee et al. 2009b).

### 3.3.2.1 Vliv polyfenoloxidázy na produkci masa a mléka

Lee (2009a) uvádí, že snížením proteolýzy a lipolýzy vede ke zvýšení využití N a změny obsahu polynenasycených mastných kyselin v mléce. Účinnost přeměny N krmiva u přežvýkavců na mléko (20 až 30%) nebo maso (10 až 20%) je často výrazně pod potenciálem (> 40 %) a je zvláště minimální u krmné dávky založené na nekvalitních travních silážích nebo pastvy. Současně biohydrogenace mastných kyselin v bacheru po lipolýze lipidů na bázi rostlinných glycerolů snižuje poměr polynenasycených mastných kyselin (PUFA) k nasyceným mastným kyselinám (SFA) jak masa, tak mléka. Ukázalo se, že krmení siláže z jetele lučního dojnícím snižuje jak ztráty dusíku, tak PUFA. Má se za to, že to souvisí s enzymem polyfenoloxidáza a tato ochrana může souviset s tvorbou chinonů produkovaných oxidací vakuových difenolů katalyzovaných PPO. Přesný mechanismus následné reakce chinon-protein není zcela objasněn (Lee et al. 2009a).

U volů, kteří byli krmeni jetelem lučním bylo pozorováno zvýšení obsahu polynenasycených tuků v mase. To naznačuje, že působení PPO může snížit rostlinnou i mikrobiální lipolýzu v bacheru. Bylo prokázáno, že je souvislost mezi sníženou lipolýzou a biohydrogenací u jetele lučního se zvýšenou aktivitou PPO (Lee et al. 2007).

Vazba aminokyselin na chinony tvořené polyfenoloxidázou, která je zodpovědná za nízkou proteolýzu v jeteli lučním, zvyšuje vylučování dusíku výkaly. Tento fakt může naznačovat, že může být snížena absorpce aminokyselin ve střevě. Také se při krmení jetele lučního může vyskytnout nižší produkce z důvodu nadměrného RUP, a malého množství

RDP pro syntézu mikrobiálního proteinu, což je životně důležitý zdroj bílkovin pro výživu skotu (Grabber 2009).

Účinek PPO na proteolýzu a lipolýzu v krmivech pro zvířata má potenciál zlepšit účinnost využití dusíku a zlepšit složení polynenasycených mastných kyselin v produktech přežvýkavců (Lee et al. 2009b). Dochází ke zlepšení lipidového složení živočišných produktů, ať už snížením nasycených mastných kyselin nebo zvýšením prospěšných polynenasycených mastných kyselin (PUFA) (Lee et al. 2007).

### 3.4 Jeteloviny vhodné pro produkci píce

Pícniny představují hlavní složku krmiv určených pro dojnice. Na jeteloviny se tradičně v zemědělství pohlíží jako na vynikající zdroje dusíku. Biologická fixace N<sub>2</sub> jetelovinami je významným zdrojem dostupného N jak v přírodních, tak v řízených ekosystémech. Dusík je vyžadován ve velkém množství pro vysokou úroveň produkce pícnin a nedostatek dusíku je hlavní omezující faktor produkce pícnin, na které je závislá produkce hospodářských zvířat (Maćešić et al. 2007).

Jeteloviny jsou obecně hlavním zdrojem bílkovin pro živočišnou spotřebu a patří mezi nejdůležitější a široce přizpůsobené plodiny na světě. Biologická fixace dusíku je na druhém místě po fotosyntéze, jako nejdůležitějšímu biochemickému procesu na Zemi. Jetel luční je jednou z nejdůležitějších pícnin v mírném vlhkém podnebí, ale vojtěška (*Medicago sativa* L.), která se často nazývá „královnou krmiv“, je rozhodujícím zdrojem bílkovin pro výživu hospodářských zvířat v aridnějších podmínkách. Je využívána mnoha různými způsoby (zelené krmení, pastviny, seno, siláž atd.) a je pěstována pro výživové potřeby různých živočišných druhů jako masné krávy, mléčný skot, koně i malí přežvýkavci (Maćešić et al. 2007).

U píce pěstované na orné půdě je kladen vysoký důraz na produktivitu porostů. Dále také na dietetické vlastnosti píce, jako je obsah živin a obsah antinutričních látek, které ovlivňují chutnost a tím příjem píce. Intenzita produkce víceletých jetelovin (vojtěška setá, jetel luční, jetel plazivý, vičenec, štírovníky a další) má klesající trend jako důsledek nižší celkové úrovně minerálního hnojení (Hrabě & kolektiv 2004).

Pěstování jetelovin je významné jak z hlediska produkčního tak mimoprodukčního. Jeteloviny mají vysoké a stálé výnosy (7-14 tun sušiny z hektaru), jsou vícesečné a nezávislé na hnojení dusíkem. Píce z jetelovin obsahuje vysoké množství N-látek a vitaminů (Hrabě & kolektiv 2004), je také bohatá na bílkoviny s vysokou biologickou hodnotou (Rochon et al. 2004). Mají vyšší obsah minerálních látek než trávy, zejména vápníku, hořčíku a fosforu (Ulyatt et al. 1977; Hrabě & kolektiv 2004). Naopak obsah sodíku je nepatrný (Ulyatt et al. 1977). Mimoprodukční přínos jetelovin zahrnuje zvýšení úrodnosti půdy. Hluboká kořenová soustava kypří půdu a vytváří podmínky pro koloběh vody (Hrabě & kolektiv 2004).

Nutriční hodnota píce závisí na podílu stravitelných živin (stravitelnosti) a na účinnosti, s jakou jsou tyto strávené živiny absorbovány a využívány v živočišných tkáních. Rostliny v mladších vývojových stádiích mají vysokou stravitelnost (75-85 %), která však klesá s tím, jak rostliny dozrávají. Listy jetelovin mají vysoký obsah bílkovin a více ve vodě rozpustných sacharidů a méně strukturních sacharidů (celulóza, hemicelulóza). Strukturální sacharidy se v bachoru traví pomaleji a celkově s nižší účinností (Ulyatt et al. 1977).

Hlavními faktory ovlivňujícími kvalitu jetelovin je druh a vyzrállost. Rozdíl způsobený druhem je způsoben především morfologií růstu lodyh. U jetelovin se vzpřímenou lodyhou, například vojtěška a jetel luční (*Trifolium pratense* L.), se procento stonku zvyšuje se zralostí. Stonky jsou méně stravitelné než listy, což má za následek snížení kvality pícnin s postupující zralostí (Evers 2011).

Jeteloviny jsou jako pícniny využívány v mnoha zemědělských oblastech na světě. Tyto rostliny jsou oblíbené zejména díky schopnosti fixovat atmosférický N, jejich nutriční hodnotě a výnosu. Je známo, že výživná hodnota je u jetelovin lepší než u travin (Rochon et al. 2004, Ulyatt et al. 1977). Pokud jde o celkové stravitelné živiny, bylo zjištěno, že jeteloviny mají vyšší rozsah než všechny druhy trav. Ve stejné fázi zralosti mají jeteloviny a trávy v chladném období podobné koncentrace acidodetergentní vlákniny (ADF) a hodnoty stravitelnosti sušiny (DM). Trávy však mají obecně více neutrodetergentní vlákniny (NDF) a proto mají nižší dobrovolný příjem, což má za následek nižší produkci zvířat oproti jetelovinám (Evers 2011).

Píce z jetelovin je velice dobře přijímána. Má vyšší rychlost rozkladu částic v batoru, což umožňuje vyšší dobrovolný příjem ve srovnání s vysokou koncentrací vláken a objemu u trávy. Vyšší koncentrace proteinu v jetelovinách a zvýšená náchylnost vlákniny k degradaci v batoru, jsou další faktory přispívající ke zvýšení produktivity hospodářských zvířat (Rochon et al. 2004).

Z hlediska výživy hospodářských zvířat je dobré, pokud jeteloviny obsahují mírné množství sekundárních metabolitů rostlin, jako jsou kondenzované taniny a flavonoidy. Tyto látky přinášejí značné výhody ve využití N v trávicím traktu, snížení rizika výskytu nadýmání a vyšší rezistenci vůči parazitům. Využití dusíku, který se v jetelovinách nachází, je nízké a tím dochází k jeho velkým ztrátám močí a výkaly. Mírné hladiny CT mohou zvýšit využití N zvířetem (Rochon et al. 2004). Naopak velké koncentrace látek jako je tanin, kyanogenní glykosidy, estrogenní flavonoidní sloučeniny, formononetin, saponiny a alkaloidy, mohou snižovat užitkovost (Evers 2011).

### **3.4.1 Vojtěška setá (*Medicago sativa*)**

#### 3.4.1.1 Popis rostliny

Vojtěška pochází z jihozápadní Asie, jak ukazuje výskyt planých forem na Kavkaze a v hornaté oblasti Afghánistánu, Íránu a sousedních regionech. Kultivované formy pravděpodobně vznikly v západní Persii a poté se rozšířily, aby se staly široce pěstovanými v Asii, Evropě a Americe (Aganga & Tshwenyane 2003).

Vojtěška je jednou z nejdůležitějších trvalých pícnin na světě a používá se k výrobě sena a siláže (Mielmann 2013), nebo zelené píce či pro pastvu, pro širokou škálu hospodářských zvířat. Mezi hlavní faktory, které ovlivňují produkci a hodnotu vojtěšky patří fáze růstu v době sečení, poměr list / stonk, klimatické faktory, frekvence sečení, přítomnost škůdců a další faktory prostředí (Avci et al. 2017).

Je to vytrvalá bylina se vzpřímenými nebo někdy polehávajícími lodyhami, které jsou 0,3-1 m dlouhé (Aganga & Tshwenyane 2003). Patří mezi vikvovité, víceleté, hlubokokořenící pícniny (Hrabě & kolektiv 2004). Vyznačuje se silným kořenem, fialovými

květy a luskem ve tvaru spirály (Mielmann 2013). Zlepšuje strukturu a úrodnost půdy. Vojtěška má hlavní silný křoví kořen, který se větví a proniká hluboko do půdy. Z hlavního kořene vyrůstají větvičky se boční kořeny, které se nacházejí ve vrchní vrstvě půdy a tvoří v ní hustou síť. Na těchto kořincích se nacházejí hlízky, jejichž pletivo obsahuje bakterie schopné fixovat vzdušný dusík. Kořenový krček je spodní část hlavní lodyhy bezprostředně přiléhající ke kořeni. Na kořenovém krčku se vytvářejí pupeny, ze kterých potom vyrůstají lodyhy.

Vojtěška je suchovzdorná, vytrvalá rostlina (Mielmann 2013), využívaná jako píce, která poskytuje vysoce kvalitní krmivo. Řada studií prokázala, že vojtěška může zvýšit půdní organickou hmotu, zlepšit strukturu půdy a vytvářet zásoby dusíku (N) v ornici. Místo nákupu bílkovinného doplňku mohou farmáři krmit pícniny, jako je vojtěška, která dodá potřebné bílkoviny hospodářským zvířatům (Aganga & Tshwenyane 2003).

Vojtěška je v současné době produkována i ve formě pelet a používá se ve smíšených krmivech pro dobytek, drůbež a jiná zvířata. Vojtěška je vhodná i pro kuřata, koně, pštrosy a krůty (Aganga & Tshwenyane 2003).



Obr. č. 1 a 2: vojtěška (zdroj: foto autor práce)

#### 3.4.1.2 Agronomické vlastnosti a výnos

Vojtěška se pěstuje přibližně na 45 milionech hektarů po celém světě. Jedná se o nejstarší rostlinu pěstovanou výhradně jako píce pro krmení hospodářských zvířat (Mielmann 2013). Vykazuje značné rozdíly ve formě a přizpůsobení prostředí, pěstuje se v teplých mírných a chladných subtropických oblastech. Forma rostliny se liší od vzpřímené až polehávající. Délka vegetačního období klesá z jihu směrem na sever. Odolává vysokým teplotám 39 až 41 ° C, stejně jako i poměrně nízké teplotě. Stupeň přizpůsobení je různý u různých ekotypů. Obzvláště dobře se jí daří v semiaridních oblastech pod zavlažováním. Roční srážky 500 - 600 mm jsou optimální (v mírných oblastech), ale plodina zvládne i období sucha. V oblastech se srážkami nad 1000 mm vojtěška roste jako trvalka. Vojtěška roste na různých půdách, ale daří se jí na bohatých, drobivých a dobře odvodněných hlinitých půdách. Hluboko pronikající kořeny činí vojtěšku odolnou vůči suchu (Aganga & Tshwenyane 2003).

Vojtěška předčí výnosem v teplejších a sušších oblastech ostatní víceleté pícniny. Je schopna si zabezpečit dostatečný přísun vody z hlubších vrstev půdy (Hrabě & kolektiv 2004). Výnosy píce jsou 5-50 tun / ha / rok. Odhaduje se, že vojtěška fixuje 83-594 kg N / ha (Aganga & Tshwenyane 2003). Hrabě & kolektiv (2004) uvádějí, že výnos suché píce vojtěšky se v ČR pohybuje od 7,5 – 9 tun na hektar, přičemž její potenciál vojtěšky je mnohem vyšší a je v zemědělské praxi využíván pouze z 50-60%.

#### 3.4.1.3 Chemické složení a nutriční hodnota

Píce je dobrým zdrojem bílkovin, minerálů a vitamínů (Mielmann 2013). Uvádí se, že produkuje více bílkovin pro hospodářská zvířata na hektar než jiná plodina (Aganga & Tshwenyane 2003). Obsahuje 15-22 % hrubého proteinu v sušině. Dále obsahuje makro a stopové minerály a vitamíny rozpustné v tucích a ve vodě (Mielmann 2013). Uvádí se, že zelené krmivo obsahuje na 100 g, 80,0 % vlhkosti, 5,2 g proteinu, 0,9 g tuku, 3,5 g vlákniny a 2,4 g popela. Vojtěška je cenným zdrojem vitamínů A a E. Obsahuje betakaroten, thiamin, riboflavin, niacin, tokoferol, kyselinu pantothenovou, biotin, kyselinu listovou, cholin, inositol. Také je přítomen pyridoxin, vitamin B12 a vitamin K. V čerstvém stavu je bohatá na vitamin C, při sušení však ztrácí až 80 % (Aganga & Tshwenyane 2003). Vitamíny B a D jsou přítomny pouze v malé koncentraci. Koncentrace Ca a Mg jsou ve vojtěšce vyšší než u trav v ekvivalentních stádiích zralosti. Kromě toho je na gram přítomno asi 8 mg železa (Mielmann 2013).

Zralost vojtěšky má největší vliv na změnu chemických parametrů, protože kvalita vojtěškového sena při zrání rostliny klesá. Tento pokles je do značné míry způsoben rostoucím poměrem stonků: list a zvýšeným obsahem vlákniny stonků. Během fáze časného kvetení obsahují listy vyšší koncentraci stravitelných živin, bílkovin, tuků, vlákniny, celkových nestrukturálních sacharidů a dalších mikroživin. Stonky mají více cukrů, vlákniny, K a Cl. Výživná hodnota vojtěškového sena se značně liší a je ovlivněna faktory, jako je sklizeň ve specifických fyziologických stádiích, klima, půdní podmínky, ztráty listů během výrobního procesu, skladování a krmení, choroby a hmyz, plevele, a vlhkost během skladování (Mielmann 2013).

### 3.4.2 Jetel luční (*Trifolium pratense L.*)

#### 3.4.2.1 Popis rostliny

Jetel luční (*Trifolium pratense L.*) je jednou z nejdůležitějších jetelovin a cennou součástí trvalých travních porostů a směsí jetele v mírných oblastech (Tucak et al. 2013). Tento druh je důležitou plodinou v Evropě, Severní Americe a dalších mírných oblastech (Winters & Minchin 2001). V našich zemích se pěstuje od 18. století (Hrabě & kolektiv 2004). Jeho široké využití lze přičíst jeho přizpůsobení se širokému spektru typů půd, podmínkám prostředí, vysokým výnosům, způsobům využití (Winters & Minchin 2001; Leto et al. 2011; Tucak et al. 2013) a vysoké výživné hodnotě pro přežvýkavce (Winters & Minchin 2001; Leto et al. 2011). Dobře snáší vlhčí a špatně odvodněné půdy a je více tolerantní k nižšímu pH půdy oproti vojtěšce (Drobná & Jančovič 2011). Má vysokou ekologickou hodnotu díky své schopnosti fixovat atmosférický dusík, což umožňuje snížení



používání dusíkatých hnojiv. Poskytuje chutné krmivo i pro pastvu a jeho vzpřímený růst usnadňuje sklizeň sena a siláže (Winters & Minchin 2001). Pěstuje se v monokulturách nebo ve směsích. U této pícniny rozeznáváme tři formy: planý (spontanum), jednosečný (serotinum) a dvousečný (praecox) (Hrabě & kolektiv 2004).

Kořenový systém je mohutný, ale ne tak jako u vojtěšky seté. Hlavní kulový kořen dosáhne do hloubky 1,5 až 2 metry, výjimečně hlouběji. Hlavní podíl kořenů je rozložen v orniční vrstvě. Kořenový krček se nachází v úrovni povrchu půdy. Je velmi citlivý a je neustále ovlivňován vnějšími podmínkami, jako jsou povětrnostní podmínky, vliv pasoucích se zvířat a hraboši, kteří ho mechanicky poškozují. Poškozený krček se stává branou pro vstup kořenových chorob. Lodyhy, které vyrůstají z kořenového krčku jsou duté a šťavnaté. Oproti vojtěšce mají nižší obsah vlákniny. Listy jsou ochmýřené, trojčetné s kresbou. Listy jsou z hlediska výživy nejkvalitnější částí rostliny. Květy jsou trubkovité, seskupené do hlávek. (Hrabě & kolektiv 2004).



Obr. č. 3: Jetel luční (zdroj: foto autor práce)

#### 3.4.2.2 Agronomické vlastnosti a výnos

Kvalita píce je vysoká, je-li sklizen v optimální fázi ve fázi butonizace (Hrabě & kolektiv 2004). Jetel luční je považován za jetelovinu s kratší životností. Některé odrůdy jsou produktivní tři roky (Hrabě & kolektiv 2004; Drobná & Jančovič 2011; Tucak et al. 2013). Výnosový potenciál jetele lučního je vynikající a některé odrůdy při dostatečné půdní vlhkosti mohou mít stejný nebo vyšší výnos píce než vojtěška (Drobná & Jančovič 2011; Grabber 2009). Grabber (2009) uvádí, že výnosy jetele a vojtěšky během produkčního roku byly podobné. Tucak et al. (2013) uvádí výnos píce od 9,18 do 10,8 tun na hektar. Potenciál výnosu jetele lučního je nad 18 tun sušiny na hektar v prvním užitkovém roce a cca 14 tun sušiny na hektar ve druhém užitkovém roce (Hrabě & kolektiv 2004).

Jetel luční je náročný na dostatek světla a na to je třeba myslet při výběru krycí plodiny. Je náročný na dostatek vláhy. Snáší zamokření i vyšší hladinu podzemní vody. Při dlouhodobém suchu trpí a poskytuje nižší produkci (Hrabě & kolektiv 2004).

Příčinou kolísání výnosu a kvalitativních rozdílů odrůd jetele lučního v různých podmínkách prostředí jsou různé klimatické vlastnosti každé jednotlivé oblasti, zejména

srážky a teploty a odlišný růstový rytmus. Při porovnání výnosu odrůd v různých nadmořských výškách bylo zjištěno, že výtěžek jetele lučního závisí především na vlhkosti (Leto et al. 2011).

#### 3.4.2.3 Chemické složení a nutriční hodnota

Výživová kvalita jetele lučního je velmi dobrá. Kvalita píce je ovlivněna mnoha nezávislými faktory, jako je fáze růstu, sklizeň a metoda skladování i úrodnost půdy (Drobná & Jančovič 2011). Leto et al. (2011) uvádí, že jetel luční obsahuje 6,2% hrubého popela, 20,4% hrubé vlákniny a 3% tuku. Tato pícnina je zdrojem mnoha živin včetně vápníku, chromu, hořčíku, niacinu, fosforu, draslíku, thiaminu a vitamínu C (Chaudhary & Tripathi 2014). Jetel luční má také lehce stravitelnou vlákninu a větší množství bílkovin nerozložitelných v bachoru (RUP) než vojtěška. Jetel luční obsahuje vysoké hladiny polyfenoloxidázy, která snižuje ztrátu proteinů. Ovšem při krmení dojnic jetelem lučním jsou výnosy mléka nižší, než je očekávání (Grabber 2009).

### 3.4.3 Vičenec ligrus (*Onobrychis viciifolia*)

#### 3.4.3.1 Popis rostliny

Rod *Onobrychis* patří do čeledi *Fabaceae* a kmene *Hedysareae*. Je rozšířený v mírných pásmech Severní Ameriky, Evropy a Středního východu. Vičenec má významné vlastnosti, jako je tolerance k suchu, chladu a půdě chudší na živiny (Hayot Carbonero et al. 2011) a je dobře přizpůsoben suchému kopcovitému prostředí na vápenatých půdách (Borreani et al. 2003). Vičenec se může spásat, krmit jako čerstvá píce nebo sklízet a konzervovat na seno či siláž. (Wang et al. 2015). V Evropě vičenec nemůže konkurovat výnosem jetelovinám jako je vojtěška a jetel (Hayot Carbonero et al. 2011).

Existují dvě hlavní formy vičence: normální typ, který je schopen produkovat velmi vytrvalé porosty, a obrovský typ, který je produktivní po velmi krátkou dobu. Protože druhý jmenovaný typ vičence produkuje píci především brzy na jaře, může být užitečné zaplnit mezery v dodávce pícnin v mléčných systémech, které jsou založeny na kukuřičné siláži jako alternativy k pícninovým travám (Borreani et al. 2003).

Habitus rostliny je vzpřímený nebo polo-vzpřímený. Na jaře roste z bazálních pupenů mnoho dutých lodyh a tvoří rozvětvenou architekturu rostliny (Hayot Carbonero et al. 2011; Mora-Ortiz & Smith 2018). Lodyhy mohou být dlouhé přes 70 centimetrů, bez chloupků nebo mírně ochlupené s 16 až 18 stonky na rostlinu s proměnlivou tloušťkou 3-9 mm. Listy jsou zelené, zřídka červeně pigmentované (Mora-Ortiz & Smith 2018). Listy na lodyze jsou zpeřené tvořené 10-28 lístky (Hayot Carbonero et al. 2011) a je jich variabilní počet mezi 6 až 14 listy. Jeho hluboký kořen (Lu et al. 2000) je více než 2 metry dlouhý, v suchých podmínkách až 3 metry dlouhý, díky kterému dobře snáší sucho. Kořen je značně rozvětvený, zejména ve svrchní části půdního profilu (Mora-Ortiz & Smith 2018). Má několik hlavních kořenů a četné jemné postranní kořeny (Hayot Carbonero et al. 2011).

Květenství je husté s 10-80 kvítky a stopkou mezi 12 a 20 cm. Koruna květu je růžová. Tato základní barva má vysokou rozmanitost od bílé po fialovou s tmavšími lineárními vzory větší intenzity než základní barva (Mora-Ortiz & Smith 2018).

Vičenec, spolu s mnoha dalšími druhy Fabaceae, byl považován za allogamní druh kvůli jeho morfologii květu, a tak vyžaduje opylování hmyzem (Hayot Carbonero et al. 2011; Mora-Ortiz & Smith 2018). Nicméně může tolerovat nízkou hladinu samoopylení (Mora-Ortiz & Smith 2018). Ačkoli je možné samoopylení rostliny za kontrolovaných podmínek, výsledné rostliny postrádají vitalitu a produkují málo, pokud vůbec, životaschopných semen (Hayot Carbonero et al. 2011).



Obr. č. 4: Vičenec ligrus (zdroj: foto autor práce)

#### 3.4.3.2 Agronomické vlastnosti a výnos

Vičenec je pícnina s mnoha pozitivními agronomickými, environmentálními a nutričními vlastnostmi (Hayot Carbonero et al. 2011). Vičenec je raný a na jaře klíčí dříve než vojtěška. Hlavním důvodem jeho využití je schopnost snížit výskyt nadýmání a zvýšit výkonnost zvířat (Lu et al. 2000). Má nízký výnos (Hayot Carbonero et al. 2011) a nízkou intenzitu obrůstání po první jarní seči (Borreani et al. 2003). Je obtížnější jej v porostech udržet oproti jiným jetelovinám, ale je známo, že má cenné vlastnosti jako je chutnost (Hayot Carbonero et al. 2011) a snášenlivost sucha v oblastech s nízkými dešťovými srážkami. Je odolný vůči některým škůdcům a chorobám, je cenným zdrojem pro opylovače a je pěstovaný pro výrobu medu v některých regionech (Mora-Ortiz & Smith 2018). Uvádí se, že vičenec je dobrým zdrojem nektaru a pylu pro včely medonosné a další opylovače, včetně čmeláků (Mora-Ortiz & Smith 2018). Tato vytrvalá pícnina je často pěstována ve směsi s dalšími druhy, aby se snížilo riziko nadýmání a také se zlepšila úrodnost půdy díky jeho dusíku (Lu et al. 2000). Vičenec je velmi chutný a nehrozí nebezpečí nadmutí, které může hospodářská zvířata ohrozit na životě (Mora-Ortiz & Smith 2018).

Vičenec je přizpůsoben řadě klimatických a abiotických podmínek. Dobře roste v mírně kyselých, neutrálních a zásaditých půdách s pH nad 6,5 (Hayot Carbonero et al. 2011;

Mora-Ortiz & Smith 2018). Není snášenlivý ke špatně odvodněným půdám. Nepotřebuje nijak zvlášť úrodnou půdu, pokud je splněn požadavek na vápník a vlhkost. Vičenec oproti vojtěšce a jeteli prospívá v méně úrodných půdách. Dlouhé období horka vičenec špatně snáší a dochází k poklesu výnosu. I přesto, že je vičenec považován za netolerantní vůči vysokým teplotám, je prokázáno, že pokud je dobře zavlažován, roste i při teplotách nad 32 ° C (Mora-Ortiz & Smith 2018). Byla porovnáována mrazová tolerance mladých rostlin několika druhů jetelovin a rostliny vičence byly k mrazu odolnější než vojtěška a většina druhů jetele (Hayot Carbonero et al. 2011).

Vičenec, stejně jako jiné jeteloviny tvoří symbiotické vztahy s gramnegativními bakteriemi z čeledi Rhizobiaceae a s arbuskulárními mykorhizními houbami. Symbióza s Rhizobiaceae je umístěna ve specializovaných kořenových hlízkách charakteristického tvaru. V těchto hlízkách využívají diferencované bakterie komplex dusíkového enzymu k přeměně atmosférického dusíku na amoniak. Vičenec využívá tento amoniak pro syntézu aminokyselin a proteinů. Jak mykorhizní houby, tak i Rhizobia spojené s rostlinami vičence těží z potravy ve formě sacharidů produkovaných fotosyntézou v hostitelské rostlině (Mora-Ortiz & Smith 2018).

Arbuskulární mykorhizní (AM) symbióza je úzkou asociací kořenů rostlin a hub. Nejméně 80 % kvetoucích rostlin na celém světě je schopno vytvořit tento typ symbiózy, která je jednou z nejrozšířenějších symbióz nalezených v rostlinách. Houby dodávají vičenci fosfát a další živiny z půdy, zlepšují účinnost využití vody a zvyšují odolnost rostlin vůči patologickým infekcím. Rostlina poskytuje houbě sloučeniny uhlíku (Mora-Ortiz & Smith 2018).

Pozitivní účinky na volně žijící zvířata a produkci medu by mohly být výhodné v souvislosti s udržitelným zemědělstvím (Hayot Carbonero et al. 2011). Vičenec má významný potenciál pro zemědělství (Mora-Ortiz & Smith 2018), zvyšuje rozmanitost a stabilitu agroekosystémů a představuje cenný zdroj pylu a nektaru pro výrobu medu (Hayot Carbonero et al. 2011). Ovšem jeho nízká produktivita a obtížnost související se spolehlivým založením porostů však brání mnoha zemědělcům považovat tuto plodinu za životaschopnou alternativu k jiným jetelovinám (Mora-Ortiz & Smith 2018).

Vičenec se ve Velké Británii tradičně využívá jako píce pro výrobu sena, i když může být využit i pro siláž. Strniště lze na podzim využít pro pastvu. V závislosti na podmínkách pěstování, bude produkce 7 až 15 tun / ha sušiny, což je cca o 20 % nižší než vojtěška. To může být způsobeno nižším indexem plochy listů, strukturou porostu a méně účinnou fixací dusíku. Růst je pomalý a je důležité poskytnout dostatek času na doplnění kořenových rezerv, aby se udržela jeho vytrvalost a dlouhověkost (Hayot Carbonero et al. 2011).

Vičenec vysetý na konci léta a sklizený následující jaro vykazoval dobrý potenciál produkovat před sklizní pícniny s vysokou kvalitou. Výnos vyšší než 4 t/ha ve stadiu pupat spojený s obsahem NDF pod 400 g /kg sušiny a stravitelností kolem 650 g/kg sušiny. Při pozdějších sklizních hrozí nižší stravitelnost. I když byl obsah hrubého proteinu ve vičenci nižší než obsah hrubého proteinu ve vojtěšce, ve srovnání se stejným morfologickým stádiem může přítomnost kondenzovaných taninů chránit proteinové frakce před degradací během silážování a v bachoru. Díky tomu je vičenec zajímavou alternativou k pícninovým travám pěstovaným v zimě a na jaře. Údaje naznačují, že vičenec může zlepšit soběstačnost mléčných farem, pokud jde o domácí bílkovinné krmivo (Borreani et al. 2003). Autoři uvádí, že výnos

stoupal z 0,5 t/ha v časných vegetativních stádiích na 8 t/ha v pozdní fázi kvetení bez výrazného rozdílu v průběhu let.

### 3.4.3.3 Chemické složení a nutriční hodnota

Nedávné výzkumné práce zdůraznily několik užitečných vlastností pro hospodářská zvířata, a to hlavně kvůli povaze jeho zvláštních sekundárních metabolitů (Hayot Carbonero et al. 2011). Vičenec obsahuje různorodou řadu polyfenolů a kondenzovaných taninů (Wang et al. 2015). Jejich obsah se pohybuje v rozmezí 30 až 80 g/kg sušiny (MacAdam & Villalba 2015). Se zralostí rostliny klesá jejich biologická aktivita. Tuto píci je nejlepší využít mezi fází poupat a kvetení. Dojde tak k vyvážení biologické aktivity kondenzovaných taninů a výnosu (Wang et al. 2015).

Vičenec je považován za píci s vysokou chutností (Wang et al. 2015) a vynikajícími výživnými vlastnostmi (Marais et al. 2000; Wang et al. 2015), ve kterých může konkurovat vojtěšce (Borreani et al. 2003). Obsahuje velké množství sacharózy a taniny (Marais et al. 2000). Nedávné studie naznačují, že má díky své jedinečné kombinaci taninu a polyfenolu několik dalších vysoce prospěšných vlastností (Hayot Carbonero et al. 2011). Mezi výhody krmení vičence přežvýkavcům ve srovnání s jinými srovnatelnými jetelovinami, jako je vojtěška, patří zvýšená absorpce aminokyselin ve střevech a retence N, účinnější využití energie a bílkovin a zvýšený růst (Wang et al. 2015). V důsledku toho se absorpce bílkovin v tenkém střevě zvyšuje ve srovnání s některými jetelovinami. Kromě toho vede zkrmování vičence k vyššímu dennímu přírůstku hmotnosti u skotu a mladých jehňat, oproti jiným jetelovinám ve srovnatelném stádiu růstu (Borreani et al. 2003). Bylo také popsáno, že vičenec redukuje potravinové patogeny (Wang et al. 2015), snižuje parazity a snižuje metanové emise. Předpokládá se, že to je ovlivňováno kondenzovanými taniny (Hayot Carbonero et al. 2011; Wang et al. 2015).

Vičenec zlepšuje o 50 % absorpce aminokyselin ve střevě ve srovnání s vojtěškou. Dobrovolný příjem u přežvýkavců je 20-24 % vyšší než u trav a 10-29 % vyšší než u jetele lučního nebo vojtěšky (Marais et al. 2000).

### 3.4.4 Štírovník růžkatý (*Lotus corniculatus*)

#### 3.4.4.1 Popis rostliny

Štírovník růžkatý je vytrvalá jetelovina (Waghorn et al. 1998; Sareen 2004), polovzpřímená, dlouhověká, pocházející z Evropy. Kořen je přizpůsobený do suchých podmínek s málo úrodnou půdou, nevádí mu ani kyselé půdy (Waghorn et al. 1998; Sareen 2004), zvládá i vlhké podmínky (Sareen 2004).

Existuje velké množství odrůd, které se liší produktivitou a morfologickými charakteristikami. Má vysokou nutriční hodnotu a proto se využívá jako složka ve směsi s jinými rostlinami na pastvě, pro produkci sena, siláže, nebo čerstvé píce (Radić et al. 2011). Je využíván pro pastvu a v menší míře ochranu půdy. Tento druh se také používá v semenných směsích k zásobování dusíkem mladých borovic (Waghorn et al. 1998).

Štírovník růžkatý má rozsáhlý kořenový systém (Sareen 2004). Kořenový systém je mělký a rozvětvenější než kořen vojtěšky. Má větší boční rozprostření, proto je odolnější vůči

povodním, ale oproti vojtěšce je méně odolný vůči suchu (MacAdam et al. 2006). Štírovník růžkatý může být pěstován v písčitých půdách i v kamenitých, drenážních, volně odvodněných půdách (Waghorn et al. 1998). Lodyhy vyrůstají z dobře rozvinutého kořenového krčku. Listy jsou střídavě na krátkých stopkách. Květy jsou v okolíku na konci krátkého stonku. Květ je složen z pěti zářivě žlutých květů. Květy jsou opylovány včelami (Sareen 2004).



Obr. č. 5: štírovník růžkatý (zdroj: foto autor práce)

#### 3.4.4.2 Agronomické vlastnosti a výnos

Štírovník růžkatý je plodina s velkým potenciálem, pokud jde o produktivitu ve vztahu ke kvalitě krmiva. Má vysokou přizpůsobivost pro různé agroekologické podmínky (Churkova 2012).

Štírovník růžkatý má několik atributů, které jsou potenciálně výhodné ve srovnání s více široce pěstovanými jetelovinami, jako je jetel luční. Druhy štírovníku jsou oproti jeteli lučnímu odolnější v kyselých půdách s nižší úrodností a jsou i lépe odolné vůči suchu (Marley et al. 2006).

Štírovník je méně vytrvalý a má špatnou konkurenceschopnost. Vyžaduje 14 h denního světla, aby vykvetl a vysemenil. Jednotlivé rostliny mohou přežít pouze dva až tři roky. Stejně jako ostatní jeteloviny, i štírovník fixuje  $N_2$  v symbióze s bakteriemi (MacAdam et al. 2006). Nejvhodnější termín setí je na jaře, podzimní výsevy by měly být brzy, protože zimní růst je minimální. Hlavní období růstu jsou během jara a od poloviny léta do pozdního podzimu (Waghorn et al. 1998).

Nízké sezonní výnosy štírovníku růžkatého ve srovnání s jinými jetelovinami lze přičíst jeho pomalému růstu a menší spoléhání se na uložené nestrukturální sacharidy. Výnosy štírovníku se pohybují od 3,25 t do 6,30 t sušiny/ha. Štírovník růžkatý zvyšuje výnos obvykle po dobu dvou let po výsadbě. Zralé porosty dosáhly v druhém a třetím roce po výsadbě v průměru přibližně 7 t/ha za rok (MacAdam & Villalba 2015). Chapman et al. (2008) uvádí, že výnos štírovníku růžkatého byl pouhých 1,23 t/ha, což je odůvodněno nevyhovujícími podmínkami.

Ovšem (Waghorn et al. 1998) uvádí, že za dobrých pěstitelských podmínek a pečlivém hospodaření mohou být výnosy z čistých porostů až 10–15 t sušiny / ha. Přesto, že má štírovník růžkatý malý výnos, má píce příznivou kvalitu (Chapman et al. 2008).

#### 3.4.4.3 Chemické složení a nutriční hodnota

Štírovník růžkatý obsahuje přibližně 25–35 g N / kg sušiny (15–18 % hrubého proteinu), což je podstatně méně než jetel, vojtěška i řada trav. Je chutný a výživný, s vysokým obsahem bílkovin a dobrou stravitelností pro přežvýkavce a koně (Sareen 2004). Koncentrace CT v krmivu se pohybuje od prakticky nulového do asi 4 % sušiny. (Waghorn et al. 1998; Marley et al. 2006). Koncentrace rozpustných cukrů a strukturní vlákniny závisí na stupni zralosti a podílu listů a stonku. Jakmile rostlina zraje, stonky se stávají velmi tuhé a jsou ovce odmítány (Waghorn et al. 1998).

Chemické složení štírovníku závisí hlavně na procentuálním podílu listů. Churkova (2012) uvádí, že u osmi testovaných vzorků se obsah hrubého proteinu pohyboval v rozmezí 14–26 %. Obsah hrubého proteinu závisí na růstové fázi a jednotlivých charakteristikách druhů. Různé části rostlin v různých odrůdách také obsahují různá množství hrubého proteinu. Dále uvádí, že větší míra variace byla u hrubé vlákniny, nejnižší obsah tohoto ukazatele byl 26,94% a nejvyšší 31,72 %. Obsah popela se pohyboval v rozmezí 2,70 až 3,33 %. Obsah vápníku se pohyboval od 1,52 do 1,77 %. Fosfor byl v zastoupení 0,23 % (Churkova 2012).

### 3.5 Směsi jetelovin a trav

Produktivita na zemědělské půdě nemusí být vždy sladěna s poskytováním dalších služeb ekosystému, jako je ochrana biologické diverzity, ukládání uhlíku do půdy, nebo zlepšení průtoku vody (Döring et al. 2012).

Dusík je klíčovou živinou pro dosažení přijatelných výnosů a kvality plodin. V důsledku globálně rostoucích nákladů na minerální dusíkatá hnojiva a obavy z negativního dopadu na životní prostředí, je možné využít jeteloviny jako alternativní zdroj dusíku. Jeteloviny prostřednictvím symbiózy s hlízkovými bakteriemi jsou schopny fixovat vzdušný dusík a poskytnout jej ve formě, která je rostlinám snadno dostupná i pro ostatní souběžně pěstované druhy, jako například trávy, které dusík fixovat neumí. Po pěstování jetelovin se dusík nahromaděný v podzemních zbytcích rostlin rozkládá mikrobiální aktivitou a uvolňuje se k dalšímu využití pro následnou plodinu. Jeteloviny je tak možné využít k zúrodnění půdy (Döring et al. 2012).

Výsledky celoevropského experimentu s použitím dvou trav a dvou jetelovin na 31 místech po dobu 3 let prokázaly pozitivní účinky. Syntetické dusíkaté hnojivo je nezbytné pro udržení produktivního zemědělství, ale větší využití biologické fixace dusíku v zemědělských systémech by mohlo snížit závislost na syntetických dusíkatých hnojivech. Ukázalo se, že trávy mohou mít prospěch z pěstování ve směsích s jetelovinami a fixací dusíku jetelovin lze zvýšit konkurencí dalších druhů ve směsi (Sturludóttir et al. 2014).

Vojtěška je klíčovou pícninou pro svůj vysoký výnos a nutriční kvalitu, ale způsobuje nadýmání a má nízké využití dusíku. Vojtěška je jednou z nejvýživnějších krmiv, která jsou k dispozici a v dietě pro přežvýkavce se běžně používá. Proteiny vojtěšky jsou často

přežvýkavci špatně využívány. Jsou v bacheru rychle a značně degradovány, což vede ke ztrátám dusíku vylučováním močoviny močí z důvodu nedostatečné energie. Pro vyřešení problému nadměrné rozpustnosti proteinů je využití pícnin, obsahující kondenzované taniny. Je možné využít směs krmiv s kondenzovanými taniny a bez nich, což vede ke snížení degradaci proteinu v bacheru, která je nižší než průměr dvou původních krmiv, což bylo prokázáno pro směs vojtěšky a štírovníku růžkatého. Bylo prokázáno, že kondenzované taniny ve vičenci mohou účinně snížit rozpustnost dusíku vojtěšky (Aufrère et al. 2013).

Existuje málo publikací o účinku pěstování kombinací druhů obsahujících taniny a bez taninů. Je uváděno, že dochází ke zlepšení hodnoty N ve směsích ve srovnání s čistým krmivem (Aufrère et al. 2013). Döring et al. (2012) uvádí, že směsi obsahující vojtěšku a jetel, mají vysokou agronomickou produktivitu. Experimenty ukázaly, že stabilita výnosu byla vyšší u více druhových směsí, než u směsí monokultur. Míchání různých druhů jetelovin pomáhá potlačovat plevel.

Jeteloviny jsou bohaté na bílkoviny, zatímco trávy mají vyšší obsah sacharidů. Pokud jsou trávy pěstovány ve směsi s jetelovinami, mohou těžit z dusíku fixovaného jetelovinami. Směsi mohou být produktivnější, než monokultury (Albayrak & Türk 2013). Tyto směsi jsou udržitelnější a lépe překonávají nepříznivé podmínky ve srovnání s jejich monokulturou. Směsi mají důležitý environmentální aspekt, což snižuje potřebu používání pesticidů. Jsou produktivnější než čisté porosty a každý druh přispívá v různé míře ke zvýšení produktivity (Vasileva & Vasilev 2012).

Výsledky v podmínkách Česka ukázaly, že vojtěškotravní směs s jílkovým festuloliem se zastoupením vojtěšky 75 % a 90 % byla v průběhu tříletého pěstování o 7,5 % výnosnější než monokultura vojtěšky (Hakl et al. 2018). Sturludóttir et al. (2014) uvádí, že téměř všechny z jedenácti směsí trav a jetelů byly výnosnější než nejproduktivnější monokultura. V průměru byly směsi produktivnější o 9, 15 a 7 % než nejproduktivnější monokultura.

Hlavní problém zmíněných taninových jetelovin je především jejich nižší výnos (Chapman et al. 2008; Hayot Carbonero et al. 2011; MacAdam & Villalba 2015), což je vylučuje pro samostatné použití pro produkci píce. Je však jen málo informací o jejich testování ve směsi spolu s výkonnou vojtěškou (Aufrère et al. 2013), nebo ve směsi s travami, které rovněž mohou kompenzovat jejich nižší výnos (Vasileva & Vasilev 2012; Sturludóttir et al. 2014; Hakl et al. 2018) a výsledná kombinace může zároveň poskytnout píci s obsahem žádoucích látek pro zvýšené využití dusíku z píce (Aufrère et al. 2013).





Obr. č. 6 a 7: Vičenec ligrus ve směsi s vojštěškou (vpravo) a jetel luční ve směsi s vojštěškou (vlevo) v první seči roku 2019 (zdroj: foto autor práce)

## 4 Metodika

### 4.1 Charakteristika stanoviště

Polní parcelový pokus probíhá na výzkumné stanici v Červeném Újezdě od roku 2018. Stanice byla otevřena v roce 1974 a leží v nadmořské výšce 398 m n. m. Půda je hnědozem se sprašovým pokryvem a středním obsahem humusu. V tabulce č. 1 je uveden dlouhodobý průměr srážek a teplot naměřený v letech 1960 – 2010 v Praha Ruzyně.

Tabulka č. 1: Dlouhodobý průměr teplot a srážek

|                   |            | Leden | Únor | Březen | Duben | Květen | Červen | Červenec | Srpen |
|-------------------|------------|-------|------|--------|-------|--------|--------|----------|-------|
| Dlouhodobý průměr | Teplota °C | -2,3  | -0,8 | 2,9    | 7,6   | 12,9   | 16,2   | 17,6     | 17,3  |
|                   | Srážky mm  | 21,6  | 21,4 | 26,3   | 34,9  | 67,2   | 63,5   | 58,7     | 67,5  |
| Normál            | Teplota °C | -1,4  | -0,3 | 3,6    | 8,5   | 13,5   | 16,2   | 18,3     | 17,9  |
|                   | Srážky mm  | 22    | 20   | 28     | 28    | 70     | 67     | 78       | 66    |

### 4.2 Desing polního pokusu

Polní experiment pro testování monokultury vojtěšky a jejích směsí s jetelovinami a travami v různých poměrech byl založen v dubnu 2018 v designu zcela znáhodněných bloků ve čtyřech opakováních (viz příloha P8). V experimentu je zařazeno celkem 24 variant, tedy celkem 96 parcel, každá o velikosti 2.5 × 7.2 m. V rámci diplomové práce je sledováno vybraných 10 variant směsí jetelovin, které zahrnují vojtěšku v kombinaci s doplňkovými jetelovinami (jetel luční, štírovník růžkatý a vičenec ligrus) v různých poměrech (75-50-25 %) doprovodné jeteloviny ve směsi. V roce 2019 proběhly 3 seče.

Tabulka č. 2: Pícniny a jejich odrůdy zařazené do experimentu

| Druh              | Zkratka v textu | Odrůda   |
|-------------------|-----------------|----------|
| vojtěška setá     | <b>LU</b>       | Zuzana   |
| štírovník růžkatý | <b>LO</b>       | Táborák  |
| jetel luční       | <b>TR</b>       | Callisto |
| vičenec ligrus    | <b>OV</b>       | ŽE OV 3  |

Tabulka č. 3: Přehled směsí zařazených do hodnocení diplomové práce a jejich výsevní poměry

| varianta | klíčivých semen na m <sup>2</sup> |     |     |     |     |
|----------|-----------------------------------|-----|-----|-----|-----|
|          | jeteloviny                        | LU  | LO  | TR  | OV  |
| 1        | 100% LU                           | 600 |     |     |     |
| 2        | 25% LU-75% LO                     | 150 | 450 |     |     |
| 3        | 50% LU-50% LO                     | 300 | 300 |     |     |
| 4        | 75% LU-25% LO                     | 450 | 150 |     |     |
| 5        | 25% LU-75% TR                     | 150 |     | 450 |     |
| 6        | 50% LU-50% TR                     | 300 |     | 300 |     |
| 7        | 75% LU-25% TR                     | 450 |     | 150 |     |
| 8        | 25% LU-75% OV                     | 150 |     |     | 450 |
| 9        | 50% LU-50% OV                     | 300 |     |     | 300 |
| 10       | 75% LU-25% OV                     | 450 |     |     | 150 |

### 4.3 Předsklizňová měření

Před každou sečí byly odebrány vzorky píce ze tří řádků a délce půl metru, který byl změřen skládacím metrem. Vzorky byly vystříhány zahradními nůžkami. Na každé parcele byla změřena 6x výška porostu pomocí talířového měřidla.

U odebraných vzorků byla v laboratořích České zemědělské univerzity píce rozdělena na jednotlivé druhy a u každého druhu byl následně stanoven počet lodyh, maximální délka lodyhy a jeho hmotnost. Všechny vzorky byly po zvážení umístěny do skříňové sušárny Venticell, kde se při teplotě 103 °C sušily do konstantní hmotnosti. Po usušení byl zjištěn hmotnostní podíl jednotlivých druhů v sušině.

### 4.4 Seč

V roce 2019 byly realizovány tři seče, jejichž termíny jsou uvedeny v tabulce č. 4. Porost byl sklizen na výšku strniště 5 cm (příloha P10). Výnos z každé parcely o sklizňové ploše 10 m<sup>2</sup> byl zvážen pomocí závěsné váhy a loktuše. Po zvážení byl odebrán vzorek o hmotnosti cca 500 g a odvezen do laboratoře České zemědělské univerzity. V laboratoři byly zváženy a vloženy do skříňové sušárny Venticell, kde se při teplotě 60 °C sušily do konstantní hmotnosti. Po usušení se vzorky znovu zvážily, aby byla zjištěna hmotnost v sušině. Tyto vzorky byly šrotovány na 6-ti milimetrovém sítu. Z našrotovaného vzorku bylo odebráno 300 ml homogenního vzorku a opatřeno příslušným označením. Takto připravené vzorky byly odeslány na spolupracující stanoviště Québec Research and Development Centre v Kanadě, pro následné analýzy.

Tabulka č. 4: Termíny seče

| Termín seče |              |
|-------------|--------------|
| 1.          | 4. června    |
| 2.          | 17. července |
| 3.          | 4. září      |

## 4.5 NIRS

Na spolupracující stanovišti Québec Research and Development Centre v Kanadě byly vzorky analyzovány pomocí technologie NIRS (Near-infrared spectroscopy). NIRS je spektrální analýza, využívající infračervené světlo. Touto metodou byly zjištěny hodnoty pro acidodetergentní vlákninu (ADF), neutrodetergentní vlákninu po úpravě vzorku amylázou (aNDF), in vitro skutečná stravitelnost (IVTD) a stravitelnost neutrodetergentní vlákniny (NDFd). Výsledky byly validovány klasickými analýzami a statistiky odhadových rovnic jsou uvedeny v tabulce č. 5, s komentáři v tabulce č. 6.

Tabulka č. 5: Statistiky přesnosti predikce jednotlivých parametrů nutriční hodnoty píce (N = počet měření, bias = ovlivněnost, slope = sklon, mean = průměr, SD = směrodatná odchylka, SEP = střední chyba predikce, RPD = podíl predikční odchylky)

| Proměnná | N  | Bias   | Slope | Mean  | SD   | SEP  | RPD  |
|----------|----|--------|-------|-------|------|------|------|
| ADF      | 21 | 2,317  | 1,050 | 306,5 | 45,8 | 15,2 | 2,98 |
| aNDF     | 35 | -2,078 | 0,998 | 388,7 | 49,2 | 16,0 | 3,02 |
| IVTD     | 35 | 2,814  | 1,011 | 839,3 | 39,7 | 11,2 | 3,60 |
| NDFd     | 35 | 3,478  | 1,096 | 586,6 | 84,6 | 27,3 | 3,08 |

Tabulka č. 6: Interpretace hodnot podílu predikční odchylky RPD pro kvalitu predikčních rovnic

|     |             |                        |
|-----|-------------|------------------------|
| RPD | >4          | excellent              |
|     | 3 - 4       | sucessfull             |
|     | 2,25 - 3    | moderately successfull |
|     | 1,75 - 2,25 | moderately usefull     |
|     | <1,75       | not acceptable         |

Neutrodetergentní vláknina po úpravě vzorku amylázou (aNDF) je složena z celulózy, hemicelulózy, ligninu. Vláknina aNDF negativně koleruje s příjmem sušiny. Takže při zvyšování aNDF v krmivu se snižuje příjem krmiv zvířaty.

Acidodetergentní vláknina (ADF) je část píce, která zůstává po ošetření kyselým detergentem. Zahrnuje celulózu a lignin. ADF negativně koleruje se stravitelností krmiva. Se zvyšováním ADF se píce stává méně stravitelnou.

## **4.6 Statistické vyhodnocení dat**

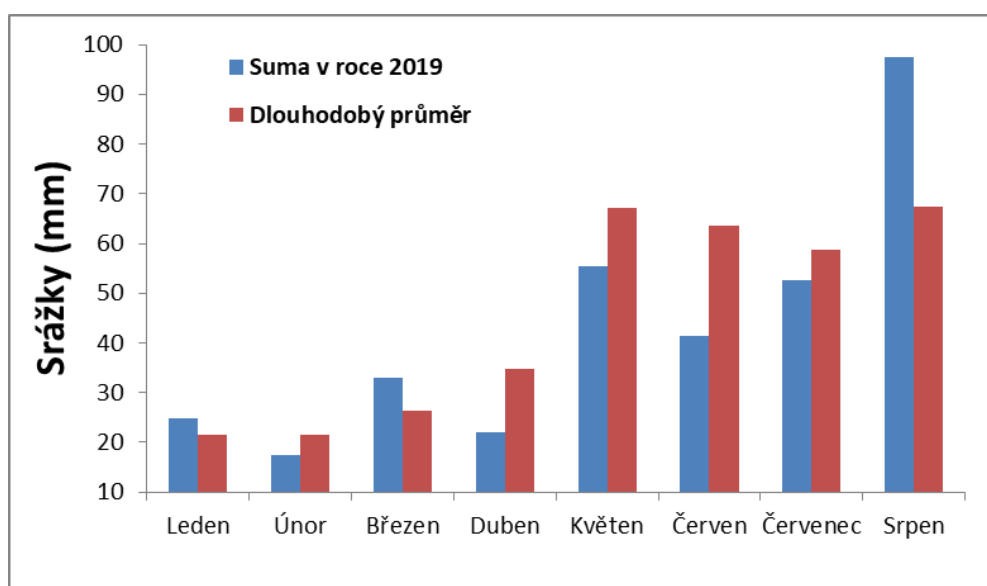
Experiment byl vyhodnocen dvoufaktorovou analýzou rozptylu hlavních efektů (varianta směsi, blok), samostatně v každé seči z důvodu výrazných rozdílů mezi sečemi v jednotlivých proměnných. Pro zjištění statisticky významných rozdílů mezi jednotlivými variantami směsi byl použit Fisherův LSD test. Všechny analýzy byly provedeny v programu Statistica 12.0.

## 5 Výsledky

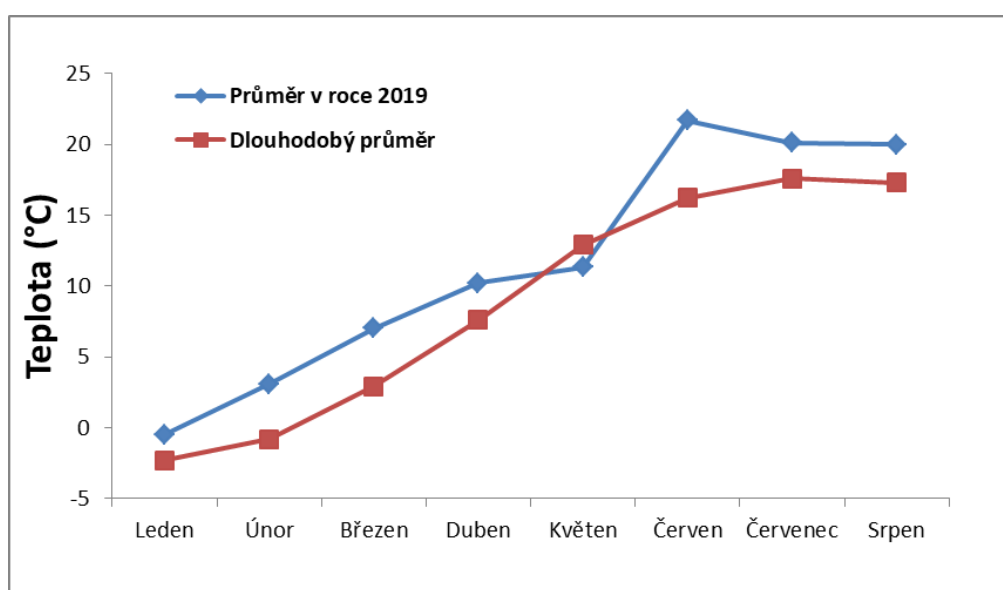
### 5.1 Srážky a teplota v roce 2019

V grafu č. 1 vidíme sumu srážek v období od ledna do srpna v roce 2019 v porovnání s dlouhodobým průměrem (Praha Ruzyně 1960 – 2010). Srážky byly podprůměrné, pouze v lednu průměrné a v březnu a srpnu nadprůměrné. Graf č. 2 ukazuje průměrnou teplotu v období od ledna do září roku 2019 v porovnání s dlouhodobým průměrem (Praha Ruzyně 1960 – 2010). Teplota byla v tomto období nadprůměrná, pouze v květnu průměrná až podprůměrná. Meteorologické údaje na VS Červený Újezd pro období 2018 – 2019, za jednotlivé měsíční dekády jsou uvedeny v příloze P9.

Graf č. 1: Srážky v roce 2019 v porovnání s dlouhodobým průměrem



Graf č. 2: Teplota v roce 2019 v porovnání s dlouhodobým průměrem



## 5.2 Výnos a struktura porostu

### 5.2.1 První seč

V tabulce P1 je uveden vliv směsi jetelovin na výnos (t/ha), výšku porostu (cm) a procentuální zastoupení jednotlivých druhů ve směsi v první seči. Statisticky průkazný rozdíl můžeme vidět ve výnosu, výšce porostu a procentuálním zastoupením jednotlivých druhů ve směsi, kromě vičence. Zaseté poměry ne vždy odpovídaly zastoupení druhů dle výsevku, kde % zastoupení vojtěšky u všech směsí vojtěšky se štírovníkem je vyšší a % zastoupení štírovníku naopak menší než zasetý podíl. Naopak jetel luční a vičenec lépe konkuruje výnosné vojtěšce a procentuální poměry rostlin relativně odpovídají zasetým poměrům. Největší výnos měla směs vojtěšky (25 %) a vičence 7,65 t/ha. Naopak nejnižší výnos měla směs vojtěšky (25 %) a štírovníku - 5,61 t/ha. Nejvyšší porost byl u monokultury vojtěšky 69,5 cm. Nejnižším porostem byla směs vojtěšky a jetele lučního 54,79 cm. Nejvyšší podíl plevelů (% ostatní) byl zjištěn u směsi vojtěšky (25 %) a jetele.

### 5.2.2 Druhá seč

V tabulce P2 je uveden vliv směsi jetelovin ve druhé seči na výnos (t/ha), výšku porostu (cm) a procentuální zastoupení jednotlivých druhů ve směsi. Statisticky průkazný rozdíl se nachází u všech sledovaných proměnných. Můžeme vidět, že výnos druhé seče je značně menší v porovnání s první sečí. Nejvýnosnější byla vojtěška (100 %) 2,65 t/ha následovaná směsí vojtěšky (50 %) se štírovníkem 2,64 t/ha. Nejméně výnosné byly směsi vojtěšky s vičencem ve všech poměrech s výnosy 0,90; 1,19 a 1,70 t/ha. Nízkých výnosů dále dosáhla směs vojtěšky (25 %) a jetele, a to 1,16 t/ha. Nejméně výnosné směsi dosahovaly zároveň i nejnižší výšky. Nejvyšším porostem byla stejně jako v první seči vojtěška 36 cm. Skutečné zastoupení jednotlivých druhů neodpovídá vyšetému podílu druhu ve směsi, jak můžeme vidět v tabulce P2. Ve druhé seči si vyšetý podíl nedokázal oproti vojtěšce udržet štírovník a jetel luční. Naopak zastoupení druhů ve směsi vojtěšky a vičence odpovídají vyšetému poměru. Plevel se v porostu nevyškytovaly.

### 5.2.3 Třetí seč

V tabulce P3 je uveden vliv směsi jetelovin ve třetí seči na výnos (t/ha), výšku porostu a procentuální zastoupení jednotlivých druhů ve směsi. Statisticky průkazný rozdíl se nachází u vlivu směsi jetelovin na výšku porostu a procentuální zastoupení jednotlivých druhů, kromě štírovníku. Statisticky významný rozdíl nebyl prokázán u vlivu směsi jetelovin na výnos. Třetí seč má také oproti první seči nízký výnos. Srážky v období mezi druhou a třetí sečí byly nadprůměrné (graf č. 1). Nejvýnosnější směs byla vojtěška (75 %) s jetelem 2,68 t/ha následovaná vojtěškou (100 %) a směsí vojtěška (50 %) se štírovníkem, obě směsi měly výnos 2,66 t/ha. Nejnižší výnos měla směs vojtěšky (50 %) s vičencem 2,23 t/ha. Nejvyšší porost tvořila vojtěška (100 %) 38 cm, stejně jako v první i druhé seči. Skutečné zastoupení jednotlivých druhů neodpovídá vyšetému podílu druhu ve směsi. Ve třetí seči si vyšetý podíl nedokázal oproti vojtěšce udržet štírovník a jetel luční. Naopak zastoupení rostlin ve směsi

vojtěšky a vičence relativně odpovídají vyšetému poměru, ale ne tak jako ve druhé seči. Výskyt plevelů byl jen sporadický.

#### **5.2.4 Celkový roční výnos jednotlivých směsí**

V tabulce P4 je uveden celkový roční výnos směsí. Mezi výnosy existuje statisticky významný rozdíl. Nejvyšší roční výnos má čistá monokultura vojtěšky 11,66 t/ha následovaná směsí vojtěšky (75 %) a jetelem lučním 11,59 t/ha. Nejnižší výnos má směs vojtěšky (25 %) s jetelem 9,58 t/ha.



## **5.3 Kvalita píce**

### **5.3.1 První seč**

V tabulce P5 jsou uvedeny parametry kvality píce z první seče. Statisticky významný rozdíl je u obsahu sušiny a NDFd. Nejvyšší obsah sušiny vidíme u směsi vojtěšky (25 % a 50 %) s vičencem. Nejmenší obsah sušiny má směs vojtěšky (25 %) a štírovníku. Směs vojtěšky (50 %) a vičence má nejvyšší obsah ADF naopak nejméně jí je ve směsi vojtěšky (25 %) a jetele. Nejvyšší obsah aNDF má směs vojtěšky (75 %) s jetelem a nejméně je zastoupena ve směsi vojtěšky (25 %) a štírovníku. NDFd je nejvyšší u směsi vojtěšky (25 %) a jetele, naopak nejmenší je u monokultury vojtěšky. IVTD je nejvyšší u směsi vojtěšky (25 %) a jetele a nejnižší u monokultury vojtěšky.

### **5.3.2 Druhá seč**

V tabulce P6 jsou uvedeny parametry kvality píce z druhé seče. Statisticky významný rozdíl je u všech závislých proměnných, jak můžeme vidět v tabulce P6. Nejvyšší obsah sušiny byl zjištěn u směsi vojtěšky (25 %) s vičencem. Nejmenší obsah sušiny má monokultura vojtěšky. Nejvyšší obsah ADF má monokultura vojtěšky naopak nejméně jí je ve směsi vojtěšky (25 %) a vičence. Nejvyšší obsah aNDF má monokultura vojtěšky a nejméně je zastoupena ve směsi vojtěšky (25 %) a vičence. NDFd je nejvyšší u směsi vojtěšky (25 %) a jetele, naopak nejmenší je u monokultury vojtěšky. IVTD je nejvyšší u směsi vojtěšky (50 %) a vičence a nejnižší u monokultury vojtěšky.

### **5.3.3 Třetí seč**

V tabulce P7 jsou uvedeny parametry kvality píce ze třetí seče. V tabulce můžeme vidět, že statisticky významný rozdíl se nachází u všech sledovaných proměnných. Nejvyšší obsah sušiny se nachází u monokultury vojtěšky. Nejméně sušiny obsahuje směs vojtěšky (25 %) a štírovníku, nejvyšší obsah ADF má směs vojtěšky (75 %) a štírovníku, naopak nejméně jí obsahuje, stejně jako ve druhé seči, směs vojtěšky (25 %) a vičence. ANDF obsahuje nejvíce směs vojtěšky (25 %) a štírovníku naopak nejméně je obsažena ve směsi vojtěšky (25 %) a vičence, stejně jako ve druhé seči. NDFd je nejvyšší u směsi vojtěšky (25 %) a jetele, naopak nejmenší je u monokultury vojtěšky, což se shoduje s druhou sečí. IVTD je nejvyšší u směsi vojtěšky (25 %) a vičence. IVTD stejně jako ve druhé seči je nejnižší u monokultury vojtěšky.

## 6 Diskuze

### 6.1 Výnos a výška porostu

Z hlediska kombinací druhů u víceletých pícnin jsou nejčastěji prováděny studie se směsmi jetelovin a trav (Sturludóttir et al. 2014; Hakl et al. 2018; Aponte et al. 2019), ale je jen málo studií, které by se zabývaly kombinacemi různých druhů jetelovin. Na základě toho se v diplomové práci zajímám o míchání směsí jetelovin. Předpokládá se, že by tyto směsi mohly být výnosnější než monokultura vojtěšky.

V první seči se výnosy pohybovaly od 5,61 do 7,65 t/ha. Mezi výnosy jednotlivých směsí existuje statisticky významný rozdíl, kdy průkazně nejvyššího výnosu dosáhla směs vojtěšky (25 %) s vičencem. To by mohlo být vysvětlováno tím, že vičenec je ranější než vojtěška (Lu et al. 2000), tím pádem měl více času na růst. Nejvyšším porostem byla monokultura vojtěšky, která dosáhla výšky 70 cm, to je v souladu s Aganga & Tshwenyane (2003), který uvádí, že vojtěška dosahuje výšky od 0,3 do 1 m, za ní následovaly nejvýnosnější směsi.

Ve druhé seči byl oproti první výnos a výška všech směsí značně sníženy, což může být připisováno nadprůměrným teplotám a podprůměrným srážkám (graf č. 1 a 2). Nejvyšší výnos měla monokultura vojtěšky 2,65 t/ha, která odolává vysokým teplotám (Aganga & Tshwenyane 2003) a za sucha předčí výnosem ostatní víceleté pícniny (Hrabě & kolektiv 2004), dále směsi vojtěška (50 a 75 %) a štírovník 2,64 a 2,41 t/ha a vojtěška (75 %) a jetel 2,44 t/ha. Vojtěška nejlépe zvládla suché a teplé období, na což ukazuje nejvyšší výnos a výška. Naopak nejnižší výnos měla směs vojtěšky (25 %) s vičencem. To je směs, která byla v první seči nejvýnosnější. Tato směs nejhůře zvládla suché a teplé období. Nejnižší výnos také může být způsoben tím, že vičenec, který je ve větším poměru než vojtěška hůře obrůstá po první jarní seči (Borreani et al. 2003). Peterson et al. (1992) uvádí, že vojtěška má za sucha o 120 % větší výnos než štírovník růžkatý a o 165 % než jetel luční. Leto et al. (2011) uvádí, že výnos jetele lučního závisí především na vlhkosti. Při dlouhodobém suchu trpí a poskytuje nižší produkci (Hrabě & kolektiv 2004). Albayrak & Türk (2013) uvádí, že stres významně snížil výnos sušiny, a že je vhodnější při nižší vlhkosti pěstovat jetel luční ve směsi než v čistém porostu. Vičenec špatně snáší dlouhé období vysokých teplot a tím dochází k poklesu výnosu. (Mora-Ortiz & Smith 2018). Tyto hodnoty korespondovaly i s výškou porostu, kde nejvyšším porostem byla monokultura vojtěšky 36 cm, směsi vojtěška (75 %) a jetel 34 cm a vojtěška (50 %) a štírovník 33cm.

Ve třetí seči porost stejně jako ve druhé seči intenzivně nerostl a i výnosy byly nízké, ovšem ne tak nízké jako ve druhé seči, což souvisí s vyššími srážkami v tomto období. Výnosy byly poměrně vyrovnané, bez velkých výkyvů, což dokládá fakt, že mezi výnosy jednotlivých směsí nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl a výnos se pohyboval od 2,23 t/ha (vojtěška 25 % a vičenec) do 2,68 t/ha (vojtěška 75 % s jetelem). Nejnižším porostem, který dosáhl 25 cm, byla směs vojtěšky (25 %) a vičence.

Jeteloviny se běžně pěstují ve směsích s travami, tyto směsi dosahují zpravidla vyšších výnosů a vyšší výživné hodnoty (Sturludóttir et al. 2014; Hakl et al. 2018; Aponte et al. 2019). Mezi celkovými ročními výnosy jednotlivých směsí byly rozdíly v rozmezí od 9,58 do 11,66 t/ha. Nejvýnosnější byla monokultura vojtěšky, jejíž výnos byl 11,66 t/ha, což je

v souladu s Murphy-Bokern et al. (2017) který uvádí, že roční výnosy monokultury vojtěšky se obvykle pohybují mezi 4 t/ha až 15 t/ha, se třemi až sedmi sklizněmi ročně v intervalech 5–8 týdnů. Ta byla následovaná směsí vojtěšky (75 %) a jetele lučního s výnosem 11,59 t. Tucak et al. (2013) uvádí výnos píce jetele lučního od 9,18 do 10,8 tun na hektar. Výnos pod 10 t/ha měly pouze dvě směsi a to směs se 75 % jetele lučního a směs s 50 % vičence ligrus. Cooper (1979) uvádí, že vičenec ligrus ve směsi s vojtěškou nezvýšil výnos, mohl by však nahradit trávu, která se k vojtěšce často přidává. Celkové roční výnosy směsí nepřevýšily výnos monokultury vojtěšky, ale některé směsi zvládnou držet krok s výnosnou vojtěškou. Kombinace 25 % jetele lučního s vojtěškou poskytla výnosy srovnatelné s monokulturou vojtěšky. Překvapivé je, že štírovník (50%), málo výnosná jetelovina, ve směsi s vojtěškou je směs se třetím nejvyšším ročním výnosem. Z hlediska výnosnosti porostu lze usuzovat, že vhodné kombinace ostatních druhů jetelovin s vojtěškou jsou schopny poskytnout srovnatelný výnos sušiny, ale zároveň přinesou do sklizené píce vhodné látky.

## 6.2 Kvalita píce a podíl žádoucích druhů

Výsledky ukazují, že štírovník ve směsi s vojtěškou si nebyl schopen udržet vysetý podíl a skutečné zastoupení štírovníku ve sklizené píci je značně menší. To může být způsobeno tím, že štírovník růžkatý má špatnou konkurenceschopnost (MacAdam et al. 2006). Vojtěška dorůstá výrazně vyšší výšky a tak menším druhům stíní a má ve směsích konkurenční výhodu. Má vyšší schopnost soutěžit o světlo v důsledku vzpřímených výhonů, úhlů listů a velké plochy listů v horních vrstvách lodyhy (Murphy-Bokern et al. 2017), což může vysvětlit menší zastoupení štírovníku růžkatého ve směsích. Ovšem ani jetel nezvládl konkurovat vojtěšce. Pouze v první seči se skutečné zastoupení jetele ve směsi s vojtěškou blíží vysetým poměrům. Zde je hlavní příčinou vyšší závislost produktivity jetele na srážkách a vlhkosti prostředí (Hrabě & kolektiv 2004). Vičenec je vysoký druh a má konkurenční výhodu v porovnání se štírovníkem růžkatým, ale ne nad vojtěškou (Cooper 1979). I přes to vičenec jako jediný dokázal udržet skutečně vyseté poměry a dokonce je i převýšil, tak, že vojtěška byla lehce potlačena, především v první seči. Poté se však ukazuje jako problematické pomalé obrůstání vičence po seči (Borreani et al. 2003), což se nejvýrazněji projevilo v druhé seči v kombinaci se suchem.

Vojtěška má oproti ostatním druhům nejméně stravitelnou NDF, což koresponduje s dopadem jejího vyššího podílu ve směsi na tento parametr. Ve třetí seči má nižší stravitelnost pouze směs vojtěšky (75 %) se štírovníkem. To může být způsobeno tím, že vojtěška je v převažujícím množství a také, že štírovník není konkurenční druh (MacAdam et al. 2006), čímž byl vysetý podíl ještě snížen. V první i druhé seči má nižší IVTD než ostatní směsi. IVTD a NDFd je u vojtěšky nižší než u jetele lučního. Koncentrace ADF je u vojtěšky vyšší, než u jetele lučního (Andrzejewska et al. 2016).

Vičenec podporuje vyšší NDFd a IVTD sklizené směsi, to ovšem neplatí pro první seč. Vyšší kvalita vičence je v souladu s (Marais et al. 2000; Wang et al. 2015). Směsi s vičencem mají ve druhé a třetí seči nižší hodnotu ADF oproti vojtěšce i ostatním směsím. Theodoridou et al. (2011) uvádí, že vojtěška a vičenec vykázaly podobný trend ve změnách koncentrace NDF, ale vojtěška měla vyšší koncentraci NDF, to by mohlo vysvětlovat, že vičenec ve směsi s vojtěškou konzistentně snižuje NDF, oproti monokultuře vojtěšky. To

ovšem neplatí pro první seč, kde není mezi hodnotami NDF významný rozdíl, to ale může být způsobeno tím, že vičenec dorostl stejné výšky jako vojtěška. V prvních dvou sečích mají směsi s vičenecem nejvyšší obsah sušiny, ovšem ve třetí má směs vojtěšky (25 %) a vičence nejnižší sušinu.

Z hlediska NDFd se jeví jako nejlepší směsi s jetelem. Jetel luční ve směsi s vojtěškou zvyšuje hodnotu NDFd a IVTD. To je v souladu s Andrzejewska et al. (2016), kteří uvádí, že jetel luční má tyto hodnoty vyšší než vojtěška a tím pádem jeho přidání do směsi vede ke zvýšení těchto hodnot. Směsi s jetelem mají nižší hodnotu ADF než monokultura vojtěšky, což je v souladu s Andrzejewska et al. (2016), kteří uvádí, že jetel má nižší hodnotu ADF než vojtěška, to znamená, že jetel ve směsi s vojtěškou hodnotu ADF snižuje. V první seči mají nejvyšší stravitelnost směsi vojtěšky (25 a 50 %) s jetelem, to ovšem neplatí ve druhé a třetí seči. Pokles stravitelnosti je spojen se zvýšenou koncentrací ADF, což je v souladu s Theodoridou et al. (2011).

Také směsi se štírovníkem mají v první a druhé seči nižší hodnotu ADF než monokultura vojtěšky. Stejně tak aNDF je ve všech sečích oproti vojtěšce nižší. Z toho plyne lepší hodnota IVTD a NDFd. I ve třetí seči kde má monokultura oproti směsím nižší hodnotu ADF je směs se štírovníkem stravitelnější než monokultura vojtěšky.

Jeteloviny jako jetel luční, štírovník růžkatý a vičenec ligrus snižují hodnotu ADF a aNDF. To může být vysvětleno tím, že ve stejné fázi sklizně měl štírovník a jetel nižší ADF než vojtěška (Cassida et al. 2000). Tyto dvě jeteloviny by mohly snižovat ADF. Jetel a vičenec mají lépe stravitelnou NDF. Tyto směsi jetelovin mají vyšší hodnotu IVDT, než monokultura vojtěšky. Jetel a štírovník růžkatý byly většinou podobný v hodnotě NDF a ADF (Cassida et al. 2000), což je v souladu s našimi výsledky u směsí vojtěšky s těmito jetelovinami.

Míchání méně výnosných doplňkových jetelovin s výnosnou vojtěškou je výhodné. Vojtěška udrží výnos směsi i za suchých podmínek (Hrabě & kolektiv 2004) a doplňkové jeteloviny zlepšují kvalitu píče. Nejvíce kvalitu píče zlepšuje vičenec a jetel luční u těchto druhů je kvalita píče konzistentně lepší. U směsí se štírovníkem růžkatým došlo k nejmenšímu zlepšení stravitelnosti a to zpravidla jen u směsi vojtěšky (25 %). To ovšem může být vysvětlováno tím, že štírovník růžkatý si nedokázal udržet vysetý podíl ve směsi. Tyto směsi jsou lépe stravitelné a doplňkové jeteloviny mohou přinést do směsi prospěšné látky, jako jsou kondenzované taniny nebo polyfenoloxidázy (Aufrère et al. 2013). Tyto látky poskytují výhody jako je snížená tvorba nadbytku amoniaku v bachoru a zlepšení příjmu potravy v důsledku snížení sensorické specifické sytosti (Lagrange et al. 2019). Pozitivní dopady jejich zařazení do směsi na zastoupení frakcí NL a jejich poměr k vodorozpustným sacharidům ukážou až analýzy dalších výsledků, které zatím nejsou k dispozici.

## 7 Závěr

Cílem této práce bylo ověřit vliv pěstování vojtěšky seté v kombinaci s doplňkovou jetelovinou na výnos a nutriční hodnotu píce. Výsledky potvrdily, že:

- Žádná z testovaných směsí nepřekonala výnos monokultury vojtěšky.
- Vojtěška poskytla nižší hodnoty stravitelnosti NDFd i IVTD.
- Jetel luční ve vysokém zastoupení nejvíce snižoval výnos píce z důvodu jeho náchylnosti k suchu. Z hlediska kvality konzistentně zvyšoval NDFd ve všech sečích, ale bez významných rozdílů v obsahu aNDF.
- Vičenec jako jediný z doplňkových druhů udržel zastoupení ve směsi. V první seči byl kvůli intenzivnímu růstu kvalitativně srovnatelný s vojtěškou, ve druhé a třetí seči snižoval ADF a podporoval vyšší NDFd a IVTD sklizené píce.
- Produktivita směsí se štírovníkem byla poměrně dobrá a dosáhla třetího nejvyššího ročního výnosu, i přes to, že si druh neudržel zastoupení ve směsi. Kvalitativně se projevil pozitivně, neboť s jeho klesajícím zastoupením ve směsi stoupala hodnota aNDF a ADF a snižovala se IVTD.

Experiment dále pokračuje a další výsledky umožní posoudit, zda se zvýšený podíl ostatních jetelovin ve směsi projeví i ve zvýšeném využití proteinů přežvýkavci. Předpokládá se, že rostlinné sloučeniny, polyfenoloxidázy a kondenzované taniny, mohou zvýšit využití proteinu z jetelovin díky vytváření stabilních komplexů pomocí reverzibilních vazeb.

## 8 Literatura

- Aganga AA, Tshwenyane SO. 2003. Lucerne, Lablab and *Leucaena leucocephala* Forages: Production and Utilization for Livestock Production. *Pakistan Journal of Nutrition* **2**:46-53.
- Albayrak S, Türk M. 2013. Changes in the forage yield and quality of legume–grass mixtures throughout a vegetation period. *Turk J Agric For* **37**:139-147.
- Andrzejewska J, Contreras-Govea FE, Pastuszka A, Albrecht KA. 2016. Performance of Kura clover compared to that of perennial forage legumes traditionally cultivated in central Europe. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science* **66**:516-522.
- Aponte A, Samarappuli D, Berti MT. 2019. Alfalfa-Grass Mixtures in Comparison to Grass and Alfalfa Monocultures. *Agronomy Journal* **111**:628-638.
- Aufrère J, Dudilieu M, Andueza D, Poncet C, Baumont R. 2013. Mixing sainfoin and lucerne to improve the feed value of legumes fed to sheep by the effect of condensed tannins. *Animal* **7**:82-92.
- Avci M, Hatipoglu R, Çınar S, Kiliçalp N. 2017. Assessment of yield and quality characteristics of alfalfa (*Medicago sativa* L.) cultivars with different fall dormancy rating. *Legume Research - An international journal* **41**:369-373.
- Bach A, Calsamiglia S, Stern MD. 2005. Nitrogen Metabolism in the Rumen. *Journal of dairy science* **88**:9-21.
- Borreani G, Peiretti PG, Tabacco E. 2003. Evolution of yield and quality of sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) in the spring growth cycle. *Agronomie* **23**:193-201.
- Cassida KA, Griffin TS, Rodriguez J, Patching SC, Hesterman OB, Rust SR. 2000. Protein Degradability and Forage Quality in Maturing Alfalfa, Red Clover, and Birdsfoot Trefoil. *Crop Science* **40**:209-215.
- Chapman G, Bork E, Donkor N, Hudson R. 2008. Forage Yield and Quality of Chicory, Birdsfoot Trefoil, and Alfalfa During the Establishment Year. *The Open Agriculture Journal* **2**:68-74.
- Chaudhary N, Tripathi S. 2014. A review on chemical and biological activity of *Trifolium Pretense*. *PharmaTutor* **2**:93-101.

- Chen D, Peel MD, Olson KC, Weimer BC, DeWald DB. 2009. Differential ruminal degradation of alfalfa proteins. *Canadian Journal of Plant Science* **89**:1065-1074.
- Churkova BG. 2012. Biochemical characterization of species and populations Birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus* L.) grown in the region of troyan. *Banat's Journal of Biotechnology* **3**:51-57.
- Cooper CS. 1979. Evaluation of Legume Mixtures for Hay Plantings <sup>1</sup>. *Agronomy Journal* **71**:81-83.
- Dewhurst RJ, Delaby L, Moloney A, Boland T, Lewis E. 2009. Nutritive value of forage legumes used for grazing and silage. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* **48**:167-187.
- Dijkstra J, Reynolds CK, Kebreab E, Bannink A, Ellis JL, France J, van Vuuren AM. 2013. Challenges in ruminant nutrition: towards minimal nitrogen losses in cattle. Wageningen Academic Publishers.
- Döring T, Storkey J, Baddeley J, Crowley O, Howlett S, McCalman H, Pearce H, Roderick S, Jones H. 2012. Legume based plant mixtures for delivery of multiple ecosystem services: An overview of benefits. *Agriculture and the Environment IX, Valuing Ecosystems: Policy, Economic and Management Interactions*:150-155.
- Drobná J, Jančovič J. 2011. Estimation of red clover (*Trifolium pratense* L.) forage quality parameters depending on the variety, cut and growing year. *Plant, Soil and Environment* **52**:468-475.
- Evers GW. 2011. Forage Legumes: Forage Quality, Fixed Nitrogen, or Both. *Crop Science* **51**:403-409.
- Grabber JH. 2009. Forage management effects on protein and fiber fractions, protein degradability, and dry matter yield of red clover conserved as silage. *Animal Feed Science and Technology* **154**:284-291.
- Hakl J, Fuksa P, Konečná J, Šantrůček J. 2016. Differences in the crude protein fractions of lucerne leaves and stems under different stand structures. *Grass and Forage Science* **71**:413-423.
- Hakl J, Pisarčík M, Fuksa P, Šantrůček J. 2018. Development of lucerne root morphology traits in lucerne-grass mixture in relation to forage yield and root disease score. *Field Crops Research* **226**:66-73.
- Hayot Carbonero C, Mueller-Harvey I, Brown TA, Smith L. 2011. Sainfoin (*Onobrychis viciifolia*): a beneficial forage legume. *Plant Genetic Resources* **9**:70-85.

- Hrabě F, kolektiv. 2004. Trávy a jetelovino trávy v zemědělské praxi. Vydavatelství ing. Petr Baštan, Olomouc.
- Julier B, Guines F, Emile J-C, Huyghe C. 2003. Variation in protein degradability in dried forage legumes. *Animal Research* **52**:401-412.
- Lagrange S, Lobón S, Villalba JJ. 2019. Gas production kinetics and in vitro degradability of tannin-containing legumes, alfalfa and their mixtures. *Animal Feed Science and Technology* **253**:56-64.
- Lapierre H, Lobley GE. 2001. Nitrogen Recycling in the Ruminant: A Review. *Journal of Dairy Science* **84**:223-236.
- Lee MR, Parfitt LJ, Scollan ND, Minchin FR. 2007. Lipolysis in red clover with different polyphenol oxidase activities in the presence and absence of rumen fluid. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **87**:1308-1314.
- Lee MRF, Theobald VJ, Tweed JKS, Winters AL, Scollan ND. 2009a. Effect of feeding fresh or conditioned red clover on milk fatty acids and nitrogen utilization in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* **92**:1136-1147.
- Lee MRF, Tweed JKS, Minchin FR, Winters AL. 2009b. Red clover polyphenol oxidase: Activation, activity and efficacy under grazing. *Animal Feed Science and Technology* **149**:250-264.
- Leto J, Knežević M, Bošnjak K, Maćešić D, Štafa Z, Kozumplik V. 2011. Yield and forage quality of red clover (*Trifolium pratense* L.) cultivars in the lowland and the mountain regions. *Plant, Soil and Environment* **50**:391-396.
- Licitra G, Hernandez TM, Van Soest PJ. 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology* **57**:347-358.
- Lu Y, Sun Y, Foo LY, McNabb WC, Molan AL. 2000. Phenolic glycosides of forage legume *Onobrychis viciifolia*. *Phytochemistry* **55**:67-75.
- MacAdam J, Villalba J. 2015. Beneficial Effects of Temperate Forage Legumes that Contain Condensed Tannins. *Agriculture* **5**:475-491.
- MacAdam JW, Griggs TC, Beuselinck PR, Grabber JH. 2006. Birdsfoot Trefoil, a Valuable Tannin-Containing Legume for Mixed Pastures. *Plant Health Progress* **9**:1-12.



- Maćešić D, Uher D, Sikora S, Blažinkov M, Štafa Z. 2007. Yield and height of alfalfa (*Medicago sativa* L.) effected by rhizobial inoculation. *Cereal Research Communications* **35**:737-740.
- Marais JPI, Mueller-Harvey I, Brandt EV, Ferreira D. 2000. Polyphenols, Condensed Tannins, and Other Natural Products in *Onobrychis viciifolia* (Sainfoin). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **48**:3440-3447.
- Marley CL, Fychan R, Jones R. 2006. Yield, persistency and chemical composition of Lotus species and varieties (birdsfoot trefoil and greater birdsfoot trefoil) when harvested for silage in the UK. *Grass and Forage Science* **61**:134-145.
- Merchen NR, Elizalde JC, Drackley JK. 1997. Current perspective on assessing site of digestion in ruminants. *Journal of Animal Science* **75**:2223-2234.
- Mielmann A. 2013. The utilisation of lucerne ( *Medicago sativa* ): a review. *British Food Journal* **115**:590-600.
- Min BR, Attwood GT, McNabb WC, Molan AL, Barry TN. 2005. The effect of condensed tannins from Lotus corniculatus on the proteolytic activities and growth of rumen bacteria. *Animal Feed Science and Technology* **121**:45-58.
- Min BR, Barry TN, Attwood GT, McNabb WC. 2003. The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages: a review. *Animal Feed Science and Technology* **106**:3-19.
- Mora-Ortiz M, Smith LMJ. 2018. *Onobrychis viciifolia* ; a comprehensive literature review of its history, etymology, taxonomy, genetics, agronomy and botany. *Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization* **16**:403-418.
- Murphy-Bokern D, Stoddard F, Watson C. 2017. Legumes in cropping systems. CABI.
- Obitsu T, Taniguchi K. 2009. Quantitative Comparison of Diversity and Conformity in Nitrogen Recycling of Ruminants. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* **22**:440-447.
- Pacheco D, Waghorn GC. 2008. Dietary nitrogen – definitions, digestion, excretion and consequences of excess for grazing ruminants **70**:107-116.
- Peterson PR, Sheaffer CC, Hall MH. 1992. Drought Effects on Perennial Forage Legume Yield and Quality. *Agronomy Journal* **84**:774-779.
- Peyraud JL. 2009. Potential food production from forage legume-based-systems in Europe: an overview. *rish Journal of Agricultural and Food Research* **48**:115-135.

- Radić V, Gatarić Đ, Đurić B. 2011. Correlation between the yield and the yield components of *Lotus corniculatus* L. genotypes. 46th Croatian & 6th International Symposium on Agriculture, Opatija, Croatia:473-476.
- Reynolds CK, Kristensen NB. 2008. Nitrogen recycling through the gut and the nitrogen economy of ruminants: An asynchronous symbiosis. *Journal of Animal Science* **86**:293-305.
- Rochon JJ, Doyle CJ, Greef JM, Hopkins A, Molle G, Sitzia M, Scholefield D, Smith CJ. 2004. Grazing legumes in Europe: a review of their status, management, benefits, research needs and future prospects. *Grass and Forage Science* **59**:197-214.
- Rodríguez R, Sosa A, Rodríguez Y. 2007. Microbial protein synthesis in rumen and its importance to ruminants. *Cuban Journal of Agricultural Science* **41**:287-294.
- Sareen S. 2004. Seed production potential in birdsfoot trefoil. *Lotus Newsletter* **34**:5-11.
- Sturludóttir E, Brophy C, Bélanger G, Gustavsson A-M, Jørgensen M, Lunnan T, Helgadóttir Á. 2014. Benefits of mixing grasses and legumes for herbage yield and nutritive value in Northern Europe and Canada. *Grass and Forage Science* **69**:229-240.
- Theodoridou K, Aufrère J, Andueza D, Le Morvan A, Picard F, Stringano E, Pourrat J, Mueller-Harvey I, Baumont R. 2011. Effect of plant development during first and second growth cycle on chemical composition, condensed tannins and nutritive value of three sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) varieties and lucerne: Effect of plant development of sainfoin and lucerne. *Grass and Forage Science* **66**:402-414.
- Tremblay GF, Michaud R, Bélanger G. 2003. Protein fractions and ruminal undegradable proteins in alfalfa. *Canadian Journal of Plant Science* **83**:555-559.
- Tucak M, Popović S, Čupić T, Španić V, Meglič V. 2013. Variation in yield, forage quality and morphological traits of red clover (*Trifolium pratense* L.) breeding populations and cultivars. *Zemdirbyste-Agriculture* **100**:63-70.
- Ulyatt MJ, Lancashire JA, Jones WT. 1977. The nutritive value of legumes. The nutritive value of legumes. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association* **38**:107-118.
- Vasileva V, Vasilev E. 2012. Study on Productivity of some Legume Crops in Pure Cultivation and Mixtures. *Agriculturae Conspectus Scientificus* **77**:91-94.
- Waghorn GC, Douglas GB, Niezen JH, McNabb WC, Foote AG. 1998. Forages with condensed tannins - their management and nutritive value for ruminants. *Proceedings of the Conference-New Zealand Grassland Association* **60**:89-98.

Wang Y, McAllister TA, Acharya S. 2015. Condensed Tannins in Sainfoin: Composition, Concentration, and Effects on Nutritive and Feeding Value of Sainfoin Forage. *Crop Science* **55**:13-22.

Winters AL, Minchin FR. 2001. Red clover and the future for pasture legumes as an alternative protein source for ruminants. *IGER Innov* **5**:30-33.

## 9 Seznam použitých zkratek a symbolů

ADF acidodetergentní vláknina  
aNDF neutrodetergentní vláknina po úpravě vzorku amylázou  
ATP Adenosintrifosfát  
CH<sub>4</sub> metan  
CP hrubý protein  
CT kondenzované taniny  
DNA deoxyribonukleová kyselina  
DM sušina  
GIT gastrointestinální trakt  
IVTD *in vitro* skutečná stravitelnost  
ME metabolizovaná energie  
MP metabolitovaný protein  
N dusík  
NAN neamoniakální dusík  
NDF neutrodetergentní vláknina  
NDFd stravitelnost neutrodetergentní vlákniny  
NH<sub>3</sub> amoniak  
NIRS Near-infrared spectroscopy  
PDIA protein stravitelný ve střevě  
PPO polyfenoloxidáza  
PUFA polynenasycených mastných kyselin  
RDP ruminálně degradovaný protein  
RNA ribonukleová kyselina  
RUP protein nerozložitelný v bachoru  
SFA nasycené mastné kyseliny

## 10 Samostatné přílohy

Tabulka P1: Vliv směsi jetelovin na výnos, výšku a procentuální zastoupení druhů ve směsi v první seči

| Číslo směsi    | Podíl druhů ve směsi | Výnos (t/ha)        | Výška porostu (cm)   | % Vojtěšky (LU)     | % Štírovníku (LO)  | % Jetel luční (TR) | % Vičence (CS) | % Ostatní        |
|----------------|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|--------------------|--------------------|----------------|------------------|
| 1              | 100% LU              | 6,35 <sup>abc</sup> | 69,5 <sup>d</sup>    | 99,8 <sup>f</sup>   |                    |                    |                | 0,2 <sup>a</sup> |
| 2              | 25% LU-75% LO        | 5,61 <sup>b</sup>   | 55,5 <sup>b</sup>    | 54,6 <sup>ae</sup>  | 42,6 <sup>b</sup>  |                    |                | 2,8 <sup>a</sup> |
| 3              | 50% LU-50% LO        | 5,9 <sup>ab</sup>   | 58,5 <sup>bc</sup>   | 72,9 <sup>de</sup>  | 26,1 <sup>ab</sup> |                    |                | 1,0 <sup>a</sup> |
| 4              | 75% LU-25% LO        | 6,06 <sup>abc</sup> | 60,46 <sup>abc</sup> | 87,5 <sup>df</sup>  | 10,9 <sup>a</sup>  |                    |                | 1,6 <sup>a</sup> |
| 5              | 25% LU-75% TR        | 5,87 <sup>ab</sup>  | 54,79 <sup>b</sup>   | 30,8 <sup>bc</sup>  |                    | 60 <sup>a</sup>    |                | 9,3 <sup>b</sup> |
| 6              | 50% LU-50% TR        | 6,16 <sup>abc</sup> | 60,58 <sup>abc</sup> | 53,2 <sup>a</sup>   |                    | 44,3 <sup>a</sup>  |                | 2,5 <sup>a</sup> |
| 7              | 75% LU-25% TR        | 6,47 <sup>ac</sup>  | 67,42 <sup>ad</sup>  | 79,4 <sup>d</sup>   |                    | 19,4 <sup>b</sup>  |                | 1,3 <sup>a</sup> |
| 8              | 25% LU-75% CS        | 7,65 <sup>d</sup>   | 66,29 <sup>ad</sup>  | 21,2 <sup>b</sup>   |                    |                    | 78,1           | 0,7 <sup>a</sup> |
| 9              | 50% LU-50% CS        | 6,48 <sup>ac</sup>  | 62,83 <sup>acd</sup> | 36,2 <sup>abc</sup> |                    |                    | 61,1           | 2,7 <sup>a</sup> |
| 10             | 75% LU-25% CS        | 6,76 <sup>c</sup>   | 64,58 <sup>acd</sup> | 43,3 <sup>ac</sup>  |                    |                    | 56,1           | 0,6 <sup>a</sup> |
| <b>p-value</b> |                      | 0,002               | 0,002                | <0.001              | 0,016              | 0,009              | 0,247          | 0,013            |

Rozdílné písmenné indexy značí signifikantní rozdíl Fisherova LSD testu mezi jednotlivými variantami uvnitř sloupců na hladině významnosti  $\alpha=0,05$

Tabulka P2: Vliv směsi jetelovin na výnos, výšku a procentuální zastoupení rostlin ve směsi ve druhé seči

| Číslo směsi    | Podíl druhů ve směsi | Výnos (t/ha)       | Výška porostu (cm) | % Vojtěšky (LU)    | % Štírovníku (LO)  | % Jetel luční (TR) | % Vičence (CS)    | % Ostatní |
|----------------|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-----------|
| 1              | 100% LU              | 2,65 <sup>a</sup>  | 36 <sup>b</sup>    | 100 <sup>d</sup>   |                    |                    |                   | 0         |
| 2              | 25% LU-75% LO        | 2,29 <sup>a</sup>  | 30 <sup>a</sup>    | 67,9 <sup>a</sup>  | 32,1 <sup>b</sup>  |                    |                   | 0         |
| 3              | 50% LU-50% LO        | 2,64 <sup>a</sup>  | 33 <sup>ab</sup>   | 80,3 <sup>b</sup>  | 19,7 <sup>ab</sup> |                    |                   | 0         |
| 4              | 75% LU-25% LO        | 2,41 <sup>a</sup>  | 32 <sup>ab</sup>   | 96,2 <sup>cd</sup> | 3,8 <sup>a</sup>   |                    |                   | 0         |
| 5              | 25% LU-75% TR        | 1,16 <sup>bc</sup> | 25 <sup>c</sup>    | 74,2 <sup>ab</sup> |                    | 25,8 <sup>b</sup>  |                   | 0         |
| 6              | 50% LU-50% TR        | 2,12 <sup>ad</sup> | 32 <sup>ab</sup>   | 84,9 <sup>bc</sup> |                    | 15,1 <sup>ab</sup> |                   | 0         |
| 7              | 75% LU-25% TR        | 2,44 <sup>a</sup>  | 34 <sup>ab</sup>   | 93,9 <sup>cd</sup> |                    | 6,2 <sup>a</sup>   |                   | 0         |
| 8              | 25% LU-75% CS        | 0,90 <sup>b</sup>  | 20 <sup>c</sup>    | 24,5 <sup>e</sup>  |                    |                    | 75,5 <sup>c</sup> | 0         |
| 9              | 50% LU-50% CS        | 1,19 <sup>bc</sup> | 23 <sup>c</sup>    | 53,3 <sup>f</sup>  |                    |                    | 46,7 <sup>b</sup> | 0         |
| 10             | 75% LU-25% CS        | 1,70 <sup>cd</sup> | 25 <sup>c</sup>    | 68,3 <sup>a</sup>  |                    |                    | 31,7 <sup>a</sup> | 0         |
| <b>p-value</b> |                      | <0.001             | <0.001             | <0.001             | 0,029              | 0,022              | <0.001            |           |

II

Rozdílné písmenné indexy značí signifikantní rozdíl Fisherova LSD testu mezi jednotlivými variantami uvnitř sloupců na hladině významnosti  $\alpha=0,05$

Tabulka P3: Vliv směsi jetelovin na výnos, výšku a procentuální zastoupení rostlin ve směsi ve třetí seči

| Číslo směsi    | Podíl druhů ve směsi | Výnos (t/ha) | Výška porostu (cm) | % Vojtěšky (LU)    | % Štírovníku (LO) | % Jetel luční (TR) | % Vičence (CS)     | % Ostatní        |
|----------------|----------------------|--------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|------------------|
| 1              | 100% LU              | 2,66         | 38 <sup>b</sup>    | 100 <sup>c</sup>   |                   |                    |                    | 0,1 <sup>a</sup> |
| 2              | 25% LU-75% LO        | 2,62         | 33 <sup>ac</sup>   | 59,7 <sup>a</sup>  | 39,2              |                    |                    | 1,2 <sup>a</sup> |
| 3              | 50% LU-50% LO        | 2,66         | 37 <sup>ab</sup>   | 79,9 <sup>b</sup>  | 19,2              |                    |                    | 1 <sup>a</sup>   |
| 4              | 75% LU-25% LO        | 2,61         | 37 <sup>ab</sup>   | 86,6 <sup>bc</sup> | 11,9              |                    |                    | 1,5 <sup>a</sup> |
| 5              | 25% LU-75% TR        | 2,55         | 31 <sup>c</sup>    | 55,3 <sup>a</sup>  |                   | 41,9 <sup>b</sup>  |                    | 2,7 <sup>a</sup> |
| 6              | 50% LU-50% TR        | 2,55         | 37 <sup>ab</sup>   | 79, <sup>bd</sup>  |                   | 19,4 <sup>a</sup>  |                    | 1,6 <sup>a</sup> |
| 7              | 75% LU-25% TR        | 2,68         | 37 <sup>ab</sup>   | 86 <sup>bc</sup>   |                   | 13,4 <sup>a</sup>  |                    | 0,7 <sup>a</sup> |
| 8              | 25% LU-75% CS        | 2,44         | 25 <sup>d</sup>    | 29 <sup>e</sup>    |                   |                    | 65,4 <sup>b</sup>  | 5,6 <sup>b</sup> |
| 9              | 50% LU-50% CS        | 2,23         | 28 <sup>cd</sup>   | 48,8 <sup>a</sup>  |                   |                    | 50,2 <sup>ab</sup> | 1 <sup>a</sup>   |
| 10             | 75% LU-25% CS        | 2,51         | 33 <sup>ac</sup>   | 61,2 <sup>ad</sup> |                   |                    | 35,3 <sup>a</sup>  | 3,5 <sup>b</sup> |
| <b>p-value</b> |                      | 0,366        | <0.001             | <0.001             | 0,128             | 0,035              | 0,026              | 0,021            |

Rozdílné písmenné indexy značí signifikantní rozdíl Fisherova LSD testu mezi jednotlivými variantami uvnitř sloupců na hladině významnosti  $\alpha=0,05$

Tabulka P4: Celkový roční výnos jednotlivých směsí

| Číslo směsi    | Podíl druhů ve směsi | Výnos (t/ha)         |
|----------------|----------------------|----------------------|
| 1              | 100% LU              | 11,66 <sup>a</sup>   |
| 2              | 25% LU-75% LO        | 10,52 <sup>abc</sup> |
| 3              | 50% LU-50% LO        | 11,19 <sup>a</sup>   |
| 4              | 75% LU-25% LO        | 11,08 <sup>ab</sup>  |
| 5              | 25% LU-75% TR        | 9,58 <sup>c</sup>    |
| 6              | 50% LU-50% TR        | 10,83 <sup>ab</sup>  |
| 7              | 75% LU-25% TR        | 11,59 <sup>a</sup>   |
| 8              | 25% LU-75% CS        | 10,99 <sup>ab</sup>  |
| 9              | 50% LU-50% CS        | 9,90 <sup>bc</sup>   |
| 10             | 75% LU-25% CS        | 10,97 <sup>ab</sup>  |
| <b>p-value</b> |                      | 0,022                |

Rozdílné písmenné indexy značí signifikantní rozdíl Fisherova LSD testu mezi jednotlivými variantami uvnitř sloupců na hladině významnosti  $\alpha=0,05$



Tabulka P5: Vliv směsi jetelovin na obsah sušiny, acidodetergentní vlákninu, neutrodetergentní vlákninu po úpravě vzorku amylázou, in vitro skutečnou stravitelnost a stravitelnost neutrodetergentní vlákniny v první seči

| Číslo směsi    | Podíl druhů ve směsi | obsah sušiny<br>(DM) | ADF<br>g/kg DM | aNDF<br>g/kg DM | IVTD<br>g/kg DM | NDFd<br>g/kg aNDF |
|----------------|----------------------|----------------------|----------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| 1              | 100% LU              | 25,8 <sup>abc</sup>  | 378            | 442             | 743             | 403 <sup>a</sup>  |
| 2              | 25% LU-75% LO        | 22,6 <sup>d</sup>    | 357            | 406             | 769             | 440 <sup>ab</sup> |
| 3              | 50% LU-50% LO        | 23,1 <sup>d</sup>    | 357            | 414             | 758             | 410 <sup>a</sup>  |
| 4              | 75% LU-25% LO        | 26,9 <sup>abc</sup>  | 369            | 442             | 750             | 422 <sup>a</sup>  |
| 5              | 25% LU-75% TR        | 25,4 <sup>abe</sup>  | 346            | 439             | 789             | 507 <sup>c</sup>  |
| 6              | 50% LU-50% TR        | 25,2 <sup>ae</sup>   | 347            | 435             | 779             | 476 <sup>bc</sup> |
| 7              | 75% LU-25% TR        | 23,5 <sup>de</sup>   | 375            | 458             | 757             | 444 <sup>ab</sup> |
| 8              | 25% LU-75% CS        | 27,4 <sup>c</sup>    | 381            | 437             | 756             | 411 <sup>a</sup>  |
| 9              | 50% LU-50% CS        | 27,4 <sup>bc</sup>   | 392            | 453             | 751             | 406 <sup>a</sup>  |
| 10             | 75% LU-25% CS        | 26,0 <sup>abc</sup>  | 375            | 431             | 756             | 414 <sup>a</sup>  |
| <b>p-value</b> |                      | <0.001               | 0,069          | 0,295           | 0,107           | 0,004             |

Rozdílné písmenné indexy značí signifikantní rozdíl Fisherova LSD testu mezi jednotlivými variantami uvnitř sloupců na hladině významnosti  $\alpha=0,05$

Tabulka P6: Vliv směsi jetelovin na obsah sušiny, acidodetergentní vlákninu, neutrodetergentní vlákninu po úpravě vzorku amylázou, in vitro skutečnou stravitelnost a stravitelnost neutrodetergentní vlákniny ve druhé seči

| Číslo směsi    | Podíl druhů ve směsi | obsah sušiny<br>(DM) | ADF<br>g/kg DM    | aNDF<br>g/kg DM     | IVTD<br>g/kg DM    | NDFd<br>g/kg aNDF  |
|----------------|----------------------|----------------------|-------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| 1              | 100% LU              | 28,6 <sup>a</sup>    | 335 <sup>c</sup>  | 392 <sup>b</sup>    | 763 <sup>b</sup>   | 384 <sup>a</sup>   |
| 2              | 25% LU-75% LO        | 28,8 <sup>a</sup>    | 299 <sup>a</sup>  | 343 <sup>cd</sup>   | 793 <sup>a</sup>   | 413 <sup>abc</sup> |
| 3              | 50% LU-50% LO        | 30,7 <sup>ab</sup>   | 308 <sup>a</sup>  | 359 <sup>acd</sup>  | 784 <sup>ab</sup>  | 405 <sup>ab</sup>  |
| 4              | 75% LU-25% LO        | 29,5 <sup>a</sup>    | 309 <sup>a</sup>  | 368 <sup>abcd</sup> | 784 <sup>ab</sup>  | 417 <sup>abc</sup> |
| 5              | 25% LU-75% TR        | 32,2 <sup>b</sup>    | 301 <sup>a</sup>  | 374 <sup>ab</sup>   | 795 <sup>ac</sup>  | 461 <sup>d</sup>   |
| 6              | 50% LU-50% TR        | 30,6 <sup>ab</sup>   | 303 <sup>a</sup>  | 370 <sup>abd</sup>  | 798 <sup>acd</sup> | 459 <sup>d</sup>   |
| 7              | 75% LU-25% TR        | 29,2 <sup>a</sup>    | 312 <sup>ac</sup> | 384 <sup>ab</sup>   | 790 <sup>a</sup>   | 442 <sup>cd</sup>  |
| 8              | 25% LU-75% CS        | 33,0 <sup>b</sup>    | 267 <sup>b</sup>  | 298 <sup>e</sup>    | 819 <sup>cd</sup>  | 416 <sup>abc</sup> |
| 9              | 50% LU-50% CS        | 32,4 <sup>b</sup>    | 273 <sup>b</sup>  | 302 <sup>e</sup>    | 821 <sup>d</sup>   | 427 <sup>bcd</sup> |
| 10             | 75% LU-25% CS        | 30,7 <sup>ab</sup>   | 297 <sup>a</sup>  | 338 <sup>c</sup>    | 794 <sup>a</sup>   | 405 <sup>ab</sup>  |
| <b>p-value</b> |                      | 0,017                | <0.001            | <0.001              | 0,003              | 0,002              |

Rozdílné písmenné indexy značí signifikantní rozdíl Fisherova LSD testu mezi jednotlivými variantami uvnitř sloupců na hladině významnosti  $\alpha$  0,05

Tabulka P7: Vliv směsi jetelovin na obsah sušiny, acidodetergentní vlákninu, neutrodetergentní vlákninu po úpravě vzorku amylázou, in vitro skutečnou stravitelnost a stravitelnost neutrodetergentní vlákniny ve třetí seči

| Číslo směsi    | Podíl druhů ve směsi | obsah sušiny<br>(DM) | ADF<br>g/kg DM     | aNDF<br>g/kg DM   | IVTD<br>g/kg DM     | NDFd<br>g/kg aNDF |
|----------------|----------------------|----------------------|--------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| 1              | 100% LU              | 25,8 <sup>d</sup>    | 355 <sup>ab</sup>  | 415 <sup>a</sup>  | 755 <sup>ad</sup>   | 424 <sup>a</sup>  |
| 2              | 25% LU-75% LO        | 22,0 <sup>a</sup>    | 359 <sup>ab</sup>  | 390 <sup>ab</sup> | 769 <sup>abd</sup>  | 441 <sup>ab</sup> |
| 3              | 50% LU-50% LO        | 23,0 <sup>ab</sup>   | 351 <sup>abc</sup> | 393 <sup>ab</sup> | 771 <sup>abcd</sup> | 447 <sup>ab</sup> |
| 4              | 75% LU-25% LO        | 24,6 <sup>cd</sup>   | 364 <sup>b</sup>   | 426 <sup>a</sup>  | 745 <sup>d</sup>    | 416 <sup>a</sup>  |
| 5              | 25% LU-75% TR        | 22,3 <sup>a</sup>    | 328 <sup>acd</sup> | 410 <sup>a</sup>  | 800 <sup>ce</sup>   | 535 <sup>e</sup>  |
| 6              | 50% LU-50% TR        | 23,3 <sup>abc</sup>  | 345 <sup>abc</sup> | 423 <sup>a</sup>  | 777 <sup>abc</sup>  | 492 <sup>cd</sup> |
| 7              | 75% LU-25% TR        | 24,0 <sup>bc</sup>   | 337 <sup>abc</sup> | 404 <sup>ab</sup> | 781 <sup>abc</sup>  | 473 <sup>ab</sup> |
| 8              | 25% LU-75% CS        | 22,0 <sup>a</sup>    | 274 <sup>e</sup>   | 309 <sup>d</sup>  | 844 <sup>f</sup>    | 516 <sup>de</sup> |
| 9              | 50% LU-50% CS        | 22,1 <sup>a</sup>    | 301 <sup>de</sup>  | 347 <sup>c</sup>  | 813 <sup>e</sup>    | 486 <sup>cd</sup> |
| 10             | 75% LU-25% CS        | 23,3 <sup>abc</sup>  | 320 <sup>cd</sup>  | 368 <sup>bc</sup> | 792 <sup>bce</sup>  | 464 <sup>bc</sup> |
| <b>p-value</b> |                      | <0.001               | <0.001             | <0.001            | <0.001              | <0.001            |

Rozdílné písmenné indexy značí signifikantní rozdíl Fisherova LSD testu mezi jednotlivými variantami uvnitř sloupců na hladině významnosti  $\alpha=0,05$

P8: Plánek pokusu

III

|              |  | 2,5                  | 2,5                  | 2,5                  | 2,5                  | 2,5                          | 2,5                       | 2,5                  | 2,5                  | 2,5                  | 2,5                  | 2,5                  | 2,5                  | 2,5                  | 2,5                  | 2,5                  | 2,5                  | 2,5                  | 2,5                  | 2,5                    | 2,5           | 2,5                  | 2,5                   | 2,5               | 60       |  |
|--------------|--|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------------------------------|---------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------------------------|---------------|----------------------|-----------------------|-------------------|----------|--|
|              |  | 1                    | 2                    | 3                    | 4                    | 5                            | 6                         | 7                    | 8                    | 9                    | 10                   | 11                   | 12                   | 13                   | 14                   | 15                   | 16                   | 17                   | 18                   | 19                     | 20            | 21                   | 22                    | 23                | 24       |  |
| <b>A (1)</b> |  |                      |                      |                      |                      |                              |                           |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                        |               |                      |                       |                   | 3        |  |
|              |  | 50LU<br>50TR<br>+ FA | 75LU<br>25TR         | 50LU<br>50LO<br>+ FA | 50LU<br>50LO<br>+ FE | 75LU<br>75LU<br>25CS<br>+ FE | 75LU<br>25LO<br>100<br>LU | 75LU<br>25TR<br>+ FA | 75LU<br>25LU<br>75LO | 100<br>LU<br>+ FE    | 100<br>LU<br>+ FA    | 50LU<br>50TR         | 75LU<br>75TR<br>+ FE | 75LU<br>75LU<br>25LO | 25LU<br>75TR<br>+ FA | 25LU<br>50LU<br>+ FE | 25LU<br>75LO<br>+ FE | 50LU<br>50LO         | 75LU<br>25TR<br>+ FE | 75LU-<br>25 LO<br>+ FA | 25LU-<br>75CS | 25LU<br>75TR         | 25LU<br>75LO<br>+ FA  | 50LU<br>50CS      | 7,2<br>3 |  |
| <b>B (2)</b> |  |                      |                      |                      |                      |                              |                           |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                        |               |                      |                       |                   | 3        |  |
|              |  | 25LU<br>75LO<br>+ FE | 25LU<br>75CS         | 25LU<br>75LO<br>+ FA | 100<br>LU<br>+ FE    | 25LU<br>75TR<br>+ FE         | 50LU<br>50TR              | 75LU<br>25TR         | 50LU<br>50LO         | 50LU<br>50TR<br>+ FE | 25LU<br>25LU<br>+ FA | 75LU<br>75LU<br>50CS | 75LU<br>25TR<br>+ FE | 75LU<br>25LO<br>+ FE | 75LU<br>25LO<br>+ FA | 25LU<br>75TR         | 50LU<br>50LO<br>+ FA | 75LU<br>25TR<br>+ FA | 50LU<br>50LO         | 75LU<br>25CS           | 50LU<br>+ FA  | 75LU-<br>25LO        | 25LU-<br>75LO         | 100<br>LU<br>+ FA | 7,2<br>3 |  |
| <b>C (3)</b> |  |                      |                      |                      |                      |                              |                           |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                        |               |                      |                       |                   | 3        |  |
|              |  | 75LU<br>25TR<br>+ FA | 100<br>LU            | 50LU<br>50CS         | 25LU<br>75TR         | 100<br>LU<br>+ FA            | 50LU<br>50TR<br>+ FE      | 50LU<br>50LO<br>+ FA | 50LU<br>50TR<br>+ FA | 75LU<br>25LO         | 25LU<br>75LO<br>+ FA | 25LU<br>75LO<br>+ FE | 75LU<br>75LU<br>+ FA | 75LU<br>25TR<br>+ FE | 25LU<br>25LU<br>75CS | 25LU<br>75LO         | 50LU<br>50LO<br>+ FE | 100<br>LU<br>+ FE    | 75LU<br>25LO<br>25CS | 25LU<br>75TR<br>+ FE   | 50LU<br>50LO  | 25LU<br>75TR<br>+ FA | 75LU<br>25TR          | 50LU-<br>50TR     | 7,2<br>3 |  |
| <b>D (4)</b> |  |                      |                      |                      |                      |                              |                           |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                        |               |                      |                       |                   | 3        |  |
|              |  | 75LU<br>25LO         | 75LU<br>25LO<br>+ FA | 25LU<br>75LO         | 50LU<br>50LO         | 100<br>LU<br>+ FE            | 25LU<br>75TR<br>+ FA      | 75LU<br>25CS         | 25LU<br>75CS         | 25LU<br>75TR         | 75LU<br>25LO<br>+ FE | 50LU<br>50LO<br>+ FE | 25LU<br>75TR<br>+ FE | 50LU<br>50TR<br>+ FA | 100<br>LU<br>+ FA    | 50LU<br>50LO         | 25LU<br>75LO<br>+ FA | 75LU<br>25TR<br>+ FA | 50LU<br>50TR<br>+ FE | 100<br>LU              | 50 LO<br>+ FA | 75LU<br>25TR<br>+ FE | 25LU<br>75 LO<br>+ FE | 7,2<br>3          |          |  |
|              |  | 1                    | 2                    | 3                    | 4                    | 5                            | 6                         | 7                    | 8                    | 9                    | 10                   | 11                   | 12                   | 13                   | 14                   | 15                   | 16                   | 17                   | 18                   | 19                     | 20            | 21                   | 22                    | 23                | 24       |  |

P9: Meteorologické údaje na VS Červený Újezd pro období 2018 – 2019

| Měsíc                  |                         | V 18         | VI 18        | VII 18       | VIII 18      | IX 18        | X 18         | XI 18       | XII 18      | I 19         | II 19       | III 19      | IV 19        | V 19         | VI 19        | VII 19       | VIII 19      |
|------------------------|-------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 1. dekáda<br>1. – 10.  | Teplota*                | 15,38        | 20,33        | 18,52        | 22,88        | 17,56        | 11,03        | 8,89        | 4,28        | 0,73         | 0,1         | 7,48        | 10,08        | 9,34         | 20,34        | 18,64        | 19,89        |
|                        | Srážky**                | 0            | 53,7         | 5,4          | 11,5         | 17,9         | 3,9          | 3,7         | 17,6        | 17           | 15,9        | 19,7        | 0            | 3,3          | 3,5          | 0            | 39,1         |
| 2. dekáda<br>11. – 20. | Teplota*                | 14,93        | 18,24        | 19,75        | 21,8         | 18,39        | 13,24        | 3,69        | -0,33       | -0,03        | 4,49        | 5,54        | 7,81         | 10,24        | 22,39        | 18,1         | 18,23        |
|                        | Srážky**                | 17,2         | 6,9          | 2,2          | 1,5          | 1,1          | 0            | 3,8         | 7,7         | 5,5          | 0,5         | 11,2        | 0,9          | 29,8         | 27           | 27,9         | 58,4         |
| 3. dekáda<br>21. – 31. | Teplota*                | 19,58        | 16,42        | 23,42        | 18,8         | 12,15        | 7,84         | 0,22        | 3,70        | -1,96        | 5,06        | 8,00        | 12,76        | 14,08        | 22,32        | 23,20        | 21,72        |
|                        | Srážky**                | 7,2          | 14,1         | 4,5          | 8,9          | 19,7         | 20,3         | 5,2         | 16,5        | 2,3          | 1,0         | 2,2         | 21,2         | 22,2         | 10,9         | 24,7         | 0            |
| <b>Měsíc celkem</b>    | Teplota*                | <b>16,72</b> | <b>18,33</b> | <b>20,64</b> | <b>21,76</b> | <b>16,03</b> | <b>10,61</b> | <b>4,26</b> | <b>2,58</b> | <b>-0,47</b> | <b>3,08</b> | <b>7,04</b> | <b>10,22</b> | <b>11,31</b> | <b>21,68</b> | <b>20,09</b> | <b>20,00</b> |
|                        | Srážky**                | <b>24,4</b>  | <b>74,7</b>  | <b>12,1</b>  | <b>21,9</b>  | <b>38,7</b>  | <b>24,2</b>  | <b>12,7</b> | <b>41,8</b> | <b>24,8</b>  | <b>17,4</b> | <b>33,1</b> | <b>22,1</b>  | <b>55,3</b>  | <b>41,4</b>  | <b>52,6</b>  | <b>97,5</b>  |
|                        | Počet dešt. dnů 1-5 mm  | 1            | 5            | 5            | 4            | 2            | 2            | 2           | 6           | 9            | 2           | 4           | 2            | 5            | 2            | 4            | 7            |
|                        | Počet dešt. dnů 5-10 mm | 1            | 1            | 0            | 1            | 0            | 0            | 0           | 1           | 1            | 0           | 1           | 0            | 2            | 0            | 2            | 3            |
|                        | Počet dešt. dnů ≥ 10 mm | 1            | 2            | 0            | 0            | 2            | 1            | 0           | 1           | 0            | 1           | 1           | 1            | 2            | 2            | 2            | 3            |
| Dlouhodobý průměr***   | Teplota*                | 12,9         | 16,2         | 17,6         | 17,3         | 13,4         | 8,4          | 3           | -0,5        | -2,3         | -0,8        | 2,9         | 7,6          | 12,9         | 16,2         | 17,6         | 17,3         |
|                        | Srážky**                | 67,2         | 63,5         | 58,7         | 67,5         | 33           | 26,5         | 29,9        | 22,3        | 21,6         | 21,4        | 26,3        | 34,9         | 67,2         | 63,5         | 58,7         | 67,5         |
| Normál****             | Teplota*                | 13,5         | 16,2         | 18,3         | 17,9         | 13,5         | 8,5          | 3,1         | -0,3        | -1,4         | -0,3        | 3,6         | 8,5          | 13,5         | 16,2         | 18,3         | 17,9         |
|                        | Srážky**                | 70           | 67           | 78           | 66           | 38           | 27           | 30          | 28          | 22           | 20          | 28          | 28           | 70           | 67           | 78           | 66           |

\* °C

\*\* mm

\*\*\* Praha Ruzyně 1960 – 2010

\*\*\*\* Praha Ruzyně 1981 - 2010

P10: foto první seč

X



(zdroj: foto autor práce)