

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Potenciál sestavení vhodných pícních směsí pro zvýšení
využití dusíku z píce u přežvýkavců**

Diplomová práce

Bc. Michaela Kovandová

Výživa zvířat

prof. Ing. Josef Hakl, Ph.D.

© 2024 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Potenciál sestavení vhodných pícních směsí pro zvýšení využití dusíku z píce u přežvýkavců" 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 20. 4. 2024

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala prof. Ing. Josefu Haklovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a mimořádně vstřícný přístup při vedení mé diplomové práce. Dále děkuji své rodině a blízkým za pomoc a podporu při studiu.

Potenciál sestavení vhodných píceňích směsí pro zvýšení využití dusíku z píce u přežvýkavců

Souhrn

Vojtěška setá, výnosná pícnina s vysokým podílem proteinů, je jednou ze základních komponent krmné dávky přežvýkavců, avšak obsahuje vysoký podíl rychle degradovatelných frakcí. Při současném nedostatku rychle dostupné energie nelze N z píce efektivně využít a nadbytečný N je močí a plyny vylučován do prostředí. Potenciál pro zlepšení využitelnosti dusíku nabízí pícní směsi, u kterých lze předpokládat vyšší podíl v bacheru nedegradovatelných frakcí proteinu a vyšší poměr dostupné energie vůči rychle degradovatelným frakcím proteinu.

Polní experiment byl založen v roce 2018 ve výzkumné stanici v Červeném Újezdě. V rámci pokusu bylo založeno 24 variant. Základ pícních směsí tvořila vojtěška setá s třemi poměry (25 %, 50 % a 75 %) doprovodných jetelovin: vičenec ligrus, štírovník růžkatý a jetel luční. K vojtěšce a její směsi s jetelem a štírovníkem byly přidávány dva druhy trav, kostřava rákosovitá a festulolium. V rámci tří let (2019 – 2021) a každoročních tří sečí byl hodnocen výnos jednotlivých variant a botanické složení. V rámci kvalitativních analýz byla pomocí NIRS stanovena neutrálně detergentní vláknina upravené amylázou (aNDF) a její stravitelnost (NDFd), vodorozpustné sacharidy (WSC), škrob, nestrukturální sacharidy (NSC), hrubý protein (CP) a jeho frakce (PA, PB1, PB2B3C). Ze získaných hodnot byl následně vypočítán poměr rychle dostupné energie vůči proteinovým frakcím PA a PB1.

Vojtěška dosahovala nejvyššího obsahu CP v píci (180 g/kg DM) při zachování vysokých ročních výnosů (průměrně 12,4 t/ha), avšak poměr energie a proteinových frakcí PA a PB1 byl z hlediska výživy přežvýkavců nejméně příznivý (4,27) ve srovnání se všemi testovanými pícními směsmi. Zařazení jetelovin k vojtěšce pozitivně korelovalo s obsahem NSC a proteinových frakcí PB2B3C v píci a významně zlepšilo poměr NDSC/(PA+PB1), kde byl nejlepší efekt zaznamenán u přídávku vičence ligrus (6,07). Přestože doprovodné jeteloviny prokazatelně pozitivně ovlivňují využití N, jejich nevýhodou je nízká vytrvalost a schopnost obrůstání, což se projevuje výrazným poklesem jejich podílu v porostu i přes vyšší výsevní podíly.

Přídavek trav do pícních směsí pozitivně ovlivnil hektarový výnos, obsah aNDF a stravitelnost NDF. Hodnota poměru NDSC/(PA+PB1) byla u jetelovinotravních směsí lepší v případě přídávku trav k vojtěšce a vojtěšce se štírovníkem. Zlepšení hodnoty poměru však lze přičíst zejména nižšímu obsahu dusíkatých látek v píci.

Vhodně sestavené pícní směsi nabízí vysoký potenciál pro zvýšené využití dusíku a jsou schopny se výnosově vyrovnat samotné vojtěšce. Pro zachování požadovaných nutričních vlastností pícních směsí je však nezbytné udržet v porostu dostatečný podíl doprovodných jetelovin.

Klíčová slova: pícniny, jeteloviny, kvalita, frakce proteinu, stravitelnost

Potential of forage mixture composition for improvement of nitrogen utilization by ruminants

Summary

Alfalfa, a high-yielding crop with a high proportion of proteins, is one of the basic components of ruminal rations, but contains a high proportion of rapidly degradable protein fractions. In simultaneous lack of readily fermentable energy, N from forage can not be efficiently used and excess N is excreted into the environment through urine and gases. The potential for improving nitrogen utilization is offered by forage mixtures, which are expected to have a higher proportion of undegradable protein fractions in the rumen and higher ratio of available energy to rapidly degradable protein fractions.

A field experiment was established in 2018 at the research station in Červený Újezd. Within the experiment, 24 variants were established. The base of forage mixtures consisted of alfalfa with three different proportions (25 %, 50 % and 75 %) of accompanying forage legumes: sainfoin, birdsfoot trefoil and red clover. Two types of grasses, tall fescue and festulolium, were added to alfalfa and alfalfa mixed with red clover or birdsfoot trefoil. Over three years (2019 – 2021) and annual three cuts, the yield and botanical composition of individual variants was evaluated. Within the qualitative analyses, amylase neutral detergent fibre (aNDF) and its digestibility (NDFd), water-soluble carbohydrates (WSC), starch, non-structural carbohydrates (NSC), crude protein (CP) and its fractions (PA, PB1, PB2B3C) were determined using the NIRS method. The ratio of readily fermentable energy to protein fractions PA and PB1 was calculated from the obtained values.

Alfalfa is an excellent source of protein in forage reaching the highest content of CP (180 g/kg DM) while maintaining high annual yields (average 12,4 t/ha). However, the energy to protein fractions PA and PB1 ratio was least favorable (4,27) in terms of ruminant nutrition compared to all tested forage mixtures. The addition of legumes to alfalfa positively correlated with NSC and protein fractions PB2B3C in forage and significantly improved NDSC/(PA+PB1) ratio, the best effect was noticed with addition of sainfoin (6,07). Although accompanying forage legumes demonstrably positively affect on N utilization, their disadvantage is low persistence and the ability to regrow, resulting in a significant decrease in their proportion in the stand despite higher seeding rates.

The addition of grasses to forage mixtures positively influenced yield per hectare, aNDF content and NDF digestibility. The value of the NDSC/(PA+PB1) ratio for legume-grass mixtures was better in the case of grass addition to alfalfa and alfalfa with birdsfoot trefoil. However, the improvement in the ratio value can be attributed mainly to the lower content of CP in forage.

Well-composed forage mixtures offer high potential for increased N utilization and are capable of matching the yield of alfalfa. However, to maintain the desired nutritional properties of forage mixtures, it is essential to maintain a sufficient proportion of companion legumes in the stand.

Keywords: forage crops, legumes, quality, protein fractions, digestibility

Obsah

1	Úvod	9
2	Vědecká hypotéza a cíle práce	10
3	Literární rešerše	11
3.1	Metabolismus dusíkatých látek u přežvýkavců	11
3.1.1	Mikrobiální fermentace	13
3.1.2	Ztráty N do prostředí a metody pro jejich omezení	14
3.2	Dusíkaté látky v píci	16
3.3	Sacharidy v píci	17
3.3.1	Poměr energie a proteinu	19
3.4	Přehled testovaných pícních druhů	20
3.4.1	Vojtěška setá (<i>Medicago sativa</i>)	20
3.4.2	Štírovník růžkatý (<i>Lotus corniculatus</i>)	23
3.4.3	Vičenec ligrus (<i>Onobrychis viciifolia</i>)	26
3.4.4	Jetel luční (<i>Trifolium pratense</i> L.)	28
3.4.5	Festulolium	30
3.4.6	Kostřava rákosovitá (<i>Festuca arundinacea</i>)	30
3.4.7	Benefity jetelovino travních směsí	31
4	Metodika	33
4.1	Charakteristika stanoviště	33
4.2	Design pokusu	34
4.3	Seče a zpracování rostlinného materiálu	35
4.4	Vyhodnocení nutričních parametrů pomocí NIRS	36
4.5	Statistické vyhodnocení	37
5	Výsledky	38
5.1	Výnosy	38
5.2	Vývoj zastoupení botanických druhů v porostech	39
5.2.1	Doprovodné jeteloviny ve směsi s vojtěškou	39
5.2.2	Jeteloviny ve směsi s trávami	43
5.3	Nutriční hodnota píce	47
5.3.1	Sacharidy v píci	47
5.3.2	Proteinové frakce v píci	48
5.4	Poměr energie a rychle degradovatelných proteinových frakcí	50
6	Diskuze	54
6.1	Výnosy pícních směsí a vývoj druhového složení	54
6.2	Nutriční vlastnosti pícních směsí	55
6.3	Poměr energie a proteinu	56

7 Závěr	58
8 Literatura	59
9 Seznam použitých zkratk a symbolů	68
10 Samostatné přílohy	I

1 Úvod

Jeteloviny mají ve výživě přežvýkavců nezastupitelnou funkci, neboť jsou jedním ze základních zdrojů dusíkatých látek v krmné dávce. Nejhojněji využívanou jetelovinou je vojtěška setá (*Medicago sativa*), zejména díky svým produkčním a nutričním vlastnostem. Nevýhodou je však vysoký obsah rychle degradovatelných dusíkatých látek a nízké množství rychle dostupné energie v podobě nestrukturálních sacharidů, což má za následek neefektivní využití dusíku v batoru a jeho následné značné ztráty do prostředí močí a plyny. Řešením je buď snížení obsahu hrubého proteinu v pícninách nebo zvýšení podílu v batoru nedegradovatelného proteinu v krmivu či zlepšení poměru rychle dostupné energie vůči snadno degradovatelným frakcím proteinu.

Snížení batorové degradovatelnosti proteinů šlechtěním nezaznamenalo významnější přínos, ale efektivní může být přidání doprovodných jetelovin obsahujících sloučeniny, které tvoří reverzibilní vazby s proteiny. Mezi tyto pícniny lze zařadit vičenec ligrus (*Onobrychis viciifolia*) a štírovník růžkatý (*Lotus corniculatus*) s obsahem kondenzovaných taninů a jetel luční (*Trifolium pratense* L.) s významnou aktivitou polyfenoloxidázy. Nevýhodou těchto druhů je však nízká produktivita či perzistence a horší tolerance vůči vyšší frekvenci sečí.

Zvýšení obsahu nestrukturálních sacharidů, může efektivněji využít dostupné zdroje dusíku, čehož lze docílit zařazením travního komponentu, který jsou obecně dobrým zdrojem vodorozpustných a nestrukturálních sacharidů. Jetelovinotravní směsi navíc nabízí výhodu z hlediska stabilnějších výnosů a snažší konzervace píce.

S využitím vlastností zmíněných pícních druhů se lze pokusit optimalizovat pícní směsi tak, aby jejich nutriční vlastnosti co nejlépe odpovídaly fyziologickým potřebám zvířat. Je však nezbytné brát v potaz rovněž výnosy a agrotechnické vlastnosti jednotlivých druhů pro zabezpečení dostatečného množství kvalitního krmiva s požadovanými nutričními charakteristikami.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Cílem práce je zhodnocení nutričních parametrů píceňích směsí v závislosti na jejich botanickém složení ve vztahu k jejich potenciálu pro zvýšené využití hrubého proteinu z píce přežvýkavci. Přínos píceňích směsí bude hodnocen ve srovnání s monokulturou vojtěšky, která představuje základní zdroj bílkovinné píce.

Pro praktickou část byly stanoveny dvě hypotézy:

- 1) Přidání trávy nebo doprovodné jeteloviny změní poměr frakcí hrubého proteinu ve prospěch pomaleji degradovatelných frakcí.
- 2) Přidání trávy nebo doprovodné jeteloviny příznivě ovlivní poměr rychle dostupné energie oproti obsahu hrubého proteinu či jeho frakcí.

3 Literární rešerše

Vojtěška setá (*Medicago sativa*) představuje základní zdroj bílkovinné píce ve výživě přežvýkavců. Protein obsažený ve vojtěšce je však v batoru velmi rychle degradován, čímž dochází ke ztrátám dusíku do vnějšího prostředí a jeho nízkému využití přežvýkavci (Tremblay 2003). Působením mikrobiálních proteáz v batoru a rostlinných proteáz obsažených v píci dochází k rozkladu proteinu na amoniak a aminokyseliny. Při současném nedostatku sacharidů, jako zdroje energie pro batorovou mikrobiotu, dochází ke snížení využitelnosti dusíku z píce (Broderick 1995). Vhodně sestavené pícní směsi na bázi vojtěšky doplněné o vybrané druhy jetelovin a trav tak, aby poměr energie a proteinu byl optimální pro batorovou mikrobiotu, však nabízí potenciál pro zvýšení využití dusíku přežvýkavci (Tremblay et al. 2023).

3.1 Metabolismus dusíkatých látek u přežvýkavců

Trávení krmiva přežvýkavci je realizováno za pomoci endogenních enzymů (Reece 2011), enzymů obsažených v rostlinách (Hakl et al. 2015) a mikrobiální fermentace. Fermentace probíhá v oblasti předžaludků (bator, čepec a kniha) díky aktivitě anaerobních protozoálních a bakteriálních mikroorganismů. Ve slezu (pravý žaludek) dochází k trávení mikrobiálně rozloženého objemného a koncentrovaného krmiva, včetně vlastních mikroorganismů namnožených při fermentaci. V tenkém střevě probíhá hydrolyza živin působením endogenních enzymů (Reece 2011). Sekundární fermentace následně probíhá v tlustém a slepém střevě (Merchen et al. 1997).

Metabolismus dusíkatých látek v batoru je ovlivněn mnoha parametry, dle Bacha et al. (2005) zejména metabolickou aktivitou mikroorganismů, strukturou přijímaného proteinu, druhovým zastoupením mikroorganismů a hodnotou pH. Zvýšení využitelnosti dusíku z krmiva tak může být dosaženo pomocí zvýšení efektivity využití dusíku v batoru, nebo ovlivněním rychlosti degradace proteinu.

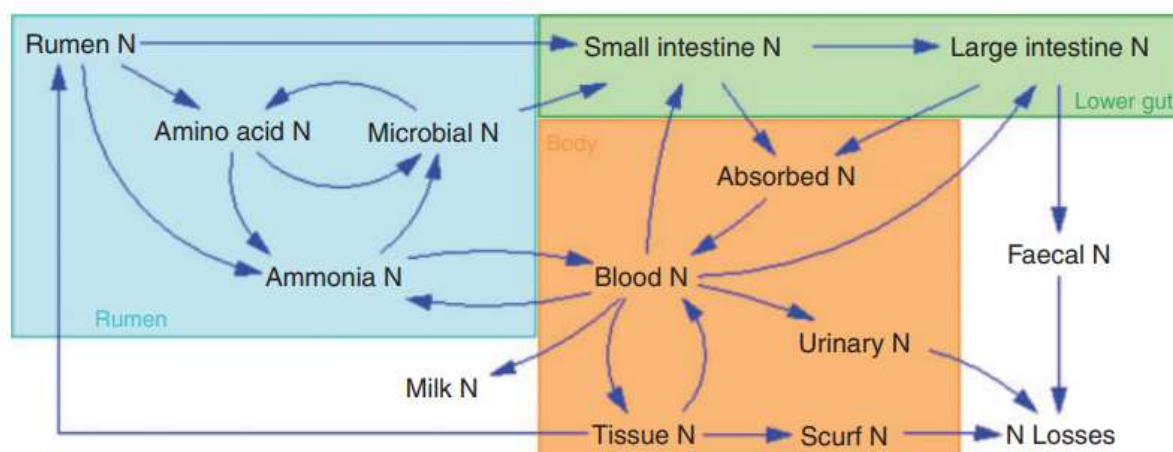
Dusíkaté látky vstupující do metabolických drah v batoru lze rozdělit na protein obsažený v krmivu, endogenní a recyklovaný dusík. Protein obsažený v krmivu se dále dělí na pravý protein a dusíkaté látky nebílkovinné povahy (nepravý protein). Pravý protein je v batoru mikrobiálně a enzymaticky degradován na aminokyseliny a peptidy, které jsou následně deaminovány na amoniak, nebo zabudovány do těl mikroorganismů. Pro růst mikroorganismů je rovněž využitelný nebílkovinný N, tedy dusík obsažený v RNA a DNA, amoniak, volné aminokyseliny a krátké peptidy (Bach et al. 2005). Celulolytické bakterie využívají pro svůj růst především močovinu a amoniak, pravý protein je naopak více využíván necelulolytickými bakteriemi (Tadeschi et al, 2017). Potřeba N batorových mikroorganismů je z 50 – 80 % kryta z batorového „poolu“ amoniaku, zbylých 20 – 50 % je kryto neamonným N ve formě peptidů a aminokyselin (Pengpeng&Tan 2013).

V případě nadbytku dusíku v batoru je vzniklý amoniak portálním oběhem odveden do jater, kde je metabolizován na močovinu, nebo využit pro syntézu glutaminu z glutamátu (Reynolds&Kristensen 2008). Močovina je následně buď vyloučena močí, nebo může být zpětně využita v období nedostatku dusíkatých látek v batoru. Do trávicího traktu je vracena ve slinách, nebo prostupuje zpět přímo přes lumen střev (Obitsu&Taniguchi 2009). Tento

mechanismus však slouží pouze jako vyrovnání výkyvů v příjmu dusíkatých látek (Valkeners et al. 2006).

Amoniak je do krevního oběhu vstřebáván ve dvou formách. Lipofilní forma (NH_3) je vstřebávána prostou difuzí při hodnotách pH 7 v batoru. Při poklesu pH pod 6,5 převládá vstřebávání amonného iontu (NH_4^+) prostřednictvím draselného kanálu. Absorbovaný amoniak má původ v krmivu i endogenních zdrojích včetně močoviny. Čistá absorpce amoniaku do krve může představovat až 42 % z veškerého N vstupujícího do procesu trávení (Reynolds&Kristensen 2008). Detoxikace amoniaku v játrech je však energeticky poměrně náročný proces, neboť na metabolické zpracování 1 g N je potřeba 30 kJ metabolizovatelné energie (Pacheco&Waghorn 2008).

Endogenní dusík vstupující do procesu trávení pochází z močoviny obsažené ve slinách a krvi, oloupaných epitelálních buněk a proteinů sekretovaných do gastrointestinálního traktu (Obitsu&Taniguchi 2009), nejčastěji zastoupených trávicími enzymy (slinná amyláza, pepsinogen a enzymy produkované slinivkou břišní) (Reece 2011). V některých případech může dokonce množství aminokyselin a amoniakálního N získaného z portálního oběhu převyšovat příjem zdánlivě stravitelného N. Mezi batorem a krevním oběhem prochází močovina prostou difuzí ve směru koncentračního gradientu, který je značně variabilní v závislosti na vlastnostech krmiva a prostředí v batoru (Patra 2015). Schematicky je koloběh N v těle přežvýkavce zobrazen na obrázku 1.



Obrázek 1: Koloběh dusíkatých látek u přežvýkavců (Tedeschi et al. 2017).

Potřeba N batorové mikrobioty ve formě amoniaku je pokryta degradovatelným proteinem (RDP). Potřeba proteinu zvířete je kryta jak v batoru nedegradovatelným proteinem (RUP), tak mikrobiálním proteinem (MCP). RDP je v batoru bakteriemi rozkládán proteázami, peptidázami a deaminázami. Vzniklý amoniak je mikroorganismy využit pro stavbu membrán a buněčné stěny. MCP putuje s tráveninou do dalších částí gastrointestinálního traktu, kde je v podobě aminokyselin a peptidů vstřebáván. MCP přežvýkavcům poskytuje 50 – 80 % vstřebatelného pravého proteinu (Putri et al. 2021). Tedeschi et al. (2017) uvádí, že efektivita syntézy MCP je velmi variabilní a může se pohybovat v rozmezí 9,81 – 16,3 g/100 g fermentovatelné organické hmoty.

RUP je pravý, mikrobiálně nedegradovatelný protein, který v nezměněné formě postupuje do dalších oddílů gastrointestinálního traktu, a slouží jako přímý zdroj N pro zvíře.

V tenkém střevě je vstřebáno přibližně 80 % pravého proteinu (Owens et al. 2014, Putri et al. 2021).

Cílem krmné dávky je naplnění potřeby N pro mikroorganismy pro maximální proteosyntézu a trávení sacharidů, poskytnutí zvířeti dostatku proteinu pro záchovu, růst, produkci a reprodukci s minimalizací příjmu RUP a pokrytí potřeby aminokyselin pro vysokoprodukční dojnice s minimálním příjmem hrubého proteinu v krmivu (Putri et al. 2021). Možností pro zefektivní využití živin a zvýšení produkce je zajištění optimálního poměru RUP:RDP v krmivu a poměru bílkovin a energie (Hall 2013).

3.1.1 Mikrobiální fermentace

Mikrobiální trávení a syntéza mikrobiálních složek je komplexní proces vyžadující specifické podmínky. Základními předpoklady je zadržování tráveniny a mikroorganismů v bachoru po dostatečně dlouhou dobu, anaerobní prostředí, konstantní teplota kolem 39°C, hodnota pH v rozmezí 5,5 – 7 a odvádění konečných produktů fermentace. Udržování a kontrola těchto podmínek je zajišťována různými mechanismy, například příjmem určitého typu krmiva, množstvím přijatého krmiva, sekrece slin během příjmu krmiva a při přežvykování, míchání tráveniny prostřednictvím kontrakcí bachoru, prostup látek mezi bachorem a krevním oběhem (zejména močovina a bikarbonát). Pro zajištění stálosti prostředí je rovněž nezbytné odčerpávání produktů fermentace, tedy těkavých mastných kyselin (TMK) a NH_3 (Merchen&Bourquin 1994).

Bachorová mikrobiota je uzpůsobena k fermentaci různých sacharidů obsažených v buněčném protoplastu (cukrů, škrobů a polysacharidů) a buněčné stěně (celulóza, hemicelulóza, pektiny) na TMK (kyselina octová, propionová a máselná), metan, oxid uhličitý a H_2 (Morgavi et al. 2023). Část dusíkatých látek je rovněž degradována na TMK a mastné kyseliny s rozvětveným řetězcem (isovalerát, isobutyrát, 2-metylbutyrát) a NH_3 . TMK jsou základním energetickým substrátem pro přežvýkavce, tvoří 50 – 80 % celkové metabolizovatelné energie dostupné pro zvíře (Merchen&Bourquin 1994).

Živiny z krmiva jsou každou další fermentační reakcí přeměňovány na stále jednodušší produkty s nižší energetickou hodnotou. Specifickou funkci mají v tomto procesu metanogenní archea, která jsou schopna využívat koncové metabolity bakteriální fermentace a redukované molekuly (H_2 a další elektronové nosiče) pro svůj vlastní růst a výrobu metanu (Morgavi et al. 2023).

Přibližně 75 % energie dostupné ze sacharidových zdrojů je přeměněno na TMK, zbytek energie uniká do prostředí prostřednictvím tepelných ztrát. Část energie vyjádřené spalným teplem uniká do prostředí v podobě konečných produktů nevyužitých přežvýkavcem, zejména zastoupených metanem. Tepelné ztráty dále vznikají jako důsledek fermentačního procesu a jako teplo uvolněné při asimilaci látek do bakteriálních buněk. Tyto ztráty jsou přijatelné v případě, kdy se takto tráví substráty, které by byly jinak pro zvíře nedostupné (především složky buněčných stěn), ale výrazně zhoršují účinnost využití kvalitních bílkovin a sacharidů stravitelných vlastními endogenními enzymy zvířete (Merchen&Bourquin 1994).

3.1.2 Ztráty N do prostředí a metody pro jejich omezení

Ačkoliv je N esenciálním prvkem pro zajištění růstu zvířat a produkce mléka, je jeho nadměrné vylučování do prostředí nezanedbatelným ekologickým problémem. Degradace proteinu v batoru a následná syntéza proteinu mikrobiálního je velmi výhodným procesem při zkrmování méně kvalitních krmiv, avšak v případě vyššího obsahu proteinu, nebo batorově degradovatelného proteinu v krmné dávce, se jedná o proces s negativními ekologickými dopady (Angelidis et al. 2019). Dusík, který není zabudován do tkání, nebo využit pro syntézu mléčné bílkoviny, je vylučován močí a výkaly, což přispívá ke znečištění vod, plynným emisím N, tvorbě kyselých dešťů a v konečném důsledku také změně klimatu. Přežvýkavci jsou poměrně neefektivní z hlediska využití N z krmiva, pro mléčnou produkci se konverze N pohybuje kolem 27 % a pro růst pouze 14 % (Hristov et al. 2019).

N je přežvýkavci vylučován do atmosféry ve formě amoniaku (NH_3), oxidu dusnatého (N_2O) a dvouatomové molekuly (N_2), do podzemních vod ve formě nitrátu (NO_3^-) a do povrchových vod v podobě částicového N. Převažující formou dusíku v moči skotu je močovina, která však rychle hydrolyzuje. Ztráty dusíku močí lze ovlivnit snížením příjmu N v krmivu, nebo navýšením energie jak batorovým mikroorganismům, tak samotnému zvířeti (Dijkstra et al. 2013).

Nadbytek N v krmivu má také negativní vliv na welfare a zdraví zvířat a metabolicky zatěžuje organismus z hlediska zvýšených energetických nároků. Vysoký příjem N a zvýšené vstřebávání NH_3 může omezit příjem sušiny, což je u vysokoprodukčních zvířat nežádoucí. Rizikem jsou rovněž toxické účinky nitrátů, plicní edémy a zhoršená plodnost. Výrazně zvýšená koncentrace NH_3 v batoru může mít na zvíře až letální účinek. Nadměrný příjem N má rovněž vliv na kvalitu a sensorické vlastnosti masa a mléka z důvodu zvýšené tvorby indolu a skatolu (Pacheco & Waghorn 2008).

Existuje několik metod pro zvýšení RUP a tím pádem omezení ztrát N do prostředí. Mezi tyto metody patří technologické úpravy krmiv (teplem či tlakem) a použití antimikrobiálních látek (např. ionofory). V současné době je však používání látek s antimikrobiálním účinkem výrazně omezováno (Harlow et al. 2020). Pozornost se proto obrací k alternativním metodám zvýšení využitelnosti N, například využívání taninových píceňin a píceňin s vysokou aktivitou polyfenoloxidázy.

3.1.2.1 Polyfenoloxidáza

Polyfenoloxidáza (PPO) je metaloenzym s dvoujaderným měděným středem oxidující fenol a difenol. PPO je schopna vložit kyslík v pozici orto- k hydroxylové skupině v aromatickém kruhu s následnou oxidací difenolu na chinon za přítomnosti molekulárního kyslíku (Mayer 2006). Vykazuje vysokou aktivitu v jeteli lučným ve srovnání s ostatními píceňinami. Touto reakcí vznikají chinony, velmi reaktivní molekuly se schopností se navázat na nukleofilní vazby, například na některé aminokyseliny. Z tohoto důvodu je PPO schopna vazby na proteiny (Lee et al. 2009, Van Ranst et al. 2009).

PPO existuje ve dvou formách, aktivní a latentní. Aktivní forma PPO vykazuje aktivitu při neutrálním pH, zatímco pro aktivaci latentní formy je nezbytná prudká změna pH, aniontové detergenty a proteázy. PPO v jeteli lučným je pravděpodobně aktivována endogenními fenolickými sloučeninami, kyselinou šťavelovou a clovamidem. Většina PPO v jeteli lučným je

v latentní formě. Pro aktivaci je nezbytné, aby se smíchal enzym uložený v chloroplastu s potřebnými substráty, kyselinou šřavelovou a clovamidem. Tento proces redukuje míru proteolýzy a lipolýzy v bachoru a také během silážování (Lee et al. 2009).

Funkce PPO je rovněž detailně zkoumána v oblasti potravinářství, neboť tento enzym je odpovědný za nežádoucí reakci nazývanou „enzymatické hnědnutí“ (Mayer 2006). V oblasti píceinářství a výroby krmiv pro zvířata však tento proces může být přínosem, jelikož je spojován se snížením proteolýzy během silážování, ale také během trávení v bachoru (Lee et al. 2009). PPO se vážou na proteiny v listech, čímž je minimalizována míra degradace N látek. Tohoto jevu lze využít během úprav píce před silážováním. Pro aktivitu PPO jsou nezbytné aerobní podmínky a rozpad buněk, čehož lze docílit prodloužením doby zavadání píce (Winters et al. 2003). Druhým mechanismem účinku je denaturace rostlinných proteáz, díky čemuž se výrazně redukována proteolýza během silážování. Jones et al. (1995) uvádí, že míra proteolýzy během silážování vojtěšky seté dosahuje až 44 – 87 %, zatímco u jetele lučního pouze 7 – 40 %.

Efekt PPO je rovněž spojován se snížením míry lipolýzy během silážování, ale také během trávení v bachoru. PPO snižuje aktivitu rostlinné lipázy a zároveň podporuje tvorbu vazby lipid-protein-fenol v bachoru (Lee et al. 2009, Van Ranst et al. 2009). Tento jev byl pozorován také u dalších pícnin s vysokou aktivitou PPO, například u srhy laločnaté (*Dactylis glomerata*). PPO tak může přispět nejen zvýšení využitelnosti N z krmiva, ale také zlepšení spektra mastných kyselin v mase a mléce přežvýkavců, především ve prospěch polynenasycených mastných kyselin (Lee et al. 2009).

3.1.2.2 Kondenzované taniny

Fenolické látky jsou heterogenní skupinou sekundárních metabolitů rostlin (MacAdam&Villalba 2015, Wang et al. 2015) zastoupené od jednoduchých monomerů (kyselina ferulová, kyselina gallová, kyselina p-kumarová) až po komplexní polymery s vysokou molekulovou hmotností, mezi které řadíme kondenzované taniny (CT). CT v rostlinách řadíme do dvou skupin, hydrolyzovatelné a kondenzované (Wang et al. 2015). Jedná se o sloučeniny na bázi uhlíku o vysoké molekulové hmotnosti, které se vážou na proteiny s velkou afinitou a snižují jejich rozpustnost (MacAdam&Villalba 2015). Strukturálně jsou CT komplexy oligomerů a polymerů složené z flavanoidových jednotek (Min et al. 2003).

Chemická struktura těchto polyfenolů či polyantokyanidinů vyvolává v gastrointestinálním traktu přežvýkavců různé reakce v závislosti na jejich chemické struktuře, molekulové hmotnosti, stupni polymerace a přítomnosti či nepřítomnosti hydroxylové skupiny. Díky vysoké variabilitě jsou schopny vazby na různé molekuly, proteiny, minerální látky, polysacharidy a další sekundární metabolity (MacAdam&Villalba 2015).

CT v rostlinách se vyskytují ve formě vodorozpustných oligomerů a nerozpustných polymerů. Taninové druhy obsahují obvykle směs strukturně odlišných taninů. Množství a struktura CT se liší v jednotlivých rostlinných orgánech a může se také měnit během zrání. CT jsou obvykle ukládány ve vakuolách. Vyšší množství je zpravidla detekováno v listech a reprodukčních orgánech, stonky a kořen obsahují nižší koncentraci CT (Häring et al. 2008).

Pozitivní fyziologické účinky CT na zvířata závisí na jejich chemické struktuře a fyzikálních vlastnostech. Studie ukazují, že přítomnost CT pozitivně ovlivňuje denní přírůstky,

mléčnou užitkovost společně s obsahem bílkovin v mléce a říjové cykly. CT rovněž snižují nadýmání zvířat, redukují přítomnost parazitů a produkci metanu (Waghorn&McNabb 2003). Marley et al. 2006 potvrzují, že jehňata, která byla krmena štírovníkem, vykazovala vyšší denní přírůstky a trpěla méně parazitárními onemocněními. Puchala et al. (2005) prokázali snížení produkce metanu u koz krmených pící s obsahem CT. Zvířata krmená beztaninovou pící produkovala metanu 16,2 g/kg DMI, vlivem přítomnosti CT poklesla produkce metanu na 6,9 g/kg DMI. Häring et al. (2008) uvádějí, že bioaktivní účinky CT se odvíjí od jejich poměru s proteinem v krmivu, či kompletním krmivem.

Autoři se shodují, že koncentrace CT do 50 g/kg DM mají na přežvýkavce pozitivní vliv, koncentrace CT nad 50 g/kg DM v krmivu je nežádoucí a má spíše antinutriční účinky (Häring et al. 2008, Min et al. 2003).

Bylo prokázáno, že CT snižují proteolýzu v bachoru díky redukci počtu a omezení růstu proteolytických bakterií, pravděpodobně díky vazbě na substráty využívané těmito bakteriemi (Min et al. 2003). Grabber et al. (2014) uvádějí, že CT by rovněž mohly snižovat míru proteolýzy během konzervace a následného zkrmování siláží.

CT tvoří reverzibilní vazby s proteiny, které se uvolní ve slezu za nízkého pH, čímž se umožní enzymatické trávení proteinů, které prošly bachorem nezměněny. CT však také interagují s bakteriálními enzymy v bachoru, což má za následek snížení stravitelnosti buněčných stěn a také sušiny. Tento problém se však týká převážně vysokotaninových pícin (Cassida et al. 2000).

3.2 Dusíkaté látky v píci

Proteiny v píci by měly zajistit přežvýkavci dostatečné množství využitelného proteinu ve formě aminokyselin. Požadavky zvířete jsou kryty ze dvou zdrojů – mikrobiálně syntetizovaný protein a protein nedegradovatelný v bachoru (Fahey&Broderick 1994). Klopfenstein et al. (2001) uvádějí, že potřeba mikrobiálně degradovatelného proteinu musí korelovat s potřebou bachorové mikrobioty. Zvířata s vysokou potřebou dusíku, zejména vysokoprodukční dojnice a rostoucí zvířata, však nejsou schopna pokrýt svou potřebu proteinu pouze mikrobiálním proteinem a musí v krmivu přijímat dostatečné množství mikrobiálně nedegradovatelného proteinu. Pacheco&Waghorn (2008) uvádějí, že obsah proteinu v píci pro záchovu by měl být optimálně 11 %, pro rostoucí zvířata 14 % a pro mladá a laktující zvířata 18 %.

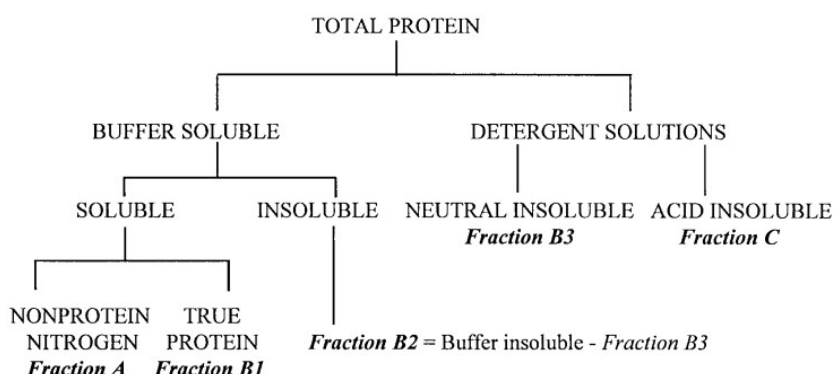
Systémy hodnocení požadavků přežvýkavců se vyvíjely od základního hrubého proteinu (NRC, 1978; ARC, 1980) k propracovanějším hodnocením založených na stanovení degradovatelného a nedegradovatelného proteinu (INRA, 1988; NRC, 1985, 1989; AFRC, 1992; NRC, 2001) (Bach et al. 2005). Moderní systémy hodnotí příjem aminokyselin skutečně vstupujících do tenkého střeva ve vztahu ke krytí požadavků zvířete (Zeman 2006).

Pro popis degradace proteinu v bachoru je využíváno chemické frakcionace v rámci Cornellského systému hodnocení sacharidových a proteinových frakcí (CNPCS) (Tremblay et al. 2003). Tento systém je založen na klasifikaci hrubého proteinu a sacharidů do tří základních frakcí (A, B a C) dle stupně jejich degradace v bachoru (Krawutschke et al. 2013) a rychlosti pasáže každé frakce (Marković et al. 2022). Do proteinové frakce A spadají v bachoru rychle

degradovatelné dusíkaté látky nebílkovinné povahy (amoniak, dusičnany, volné aminokyseliny a peptidy). Frakce B je charakterizována jako v batoru potenciálně degradovatelný pravý protein (globuliny, albuminy, gluteliny a prolaminy) a dále se dělí na skupiny B1, B2 a B3 dle rozpustnosti a rychlosti degradace. Do frakce C je zahrnut nedegradovatelný protein vázaný na lignin, komplexy proteinů s taniny a produkty Maillardovy reakce (Zeman 2006; Kirchhof et al. 2010, Krawutschke et al. 2013).

Tremblay et al. (2003) uvádí, že rychlost degradace frakce B1 velmi podobná frakci A, obě tyto frakce jsou rozpustné v borát-fosfátovém pufru. Rychlost degradace frakce B1 je přibližně 100 % / h (Marković et al. 2022). Naopak frakce B3, rozpustná v kyselém detergentu, je výrazně pomaleji degradovatelná než frakce B1 a B2, přičemž velká část této frakce prochází bachorem nezměněna (Tremblay et al. 2003). Rychlost degradace frakce B2 se pohybuje v rozmezí 3 – 16 % / h. Frakce B3, tedy proteiny vázané na buněčné stěny, jsou degradovány rychlostí nižší než 2 % / h (Marković et al. 2022). Frakcionace hrubého proteinu v krmivech je znázorněna na obrázku 2.

Dalším rozšířeným systémem pro hodnocení CP ve výživě přežvýkavců je systém PDI, který vychází z francouzského systému INRA. Tento systém je založen na stanovení stravitelnosti proteinu různého původu v tenkém střevě. Protein vstupující do tenkého střeva je zastoupen proteinem mikrobiálního původu, nedegradovatelným proteinem krmiva a proteinem endogenního původu. Obsah PDI (proteinu degradovatelného v tenkém střevě) v krmivu je určen jako suma PDIA (nedegradovatelný protein krmiva skutečně strávený v tenkém střevě) a PDIM (mikrobiální protein skutečně strávený v tenkém střevě) (Zeman 2006).



Obrázek 2: Frakcionace proteinů v píci (Elizalde et al. 1999).

3.3 Sacharidy v píci

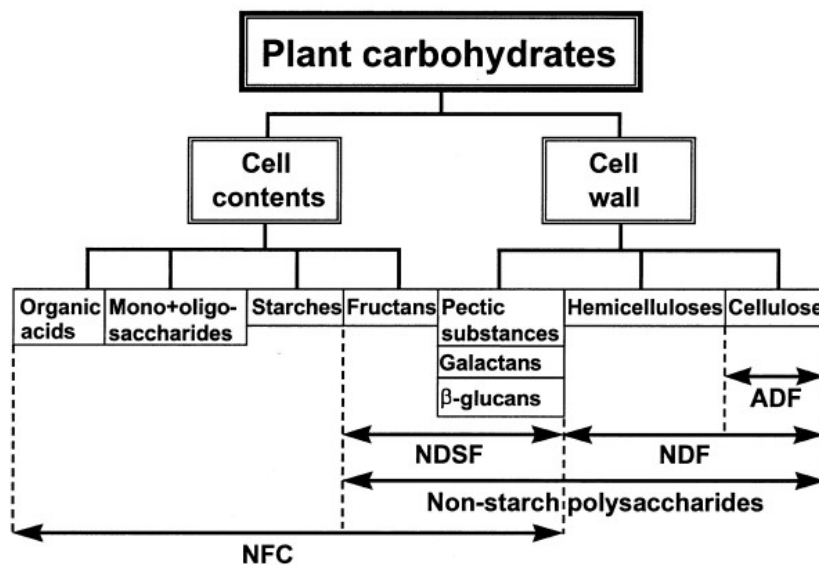
Sacharidy představují největší část sušiny pícních plodin (50 – 80 %). V rostlině plní mnoho funkcí, jsou zprostředkovateli metabolických pochodů, přenášejí a ukládají energii a také zodpovídají za strukturu a stavbu buněk a buněčných stěn, pletiv, rostlinných orgánů a stavbu celé rostliny. Energie vzniklá při fotosyntéze je prostřednictvím Calvinova cyklu ukládána v sacharidech, které slouží jako výchozí substráty pro téměř všechny metabolické dráhy v rostlinách. Nadbytečná energie je skladována v polymerech (zásobní sacharidy), zejména ve škrobu a fruktanech (Moore&Hatfield 1994).

Sacharidy v píci se dělí na dvě základní skupiny – strukturální (SC) a nestrukturální (NSC). Strukturální sacharidy (celulóza a hemicelulóza, tedy složky buněčné stěny) jsou

pomalu degradovatelné a v gastrointestinálním traktu mají mimo jiné plnicí funkci. Sacharidy vázané na lignin jsou vůči trávicím procesům rezistentní a zvířeti neposkytují žádnou energii (Lanzas et al. 2007). Lignin, celulóza a hemicelulóza jsou stanovovány jako neutrálně detergentní vláknina (NDF) a představuje základní charakteristiku vlákniny v krmivu (Nie et al. 2009). Nestrukturální sacharidy (obsažené v buněčném protoplastu) zahrnují organické kyseliny, monosacharidy, oligosacharidy, fruktany, škrob, pektin a β -glukany. Nastavení optimálního množství a poměrů nestrukturálních sacharidů je náročným úkolem v sestavení krmné dávky dojnic, neboť jednotlivé krmné komponenty vykazují značnou variabilitu v množství a složení NSC. Jednotlivé frakce NSC se liší v rychlosti a rozsahu fermentace v bachoru, což následně ovlivňuje tvorbu MCP (Hall 2003).

Obsah NSC v píci rovněž pozitivně ovlivňuje stravitelnost píce. Vyšší obsah NSC koreluje s lepším příjmem krmiva z důvodu nižšího poměru vlákniny v píci. Další výhodou vyššího obsahu NSC je zlepšení silážovatelnosti pícnin, neboť tyto živiny slouží jako snadno fermentovatelné substráty pro mikroorganismy (Pelletier et al. 2010, Holík et al. 2022). Mezidruhové rozdíly v obsahu NSC jsou značné, Pelletier uvádí, že se koncentrace NSC pohybuje v rozmezí 35 – 257 g/kg DM u bojínku lučního, sveřepu bezbranného, chrastice rákosovité, vojtešky seté, jetele lučního a srhy laločnaté.

Schematicky jsou sacharidové frakce obsažené v rostlinách zobrazeny na obrázku 3.



Obrázek 3. Frakce rostlinných sacharidů (Hall 2003).

Sacharidy rozpustné v neutrálním detergentu (NFC) se liší svými fermentačními charakteristikami a také profilem metabolizovatelných živin, které poskytují. Bachorová fermentace cukrů (tedy monosacharidů a oligosacharidů) a škrobu zvyšuje relativní produkci propionátu oproti acetátu a může rovněž podporovat tvorbu kyseliny mléčné, jejich efekt tak lze tak hodnotit jako glukogenní. Naopak fermentací neutrálně detergentní rozpustné vlákniny (NDSF), kam se řadí především pektiny, vzniká relativně více acetátu než propionátu a vzniká zanedbatelné množství kyseliny mléčné. Vyšší tvorba acetátu má lipogenní efekt a podporuje tak tvorbu mléčného tuku. Škroby a cukry s výjimkou některých oligosacharidů mají potenciál pro trávení a vstřebávání v tenkém střevě, zatímco NDSF mohou být štěpeny pouze mikrobiálními enzymy. Bylo zjištěno, že u dojnic, kterým byla podávána krmná dávka

s vysokým obsahem rozpustné vlákniny a cukrů, poklesl obsah bílkovin v mléce, ale zvýšil se obsah tuku v mléce (Leiva et al. 2000). Oba & Allen (2003) zjistili, že vyšší zastoupení škrobu v krmné dávce dojníc může pozitivně ovlivnit mléčnou užitkovost, avšak příliš vysoký obsah škrobu v krmné dávce může vést k rozvoji acidózy.

Na základě frakcionace dle CNPCS rozlišujeme pět základních frakcí. Frakce CA zahrnuje cukry a organické kyseliny, CB1 škrob, CB2 rozpustnou vlákninu, CB3 dostupnou NDF a CC nedostupnou NDF (Lanzas et al. 2007).

3.3.1 Poměr energie a proteinu

Stanovit optimální poměr energie a proteinu v krmné dávce přežvýkavců je poměrně obtížné z důvodu velkého množství metabolických interakcí v batoru i mimo něj. Proces fermentace strukturálních a nestrukturálních sacharidů v krmivu na TMK je založen na vzájemné závislosti dostatku fermentovatelné energie a syntézy mikrobiálního proteinu (Meehan et al. 2021).

V případě, že je dostupné energie v batoru nedostatek za současného nadbytku peptidů a aminokyselin rostlinného původu, využívají mikroorganismy dostupné aminokyseliny jako zdroj energie. Využívání aminokyselin jako energetického zdroje je doprovázeno deaminací uhlikatých skeletů a uvolňováním amoniaku do prostředí. V případě dostatku fermentovatelných sacharidů může být větší množství neproteinového N a přítomných aminokyselin využito pro syntézu mikrobiálního proteinu (da Silva et al. 2014). Synchronizací poměrů jednotlivých frakcí proteinu a sacharidů, jejichž přehled je uveden v tabulce 1, lze docílit maximálního využití živin a syntézy mikrobiálního proteinu, snížení ztrát dusíku do prostředí a zvýšení produktivity zvířat (Zeman 2006, da Silva et al. 2014).

Marković et al. (2022) potvrzuje, že stanovení správného obsahu nestrukturálních sacharidů a CP je zásadní pro omezení ztrát živin. Místo trávení a poměr TMK společně se vznikající kyselinou mléčnou determinují rozklad živin a průběh fermentace v batoru, což je zásadní z hlediska ovlivnění složení živin dostupných pro zvířata.

Efektivita využití dusíku (NUE) závisí na poměru dusíkatých látek a dostupné energie. Tremblay et al. (2023) uvádí, že výrazný nárůst NUE nastane, když poměr WSC/CP v píci překročí hodnotu 0,7 – 0,75.

Tabulka 1: Složení sacharidových a proteinových frakcí (Zeman 2006).

Frakce	Dusíkaté látky	Sacharidy
A	NH ₃ , NO ₃ , aminokyseliny, peptidy	Organické kyseliny, jednoduché cukry
B1	Globuliny, některé albuminy	Škrob, beta glukany, pektiny
B2	Většina albuminů, gluteliny	Hemicelulóza, celulóza
B3	Prolaminy, extenzivní proteiny, denaturované proteiny	
C	Produkty Maillardovy reakce, N vázaný na lignin	Vláknina vázaná na lignin

3.4 Přehled testovaných píceňích druhů

Kvalita objemných krmiv vychází z kvality píceňích druhů zastoupených v porostu. V následujících kapitolách jsou popsány agrotechnické a nutriční vlastnosti druhů použitých v této práci.

3.4.1 Vojtěška setá (*Medicago sativa*)

3.4.1.1 Agrotechnické vlastnosti

Vojtěška setá (*Medicago sativa*) je suchovzdorná, mrazuvzdorná, vytrvalá bylina z čeledi *Fabaceae*. Celosvětově je pěstována na ploše přibližně 45 milionů hektarů. (Mielmann 2013). Délka vegetační doby klesá směrem z jihu na sever a rovněž se zkracuje se zvyšující se nadmořskou výškou. Jednotlivé odrůdy jsou však dobře přizpůsobeny i na extrémní podmínky, teploty kolem 40°C, ale také vysokohorské podmínky v nadmořské výšce až 2400 m. n. m. Vojtěška je rovněž dobře přizpůsobivá k různým půdním typům, avšak nejlépe prosperuje na bohatých, hlinitých, strukturních a dobře odvodněných půdách (Aganga&Tshwenyane 2003).

Jedná se o nejstarší rostlinu pěstovanou výhradně pro krmení hospodářských zvířat. Vojtěška je využívána pro výrobu sena a siláže, ale také pro pastevní účely díky vysokému výnosu, kvalitě a široké adaptabilitě (Mielmann 2013). Bylo prokázáno, že pěstování vojtěšky zlepšuje půdní strukturu, zvyšuje množství organické hmoty v půdě a zvyšuje zásoby dusíku ve vrchních vrstvách ornice (Aganga&Tshwenyane 2003) díky symbióze s hlízkovými bakteriemi. Dusík vázaný v rostlině je zajištěn ze 60 – 90 % právě díky této symbióze (Šantrůček et al. 2008). Vojtěška je využívána rovněž jako předplodina a krycí plodina. U následných plodin (brambory, obiloviny, ale také některé druhy zeleniny) byl prokázán pozitivní vliv na výnos. (Aganga&Tshwenyane 2003).

Počet sečí je značně variabilní v závislosti na přírodních podmínkách. V méně příznivých oblastech lze počítat pouze se dvěma sečemi, v příznivějších podmínkách se třemi až čtyřmi a v teplých a vlhkých oblastech (v podmínkách ČR kukuřičné oblasti) lze dosáhnout až pěti nebo šesti sečí (Šantrůček et al. 2008). Aganga&Tshwenyane (2003) uvádí, že v optimálních podmínkách lze dosáhnout dokonce osmi až dvanácti sečí za rok. Variabilita výnosu je velmi vysoká, může se pohybovat v rozmezí 5 – 50 t/rok.



Obrázek 4: Vojtěška setá. (zdroj: autor práce)

3.4.1.2 Nutriční vlastnosti

Nutriční parametry vojtěšky jsou ovlivněny mnoha faktory. Mezi nejvýznamnější patří fenologická fáze porostu. V čím pozdější fázi porost je, tím je jeho nutriční hodnota horší z důvodu zvyšování poměru stonků ku nutričně hodnotnějším listům. Stárnutí porostu je doprovázeno také nárůstem množství vlákniny ve stoncích. Listy obecně obsahují lépe stravitelné živiny, tedy protein, tuky a nestrukturální sacharidy. Oproti tomu stonky obsahují více vlákniny, cukrů a minerálních látek (Mielmann 2013). Yari et al. (2012) uvádějí, že s postupující zralostí porostu klesá podíl listů, energetická hodnota, obsah hrubého proteinu, hodnoty stravitelnosti *in situ* a podíl celkového N vůči energii. Naopak obsah NDF, ADF, vlákniny vázané na protein a celkový obsah sacharidů ve zralejším porostu stoupá.

Mezi další faktory podílející se na kvalitě píce se řadí pořadí seče, stáří porostu (Hakl et al. 2015), klimatické faktory, půdní podmínky, odrůda, hnojení, škůdci a choroby a v neposlední řadě také ztráty při zpracování píce, například odrol listů během sušení a skladování (Mielmann 2013). Rozdíly v chemickém složení rostliny jsou patrné i v průběhu jednoho dne. Rozdíl mezi ranní (6:00) a odpolední (18:00) sečí je pozorovatelný v obsahu vodorozpustných sacharidů, podílu bílkovinné frakce PB2 a poměru proteinové frakce PA k celkovým sacharidům, přičemž hodnoty těchto parametrů jsou vyšší v odpolední seči. Čas seče naopak neovlivňuje míru degradace *in situ* vojtěškového sena. Pro dojnice je tak optimální vojtěška sklizená v časnější fenologické fázi (časná / pozdní butonizace), ale v odpoledních hodinách (Yari et al. 2012).

Vojtěška je významným zdrojem bílkovin nejen pro přežvýkavce, ale také další hospodářská zvířata, například pro drůbež, prasata a koně, kterým může být krmena ve formě pelet (Aganga&Tshwenyane 2003). Dle Zemana (2006) může obsah dusíkatých látek v období butonizace dosahovat až 249 g/kg sušiny. Obsah tuku se pohybuje v celé rostlině i listech kolem 2,5 %. Vojtěška obsahuje rovněž hodnotné množství vitaminů A, E, C, K a B12. Množství vitaminu C v čerstvé píci může dosahovat hodnot až 1,78 mg/g, nicméně sušením je až 80 %

znehodnoceno. Významný je také obsah mikroprvků, zejména hořčíku, draslíku, vápníku, železa a fosforu (Mielmann 2013).

Problematický z hlediska výživy hospodářských zvířat je obsah antinutričních látek. Fytoestrogeny (kumestrol, kumestan) a isoflavony (biochanin, genistein) lze ve vojtěšce detekovat při vyšším hnojení fosforem. V sušině se mohou nacházet v množství 6 – 25 mg/kg, nejvyšší obsahy bývají detekovány v listech. Obsah fytoestrogenů vzrůstá zejména ve stresových podmínkách, například při napadení houbovými chorobami a hmyzem. Hořké saponiny tvořící stabilní pěny ve vodném prostředí snižují chutnost píce a tím pádem i příjem krmiva (Zeman 2006).

3.4.1.3 Dusíkaté látky

Vojtěška obsahuje vysoké množství hrubého proteinu, který je však v bacheru velmi rychle degradován, což může zejména u mladých a nemocných zvířat způsobovat nadýmání (Zeman 2006). Zastoupení jednotlivých frakcí N je rozdílné ve stoncích a v listech. Stonky oproti listům vykazují vyšší množství NPN, tedy bílkovinné frakce A, a nestavitelné frakce C. Oproti listům mají stonky relativně nižší zastoupení frakce B. Hakl et al. (2015) uvádí, že 43 % z hrubého proteinu obsaženého ve stoncích představuje frakce A, 9,2 % frakce C a zbývajících 47,8 % frakce B. Hrubý protein v listech je však z 20,6 % zastoupen frakcí A, ze 4,3 % frakcí C a 75,1 % představuje frakce B. Sousa et al. (2020) stanovili obsah jednotlivých frakcí v celé rostlině u různých odrůd. Bylo potvrzeno, že protein vojtěšky je z velké části zastoupen frakcí PA (38 – 46 %), frakce PB1 je zastoupena minoritně (1,8 – 3,3 %), vysoký podíl, podobný jako frakce PA, tvoří frakce PB2 (39 – 44 %) a v řádu jednotek procent kolísá podíl frakce PB3 (7,7 – 10,9 %) a PC (4,1 – 5,2 %). Tato zjištění korelují s nižším obsahem RUP, a to přibližně 26 % z celkového CP (Grabber 2009).

O degradovatelnosti dusíkatých látek rozhoduje také způsob konzervace píce. Během silážování dochází k intenzivní proteolýze, proto je vojtěšková siláž, i přes vysoký obsah dusíkatých látek, převýkavci málo využitelná ve srovnání s ostatními druhy jetelovin a trav (Makoni et al. 1993). Intenzita přeměny CP na NPN je obvykle kolem 50 – 60 % CP, ale množství degradovaného CP může dosáhnout až 80 % (Broderick et al. 2002). Obsah RUP ve vojtěškovém seně je dle NRC o 18 % vyšší než ve vojtěškové siláži. Obsah NPN v siláži může kolísat v rozmezí 50 – 87 % z celkových dusíkatých látek. Vojtěškové siláže jsou proto limitující pro výživu dojníc z hlediska obsahu RUP. Bylo zjištěno, že dojnice krmené převážně vojtěškovou siláží vykazovaly nižší užitkovost, než dojnice, v jejichž krmné dávce byla zastoupena krmiva s vyšším obsahem RUP (Peltekova&Broderick 1996).

Bylo zjištěno, že poměr jednotlivých dusíkatých frakcí kolísá během dne, v odpoledních hodinách stoupá podíl frakcí PB a klesá podíl frakce PA. Tento jev lze vysvětlit tím, že v listech probíhá přeměna frakcí PA na skutečný protein za využití konečných produktů fotosyntézy (Yari et al. 2012).

3.4.1.4 Sacharidy

Vojtěška je pícninou chudou na rychle fermentovatelné sacharidy, které by sloužily jako zdroj pohotové energie pro bacherovou mikrobiotu. Během vegetace dochází k rychlé

lignifikaci, což výrazně zhoršuje nutriční parametry (Zeman 2006). Yari et al. (2012) tento fenomén potvrdili, obsah ADF v časně butonizaci byl 355 g/kg sušiny a ve fázi kvetení 430 g/kg sušiny. Obdobný trend byl pozorován také u NDF, v časně butonizaci byl stanoven obsah na 425 g/kg sušiny, během kvetení vzrostl na 491 g/kg sušiny. S pozdější vegetační fází vzrůstá také celkový obsah sacharidů. Zeman (2006) uvádí, že kvalitní vojtěška obsahuje v sušině 280 – 300 g ADF a 400 – 420 g NDF.

Obsah vodorozpustných a rychle fermentovatelných sacharidů kolísá ve vojtěšce během dne, v ranních hodinách je obsah sacharidové frakce A přibližně o 15 % nižší, než v hodinách odpoledních (Yari 2012). Fijałkowska et al. (2015) uvádějí, že obsah WSC ve vojtěšce je přibližně 70 g/kg sušiny.

Obsah WSC v celé rostlině vojtěšky kolísá v rozmezí 70 – 96 g/kg DM (Holík et al. 2022), dle Sousy et al. (2020) je obsah WSC ve vojtěšce ještě nižší, a to 31 – 50 g/kg. Obsah škrobu se dle Holíka et al. (2022) pohybuje v rozmezí 22 – 33 g/kg DM. Obsah WSC je výrazně vyšší ve stoncích (92 – 128 g/kg DM) oproti listům (36 – 55 g/kg DM). Naopak škrobu je obsaženo více v listech (49 – 61 g/kg DM) ve srovnání se stonky (4 – 6 g/kg DM). Zastoupení těchto složek v píci je ovlivněno mnoha faktory, například odrůdou, časem seče, hnojením a fenologickou fází (Holík et al. 2022).

3.4.2 Štírovník růžkatý (*Lotus corniculatus*)

3.4.2.1 Agrotechnické vlastnosti

Štírovník růžkatý (*Lotus corniculatus*) je vytrvalá, odolná, mrazuvzdorná a suchovzdorná pícnina z čeledi *Fabaceae*, pěstovaná ve směskách, nebo využívaná pro pastevní účely (Šantrůček et al. 2008). Snáší neúrodné, kyselé, suché i vlhké půdy, ale ve srovnání s jinými druhy poskytuje nižší výnosy (Sareen 2004).

Ve srovnání běžněji pěstovanými jetelovinami (například jetelem lučním) však nabízí několik výhod, zejména vyšší odolnost méně příznivých podmínkách. Díky hlubšímu kořenovému systému je také odolnější vůči suchu (Marley et al. 2006) a na nepříznivých stanovištích je schopen výnosově dokonce překonat vojtěšku setou či jetel luční, ale špatně snáší hnojení nad 50 kg/ha N (Šantrůček et al. 2008).

Výnosy štírovníku růžkatého obvykle vzrůstají ve druhém a třetím roce po výsevu a mohou dosahovat 7 t/ha za rok (MacAdam&Villalba 2015), dle Waghorna et al. (1998) až 10 – 15 t/ha při zajištění dobrých podmínek pro růst a vhodného managementu. Marley et al. (2006) zjišťovali výnosy různých odrůd štírovníku, nejvýnosnější odrůdy poskytovaly až 7,8 t/ha ročně při celkem třech sečích. Na méně příznivých stanovištích může ve směsi s travami (například kostřavou luční či ovsíkem vyvýšeným) produkovat kolem 6 t/ha za rok (Šantrůček et al. 2008).

Štírovník může být využíván také pro pastevní účely, avšak v prvním roce je vhodná pouze mírná pastva s rotačním režimem (Waghorn et al. 1998), aby rostliny vytvořily semena, která zajistí vytrvalost porostu. Další možností je dosévání semen, aby štírovník zůstal konkurenceschopný vůči vytrvalejším druhům (Bologna et al. 1996).

Navzdory svým žádoucím nutričním, zdravotním a ekologickým benefitům je štírovník stále minoritní pícninou. Hlavními limitujícími faktory taninových druhů je pomalé zakládání

porostů, nízká perzistence a relativně nízké výnosy ve srovnání s vojtěškou setou na úrodných a dobře odvodněných půdách (Waghorn et al. 1998, Grabber et al. 2014). Tyto druhy nebyly tak intenzivně šlechtěny jako běžněji využívané jeteloviny, například vojtěška a jetel, a proto jsou zde problémy s potlačením plevelů, vytrvalostí porostů, odolností vůči intenzivní pastvě a produktivitou (Waghorn et al. 1998), stejně jako s cenou osiva.



Obrázek 5: Štírovník růžkatý ve směsi s vojtěškou setou a festuloliem. (zdroj: vedoucí práce)

3.4.2.2 Nutriční vlastnosti

Píce ze štírovníku je chutná, kvalitní, dobře stravitelná, nenadýmavá a s vysokým obsahem bílkovin. Kvalita píce zůstává na velmi dobré úrovni i v pozdějších fenologických fázích (Sareen 2004).

Obsah kondenzovaných taninů (CT) redukuje nadýmání a zvyšuje množství bypass proteinu, který prochází nedegradovaný z batoru do tenkého střeva. CT rovněž snižují proteolýzu během silážování u jiných pícních druhů. Množství kondenzovaných taninů ve štírovníku růžkatém se pohybuje v rozmezí 2,5 – 35 g/kg v sušině. Štírovník bažinný (*Lotus uliginosus*) obsahuje CT až 45 – 106 g/kg DM, proto není přednostně vybírán jako pícní plodina. Při obsahu CT nad 5 % v sušině dochází ke snížení dobrovolného příjmu píce zvířaty, snížení denního přírůstku a snížení batorové fermentace vlákniny (Marley et al. 2006). Metabolické testy ukázaly, že účinkem CT bylo vstřebáno až o 60 % více esenciálních aminokyselin, aniž by byl snížen dobrovolný příjem krmiva zvířaty (Waghorn&Shelton 1997).

Grabber et al. (2014) uvádějí, že zvířata krmená čerstvou píci štírovníku vykazovala 14 – 21% nárůst v mléčné užitkovosti. Zlepšení produktivity lze připisovat snížené míře proteolýzy v batoru, zvýšení množství proteinu procházejícího do tenkého střeva a zvýšení vstřebávání esenciálních aminokyselin.

Chemické složení je variabilní v závislosti na odrůdě, fenologické fázi, agrotechnických postupech a přírodních podmínkách. Churkova (2012) uvádí, že obsah hrubého proteinu se pohybuje v rozmezí 162,6 – 181,4 g/kg sušiny, dle Grabbera (2009) obsahuje štírovník až 200

g/kg DM hrubého proteinu. Množství hrubé vlákniny se pohybuje mezi 269,4 a 317,2 g/kg DM, hrubý tuk je zastoupen přibližně ze 30 g/kg DM. Vápník byl stanoven v rozmezí 14,5 – 17,7 g/kg DM. Vyšší množství hrubého proteinu koreluje s vyšším podílem listů u příslušných odrůd.

Obsah NDF stoupá se stárnutím porostu. V období časného kvetení je dle Kirchofa et al. (2010) obsah NDF 350 g/kg DM, v období pozdního kvetení 430 g/kg DM.

3.4.2.3 Dusíkaté látky

Štírovník růžkatý obecně obsahuje méně CP než vojtěška setá, avšak z hlediska zastoupení jednotlivých proteinových frakcí se jeví pro přežvýkavce jako výhodnější. Grabber (2009) srovnal zastoupení jednotlivých dusíkatých frakcí ve vojtěšce a štírovníku. Frakce PA obsahovala vojtěška 288 g/kg hrubého proteinu, zatímco štírovník průměrně 240 g/kg hrubého proteinu. Frakce PB1 obsahoval štírovník podobné množství jako vojtěška (100 g/kg, respektive 96 g/kg CP), frakce PB2 byla více zastoupena ve štírovníku (563 g/kg, respektive 523 g/kg CP). Frakce PB3 byla o něco více zastoupena ve vojtěšce (68 g/kg CP), než ve štírovníku (63 g/kg CP). Acidodetergentní nerozpustný protein byl více obsažen ve štírovníku (32 g/kg CP) ve srovnání s vojtěškou (28 g/kg CP).

Ve srovnání s vojtěškou setou, jetelem kavkazským, jetelem lučním a jetelem plazivým obsahuje štírovník nejvyšší podíl RUP, a sice 287 g/kg CP (nejméně RUP bylo stanoveno v jeteli plazivém, 154 g/kg CP). Nízký obsah rozpustných frakcí proteinů lze vysvětlit přítomností CT a jejich vazbou na proteiny (Kirchhof et al. 2010). Podíl RUP souvisí s obsahem CT v rostlině. Grabber (2009) prokázal, že nízkotaninové druhy obsahují 29 % RUP z celkového CP, zatímco vysokotaninové druhy 33 % RUP.

Během stárnutí porostu dochází ke snižování obsahu CP v rostlině, v časném kvetení byl stanoven obsah CP na 170 g/kg DM, ale v pozdním květu pouze 135 g/kg DM. Dochází rovněž ke změně zastoupení jednotlivých frakcí, výrazně ubývá frakce PB2 a přibývají frakce PB1, PB3 a PC (Kirchhof et al. 2010).

3.4.2.4 Sacharidy

Koncentrace vodorozpustných cukrů a strukturálních sacharidů závisí na stupni zralosti rostliny a podílu listů vůči stonkům. V pozdějších fenologických fázích se stonky stávají vláknitými a jsou zvířaty odmítány, což má za následek nízkou využitelnost píce (Waghorn et al. 1998).

Obsah NDF a ADF kolísá v závislosti na stanovišti, fenologické fázi a podmínkách pro růst. Množství NDF se pohybuje v rozmezí 380 – 456 g/kg DM, ADF v rozmezí 306 – 388 g/kg DM (Kaplan et al. 2009). Karabulut et al. (2006) uvádějí obsah NDF a ADF během stárnutí porostu. Obsah NDF ve vegetační fázi byl 316 g/kg DM, ve fázi zralosti 376 g/kg DM. Množství ADF narostlo z 257 g/kg na 311 g/kg DM.

Obsah WSC v rostlině se pohybuje kolem 130 g/kg DM, množství škrobu bylo stanoveno na 36,5 g/kg DM (Zhang et al. 2021).

3.4.3 Vičenec ligrus (*Onobrychis viciifolia*)

3.4.3.1 Agrotechnické vlastnosti

Vičenec ligrus je vzpřímená, mrazuvzdorná, hluboko kořenící vytrvalá jetelovina (Waghorn et al, 1998). Poskytuje velice chutnou píci s výbornými kvalitativními parametry (Šantrůček et al. 2008), dobrovolný příjem zvířaty je o 10 – 29 % vyšší než u vojtěšky seté (Hayot Carbonero et al. 2011). Výnosy se v závislosti na podmínkách pohybují v rozmezí 8 – 15 t DM/ha (Waghorn et al. 1998). Vičenec je hodnotným zdrojem pro opylovače a v některých regionech je dokonce pěstován jako medonosná plodina (Mora-Ortiz&Smith 2018). Je odolný vůči škůdcům, kteří napadají porosty vojtěšky, ale je náchylný vůči kořenovým hnilobám (Waghorn et al. 1998). Dobře snáší sušší a chladnější podmínky, toleruje rovněž méně úrodné půdy (Hayot Carbonero et al. 2011). Porosty vičence jsou využívány zpravidla na tři roky (Waghorn et al. 1998).

Existují dva základní typy vičence, normální typ, tvořící vytrvalé porosty, a obří typ, který je produktivní pouze krátkodobě. Obří varianta vičence produkuje píci zejména brzy zjara, takže nabízí možnost pro zaplnění jarních a podzimních mezer v dodávce pícnin pro mléčný skot (Borreani et al. 2003).

Vičenec tvoří symbiotický vztah s bakteriemi z rodu *Rhizobium* s arbuskulárními mykorhizními houbami. Symbióza s bakteriemi je umístěna do specifických, morfologicky pestrých, kořenových útvarů (Mora-Ortiz&Smith 2018). Na ploše 1 ha je vičenec schopen vázat 130 – 160 kg N, vojtěška 140 – 210 kg N. V případě vičence je odhadováno, že schopnost fixace vzdušného N zvyšuje výnosy o 17 % (Provorov&Tikhonovich 2003).

Vičenec obsahuje širokou škálu polyfenolů, jejichž obsah a biologická aktivita s dozráváním klesá v důsledku polymerace. Optimální doba pro sklizeň je tak v období mezi butonizací a kvetením, čímž je možné docílit kompromisu mezi biologickou aktivitou CT a výnosem. Začleněním vičence ligrus do porostu vojtěšky seté lze eliminovat nadýmavé vlastnosti vojtěšky (Wang et al. 2015).

I přes vynikající nutriční vlastnosti je zařazení vičence do porostů problematické. Špatně snáší vyšší počet sečí, zejména ve vztahu ke schopnosti přezimovat (Biliget et al. 2021). Zakládání porostů je nákladné a jeho vývoj je pomalý, takže je důležité redukovat plevel, který porost oslabuje. Optimální z hlediska zajištění vytrvalosti vičence v porostu jsou dvě seče za rok po odkvětu (Waghorn et al. 1998), což však nekoresponduje se zachováním optimálních nutričních vlastností.



Obrázek 6: Kvetoucí vičenec ligrus. (zdroj: vedoucí práce)

3.4.3.2 Nutriční vlastnosti

Průměrný obsah CT v sušině vičence je 3 – 8 % (MacAdam&Villalba 2015), v pozdějších fenologických fázích jejich obsah v rostlině klesá. Tento pokles lze vysvětlit poklesem podílu listů, kde jsou CT převážně kumulovány, vůči zbytku rostlinné biomasy (Wang et al. 2015). Dle Li et al. (2014) je syntéza CT velmi dynamickým procesem, zejména u mladých rostlin, neboť investují do chemické ochrany orgánů proti škůdcům. Během stárnutí rostliny klesá tvorba CT, vznikají složitější polymery a tím se snižuje biologická aktivita CT (Wang et al. 2015).

Zajímavostí je, že koncentrace CT v první seči je nižší než v sečích následujících, a také biologická aktivita CT v pozdějších sečích roste. Dá se předpokládat, že rostlina tvoří více CT, aby odradila býložravce v období obrůstání, kdy povětrnostní podmínky (sucho a vysoké teploty) nahrávají rostlinným patogenům a hmyzu (Wang et al. 2015).

Pokud je vojtěška setá krmena ve směsi s vičencem (v podílu 70 % vojtěšky a 30 % vičence), výrazně se snižuje její nadýmový efekt díky přítomnosti CT, a to až o 98 %. Bylo zjištěno, že pro redukci nadýmání stačí koncentrace CT 1 mg/g sušiny píce. Na jaře je růst obou druhů podobný, avšak po spásání obrůstá vičenec výrazně pomaleji, což opět zvyšuje riziko nadýmání (Biliget et al. 2021). Vyšší stravitelnost organické hmoty a CP byla prokázána také u vojtěškových siláží s přídatkem vičence, a to o 6 – 7 % (Hayot Carbonero et al. 2011).

Rostliny v dřívějších fenologických fázích obsahují v sušině 21 % hrubého proteinu a až 20 % rozpustných cukrů. Stravitelnost organické hmoty se pohybuje kolem 70 %. Mladé rostliny mají rovněž velmi vysoký podíl listů, přibližně 70 %. U zralých rostlin podíl klesá přibližně na 50 % (Waghorn et al. 1998).

Nejlepší nutriční a biologické vlastnosti poskytuje vičenec v čerstvém stavu, v případě konzervace je vhodnější sušení než silážování (Wang et al. 2015). Během silážování ve směsi s dalšími píceinami ale vičenec díky obsahu CT potlačuje míru proteolýzy (Borreani et al. 2003). Dle těchto autorů je optimální doba sklizně v časně butonizaci, neboť v této fenofázi lze

nelézt kompromis mezi výnosem (více než 4 t/ha) a příznivými nutričními parametry (obsah NDF pod 400 g/kg DM a stravitelnost kolem 650 g/kg organické hmoty).

3.4.3.3 Dusíkaté látky

Obsah dusíkatých látek značně kolísá v průběhu dozrávání. V časných vegetačních fázích stanovili Borreani et al. (2003) obsah CP na 280 g/kg DM, avšak obsah CP výrazně poklesl při začátku butonizace na 130 g/kg DM. Po zbytek vegetačního cyklu obsah CP zůstal konstantní. Tento výrazný pokles byl zapříčiněn nárůstem podílu stonků, které obsahují méně CP než listy. V průběhu dozrávání navíc poklesl obsah CP ve stoncích, v listech se obsah CP příliš neměnil. Zhang et al. (2021) stanovili metodou NIRS obsah CP na 218 g/kg DM.

Studie ukázaly, že přítomnost CT výrazně zvyšuje zadržování CP v bachoru, a to až o 19 – 124 %. Zvyšuje také stravitelnost proteinu v tenkém střevě o 17 – 56 % (Hayot Carbonero et al. 2011).

3.4.3.4 Sacharidy

Obsah NDF v průběhu vegetace značně narůstá souběžně s narůstajícím podílem stonků vůči listům. NDF navíc narůstá i ve stoncích, a to ze 461 na 576 g/kg DM. V celé rostlině narůstá množství NDF z 230 na 502 g/kg DM (Borreani et al. 2003). Dle Zhanga et al. (2021) je průměrný obsah aNDF ve vičenci 252 g/kg DM.

Obsah NFC stanovili Zhang et al. (2021) na 476 g/kg DM. Množství WSC bylo stanoveno na 110,1 g/kg DM, což je přibližně o 23 g/kg DM více než v případě vojtěšky seté. Obsah škrobu je však ve srovnání s vojtěškou setou a štírovníkem růžkatým nižší, a to 31,8 g/kg DM.

3.4.4 Jetel luční (*Trifolium pratense* L.)

3.4.4.1 Agrotechnické vlastnosti

Jetel luční (*Trifolium pratense* L.) je víceletá obrůstající jetelovina pěstovaná zejména v mírném pásmu (Šantrůček et al. 2008). Je však dobře adaptován na široké spektrum půdních typů a různě úrodné půdy. Je skvělým fixátorem vzdušného N a je vhodnou plodinou do osevního postupu. Poskytuje velmi kvalitní píci vhodnou pro silážování (Drobná 2009). Současné odrůdy poskytují výnosy přesahující 10 t sena/ha (Šantrůček et al. 2008). V optimálních podmínkách může výnosově dokonce konkurovat vojtěšce (Grabber 2009, Marković et al. 2022).

Porosty jetele lučního se snadno zakládají. Jetel oproti vojtěšce seté lépe snáší zamokřená stanoviště s kyslejšími půdami. Vytrvalost porostů jetele je však oproti vojtěšce horší, zpravidla vydrží 2 – 3 roky (Wiersma et al. 1998, Marley et al. 2003). Vytrvalejší odrůdy však vykazují nižší konkurenceschopnost vůči doprovodným druhům (Marley et al. 2003). Nejvyšší výnosy poskytuje jetel zpravidla v prvním užitkovém roce. Optimální počet sečí je 2 – 3 za rok, nicméně 3 seče za rok negativně ovlivňují výnosy v následném roce. Pro získání kvalitní píce je vhodné provádět seče v časnějších fázích zralosti a s vyšší frekvencí, nicméně z hlediska vytrvalosti porostu není tento přístup zcela vhodný. Jsou však šlechtěny odrůdy odolnější vůči frekvenčnějším sečím v ranějších fázích zralosti (Wiersma et al. 1998).

3.4.4.2 Nutriční hodnota

Kvalita píce závisí na mnoha faktorech zahrnujících růst a vývoj rostlin, přírodní podmínky, systém sečí, hnojení a odrůdu. Jednotlivé odrůdy vykazují variabilitu v kvalitě píce v závislosti na fenologické fázi během seče, ale také na ploiditě. Tetraploidní odrůdy typicky obsahují více hrubého proteinu, WSC, draslíku a fosforu ve srovnání s diploidními odrůdami, ale obsahují méně vlákniny (Marković et al. 2022).

Jetel luční obsahuje ve srovnání s vojtěškou méně CP, zpravidla 165 – 191 g/kg sušiny a méně sirných aminokyselin. Porosty jetele pomaleji lignifikují a obsahují méně vlákniny ve srovnání s vojtěškou (Zeman 2006). Oproti vojtěšce jetel stárne pomaleji, a proto poskytuje kvalitní píci i v pozdějších fenologických fázích (Šantrůček et al. 2008, Westreicher-Kristen et al. 2021). Stravitelnost vlákniny oproti vojtěšce je velice dobrá a jetel rovněž obsahuje více RUP, avšak doживost skotu krmeného jetelem lučním je nižší, než by bylo očekáváno. Vazba aminokyselin na chinony tvořené polyfenoloxidázou způsobuje nižší proteolýzu v jeteli, čímž se zvyšuje vylučování N výkaly a absorpce aminokyselin v tenkém střevě může být snížena. Dalším vysvětlením pro nízkou produktivitu dojnic krmených jetelem může být nedostatečné množství RDP pro syntézu mikrobiálního proteinu, který slouží jako důležitý zdroj bílkovin pro přežvýkavce (Grabber 2009).

Jetel luční obsahuje zanedbatelné množství taninů, dle Grabbera (2009) 1,3 g/kg DM, ale chinony vznikající oxidací fenolických sloučenin mají pravděpodobně obdobnou funkci ve vazbě na proteiny, jako CT (Cassida et al. 2000). Experimenty *in vitro* a *in silo* bylo prokázáno, že účinkem PPO se snižuje míra lipolýzy a proteolýzy během silážování. Toto zjištění nabízí předpoklad, že by následně mohla být snížena míra biohydrogenace polynenasycených mastných kyselin (PUFA) v batoru (Van Ranst 2009).

Negativní vliv na zdraví zvířat mohou mít v jeteli přítomné isoflavony (formononetin, daidzen, genistein a biochanin A) vykazující fytoestrogenní aktivitu (Zeman 2006). Biochanin A má také vliv na fermentaci v batoru. Inhibuje činnost metanogenních bakterií a naopak podporuje celulolytické bakterie a rozklad vlákniny. Suplementace biochaninu A dokonce zvyšuje průměrný denní přírůstek pasoucích se zvířat (Harlow et al. 2020).

3.4.4.3 Dusíkaté látky

Obsah hrubého proteinu v jeteli lučním kolísá zpravidla v rozmezí 180 – 200 g/kg DM (Grabber 2009, Sousa et al. 2020), dle Zemana (2006) 165 – 190 g/kg DM. V pozdějších fenologických fázích obsah CP klesá, v případě diploidního jetele z 160 g/kg DM na 135 g/kg DM, u tetraploidního ze 180 na 149 g/kg DM (Marković et al. 2022).

Ve srovnání s vojtěškou setou obsahuje jetel luční výrazně nižší podíl nebílkovinného N, tedy proteinové frakce PA, a to 21 – 28 % z celkového CP. Frakce PB1 je v jeteli obsažena minimálně (1,7 – 2,8 %). Naopak vysoký podíl tvoří frakce PB2 (24 – 31 %) a PB3 (33 – 46 %). Nedegradovatelná frakce PC je zastoupena z 5 – 7 % (Sousa et al. 2020). Grabber (2009) dospěl k mírně odlišným výsledkům s rozdílem zejména v podílu frakce B2 (57 %) a B3 (14 %). Byl stanoven rovněž odhadnut podíl RUP pomocí proteázy, a to na 29 % CP. Vyšší podíl RUP ve srovnání s vojtěškou setou lze vysvětlit aktivitou polyfenoloxidázy (Marković et al. 2022).

3.4.4.4 Sacharidy

Ve srovnání s vojtěškou obsahuje jetel luční více vodorozpustných sacharidů, a to až 80 – 120 g/kg DM (Zeman 2006, Fijałkowska et al. 2015). Sousa et al. (2020) stanovili obsah WSC v rozmezí 62 – 94 g/kg DM. Vyšší obsah NSC potvrzuje rovněž Pelletier et al. (2010) a uvádí, že obsah NSC v jeteli může konkurovat i některým druhům trav, například kostřavě rákosovité.

Obsah NDF je též značně variabilní. Sousa et al. (2020) stanovili obsah NDF v prvním roce po výsevu na 382 g/kg DM, ve druhém roce obsah NDF poklesnul na 319 g/kg DM. Marković et al. (2022) stanovili obsah amylázou upravené NDF v rozmezí 422 – 449 g/kg DM a rovněž potvrdili nárůst podílu NDF v období kvetení ve srovnání s butonizací.

3.4.5 Festulolium

Festulolium je mezidruhový kříženec jílku a kostřavy pěstovaný zejména z důvodu kombinování agronomických benefitů obou druhů, a to vysokých výnosů a kvality jílků s odolností kostřav (Homolka et al. 2018). Festulolium je jedním z nejvytrvalejších a nejproduktivnějších druhů vytrvalých trav, zejména v nepříznivých podmínkách. Poskytuje chutnou a ve srovnání s ostatními druhy trav stravitelnou píci, protože tvoří velké množství jemných listnatých výhonků. Festulolium je vhodné jak ke krmení čerstvé píce, pastvě, ale i k výrobě sena a siláží (Obraztsov et al. 2022). Výnos je značně variabilní v závislosti na podmínkách, dle Staniaka&Harasima (2018) se pohybuje v rozmezí 10,3 – 15,1 t/ha DM.

Homolka et al. (2018) analyzoval nutriční vlastnosti kostřavovitých a jílkovitých typů. Obsah hrubého proteinu kolísal u obou variant okolo hodnoty 140 g/kg DM. Fijałkowska&Borsuk (2019) stanovili průměrný obsah CP u různých kultivarů festulolia na 190 g/kg CP.

Obsah NDF se pohybuje v rozmezí 462 – 532 g/kg DM (Østrem et al. 2015), dle Skládanky et al. (2008) dosahuje až 583 g/kg DM. Stravitelnost NDF je obecně velmi vysoká (772 – 827 g/kg DM), obecně je vyšší v jarních porostech, než v porostech obrůstajících (Østrem et al. 2015). Z hlediska kvality píce je důležitým ukazatelem míra lignifikace, která byla vyšší u jílkovitých typů (49 g/kg DM) ve srovnání s kostřavovými (31 g/kg DM), nicméně z hlediska stravitelnosti je rozhodující také obsah NDF a obsah hrubé vlákniny (Homolka et al. 2018).

Festulolium je druhem bohatým na vodorozpustné cukry, dle Obraztsova et al. (2022) obsahuje 147 – 194 g/kg DM. Obsah WSC je však ovlivněn mnoha faktory, mezi které patří odrůda, agrotechnická opatření a vodní stres. Bylo prokázáno, že vodní stres pozitivně koreluje s obsahem WSC, avšak je nutné zmínit, že nedostatek vody negativně ovlivňuje výnosy (Staniak&Harasim 2018).

3.4.6 Kostřava rákosovitá (*Festuca arundinacea*)

Kostřava rákosovitá (*Festuca arundinacea*) je trávou produktivní zejména v letních měsících, avšak poskytuje méně kvalitní píci, což má za následek snížení mléčné produkce u dojnic (Callow et al. 2003). Kostřava je hluboko kořenící, adaptabilní a odolnou pícninou, která je schopna poskytovat kvalitní výnos v různých podnebních a půdních podmínkách (Thompson

2013) s dobrou schopností obrůstat (Richard et al. 2020). Maximální produkce dosahuje ve druhém roce po výsevu, kdy se však stává velmi konkurenční pícninou (Šantrůček et al. 2008), což je nevýhodou pro pěstování v jetelotravních směsích. Výnosy mohou při adekvátním hnojení dosahovat až 11 t/ha (Koc et al. 2004). Nevýhodou je nižší chutnost a horší přijímání píce zvířaty, zejména kvůli drsnosti listů (Richard et al. 2020).

Nutriční vlastnosti jsou ovlivněny zejména fenologickou fází a podílem listů (Scheneiter et al. 2016). Insua et al. (2018) uvádí, že nutriční vlastnosti a stravitelnost NDF se zhoršují se stářím porostu a délkou listů. Podíl NDF u starého porostu dosahuje 648 g/kg DM, zatímco u porostu mladšího 582 – 607 g/kg DM. Stravitelnost klesá ze 39,3 – 47,9 % na 29,6 – 32 %.

Koncentrace NSC klesá se stářím porostu, zejména díky nižšímu podílu fruktanů. Množství NSC může během roku poklesnout téměř na polovinu, v jarních měsících dosahuje jejich podíl až 238 g/kg DM, zatímco na podzim pouze 141 g/kg DM. Podíl NSC rovněž kolísá během dne díky fotosyntetické aktivitě rostlin, nejvyšší koncentrace NSC v rostlině lze detekovat v odpoledních hodinách (Shewmaker et al. 2006).

Obsah hrubého proteinu je variabilní v závislosti na hnojení. Koc et al. (2004) uvádějí, že v píci kostravy rákosovité se nachází 100 – 113 g/kg DM hrubého proteinu. Nízký obsah CP v píci lze kompenzovat například pěstováním kostravy ve směsi s vojtěškou setou.

3.4.7 Benefity jetelovino-travních směsí

Vojtěška setá je nutričně vysoce kvalitní pícninou, avšak z důvodu nepříznivého poměru CP a fermentovatelné energie není její potenciál zcela naplněn. Nabízí se tak možnost pěstování vojtěšky seté ve směsích s taninovými druhy jetelovin, které mají schopnost zpomalit bachorovu degradaci proteinu (Aufrère et al. 2012), nebo s druhy bohatšími na rychle fermentovatelné cukry (Tremblay et al. 2023). Jak však bylo uvedeno dříve, značnou nevýhodou taninových druhů pěstovaných v monokultuře je jejich nízký výnos (MacAdam&Villalba 2015). Ve srovnání s monokulturami tak nabízejí jetelotravní směsi několik výhod, jak z hlediska agrotechniky, tak z hlediska nutričních parametrů (Bélanger et al. 2017). Přínos jetelovin je významný zejména z hlediska vysokého obsahu dusíkatých látek, zatímco trávy jsou bohatším zdrojem sacharidů. Trávy mohou navíc benefitovat z dusíku vázaného jetelovinami (Albayak&Türk 2013)

Jetelotravní směsi poskytují stabilnější výnos v různých podmínkách ve srovnání s monokulturami a jsou odolnější vůči zaplevelení (Bélanger et al. 2017). Systémy rozmanitých jetelotravních porostů jsou odolnější vůči plevelům díky vytvoření vysoce konkurenčního prostředí pomocí využívání širšího spektra zdrojů a živin. Směsi rovněž zpravidla zahrnují několik vysoce produktivních a dominantních druhů, které brání zaplevelení (Sanderson et al. 2012). Jeteloviny navíc nabízejí potenciál z hlediska snížení potřeby hnojení porostů díky schopnosti vázat vzdušný dusík prostřednictvím symbiózy s bakteriemi z rodu *rhizobium* (Döring et al. 2012).

Výběr pícních druhů do jetelotravních směsí ale ovlivňuje i degradovatelnost a využitelnost proteinu v krmné dávce přežvýkavců. Jetelotravní směsi nabízejí potenciál z hlediska zlepšení poměru vodorozpustných sacharidů ku proteinu (WSC/CP). Poměr WSC/CP a poměr mezi rychle rozpustnými sacharidovými frakcemi (CA a CB1) a rychle degradovatelnými proteinovými frakcemi (PA a PB1) jsou významné ukazatele bachorových

ztrát N (da Silva et al. 2014). Jeteloviny jsou pro zvířata významným zdrojem bílkovin, avšak tyto zdroje N jsou často rychle degradovány. Za souběžného nedostatku fermentovatelné organické hmoty dochází k neefektivnímu využití N a jeho ztrátám do prostředí, zejména v pastevních systémech. Bylo prokázáno, že zvýšení koncentrace WSC zlepšuje efektivitu využití N u dojnic, a proto jsou pro jejich výživu využívány binární směsi jetelovin a trav k potenciálnímu zvýšení obsahu WSC v píci (da Silva et al. 2013).

Bylo prokázáno, že efektivita využití dusíku (NUE) naroste, když poměr WSC/CP přesáhne hodnoty 0,7 – 0,75 (Tremblay et al. 2023). Hodnota tohoto poměru se pohybuje v rozmezí 0,5 – 2,4. Nárůst tohoto ukazatele negativně koreluje s dusíkem vylučovaným močí. Synchronizací poměru energie a dusíkatých látek lze rovněž redukovat produkci metanu (da Silva et al. 2014). V pícních směsích na bázi vojtěšky může být navýšení hodnoty dosaženo přidáním vhodných pícních druhů bohatých na WSC, jakými jsou například jílek vytrvalý (*Lolium perenne*L.), kostřava rákosovitá (*Schedonorus arudinaceus*) a z jetelovin jetel luční (*Trifolium pratense*L.) (Tremblay et al. 2023).

Da Silva et al. (2014) uvádějí, že poměr rychle fermentovatelné energie (sacharidové frakce CA a CB1) ku proteinovým frakcím PA a PB1 v jetelotravních směsích se pohybuje v rozmezí 4,33 – 5,64. Směsi na bázi vojtěšky vykazovaly vyšší hodnotu v obou poměrech (WCS/CP i (CA + CB1)/(PA + PB1)) ve srovnání se směsí na bázi štírovníku růžkatého (0,94 vs. 0,69, respektive 5,42 vs. 4,47).

Z výše uvedeného vyplývá, že vhodně sestavené směsi nabízí mimo tradiční optimalizace produkčních ukazatelů i možnost vyšší efektivity využívání N, ale tato možnost není v praxi významněji zohledňována, neboť zde chybí experimenty, které by porovnávaly různé směsi i s ohledem na frakcionaci proteinů i sacharidů. Tuto mezeru se snaží zaplnit tato práce.

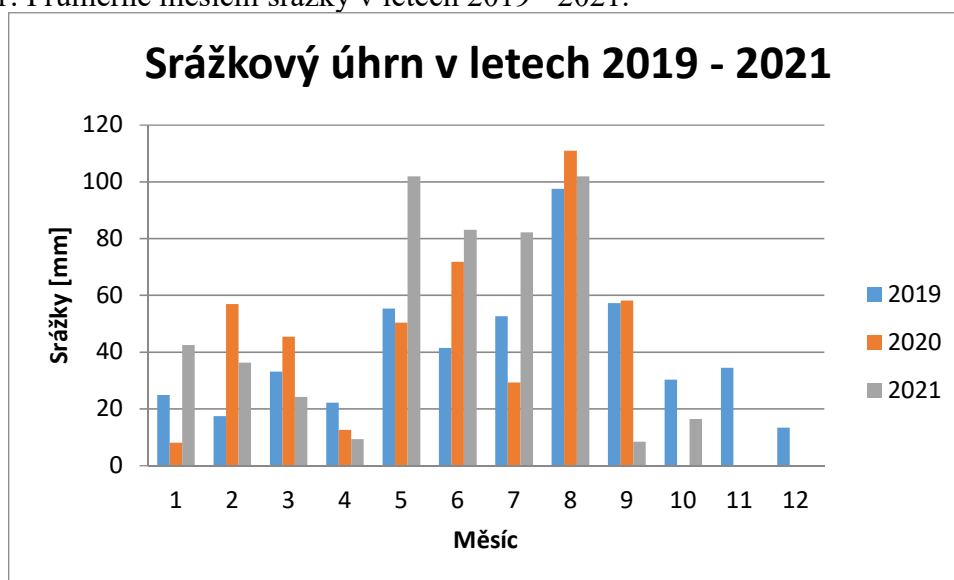
4 Metodika

Polní pokus byl realizován v rámci projektu „Increasing the production and utilization of alfalfa forages in Canada“ ve spolupráci s kanadským výzkumným ústavem Agriculture and Agri-Food Canada, Quebec. V rámci tohoto experimentu byly založeny pokusy na pěti lokalitách, z toho čtyři v Kanadě a jedna v ČR. V rámci pokusu byly stanoveny nejen výnosové charakteristiky a zastoupení druhů ve směsi, ale i vybrané nutriční parametry píce s ohledem na posouzení potenciálu vyššího využití N.

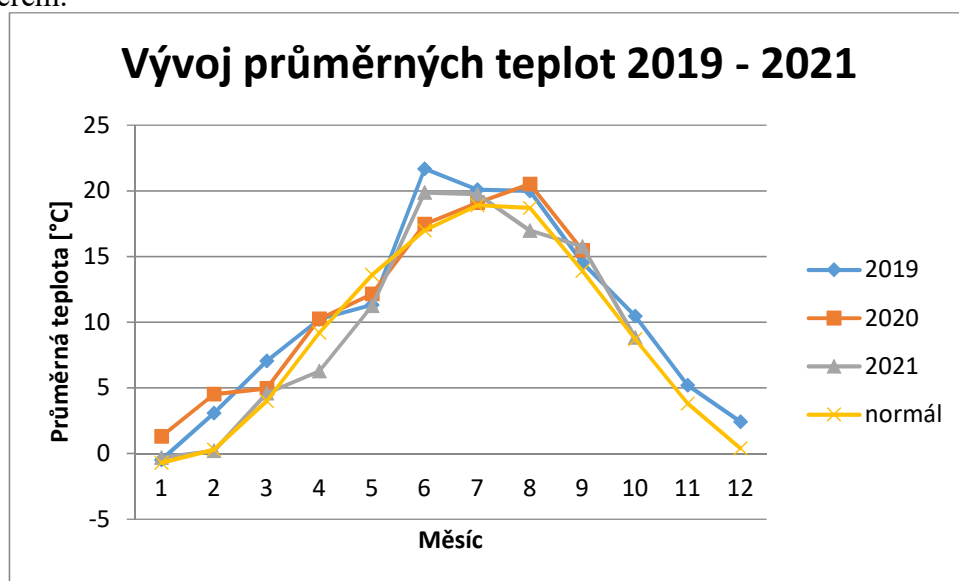
4.1 Charakteristika stanoviště

Experiment byl založen v roce 2018 na pozemcích spadajících pod Výzkumnou stanici v Červeném Újezdě v okrese Praha – západ. Tato obec leží v nadmořské výšce 401 m. n. m. Půdy v této oblasti jsou hlinité, středně těžké hnědozemě se sprašovým podložím. Průměrný srážkový úhrn a vývoj průměrných teplot na stanovišti ve třech užitkových letech (2019 – 2021) je uveden v Grafech 1 a 2.

Graf 1: Průměrné měsíční srážky v letech 2019 - 2021.



Graf 2: Průměrné měsíční teploty v letech 2019 - 2021 ve srovnání s dlouhodobým průměrem.



4.2 Design pokusu

V rámci pokusu bylo testováno 24 variant, přičemž každá z variant byla vyseta ve 4 opakováních ve 4 náhodných blocích. Design experimentu je znázorněn v příloze P1. Jednotlivé parcely byly o rozměrech 2,5 * 7,2 m a pro hodnocení výnosu byla sklížena plocha 10 m².

Základní jetelovinou zakomponovanou do všech variant byla vojtěška setá (AL; odrůda Zuzana). K vojtěšce byly ve třech různých poměrech (25 %, 50 %, 75 %) doplňovány tři doprovodné jeteloviny: jetel luční (RC; odrůda Callisto), štirovník růžkatý (BT; odrůda Táborák) a vičenec ligrus (CS; odrůda ŽE OV 3). K vojtěšce, vojtěšce s jetelem a vojtěšce se štirovníkem byly ještě doplněny dva druhy trav: kostřava rákosovitá (FA; odrůda Kora) a festulolium (FE; odrůda Felina). Pro účel statistického vyhodnocení však varianty s trávami nebyly rozdělovány dle druhů přidaných trav a byly sloučeny do variant „jetelovina / jeteloviny + trávy“. Jednotlivé výsevky u vybraných variant jsou uvedeny v tabulce 2. Výsevek trav ve směsi byl vždy konstantní, 500 klíčivých semen na m².

Tabulka 2: Výsevky v testovaných směsích.

Varianta	Podíly druhů (%)	Počet klíčivých semen na m ²					
		AL	RC	BT	CS	FA	FE
1	AL 100	600					
2	AL + FA	450				500	
3	AL + FE	450					500
4	AL 75 + RC 25	450	150				
5	AL 75 + RC 25 + FA	338	113			500	
6	AL 75 + RC 25 + FE	338	113				500
7	AL 50 + RC 50	300	300				
8	AL 50 + RC 50 + FA	225	225			500	
9	AL 50 + RC 50 + FE	225	225				500
10	AL 25 + RC 75	150	450				
11	AL 25 + RC 75 + FA	113	338			500	
12	AL 25 + RC 75 + FE	113	338				500
13	AL 75 + BT 25	450		150			
14	AL 75 + BT 25 + FA	338		113		500	
15	AL 75 + BT 25 + FE	338		113			500
16	AL 50 + BT 50	300		300			
17	AL 50 + BT 50 + FA	225		225		500	
18	AL 50 + BT 50 + FE	225		225			500
19	AL 25 + BT 75	150		450			
20	AL 25 + BT 75 + FA	113		338		500	
21	AL 25 + BT 75 + FE	113		338			500
22	AL 75 + CS 25	450			150		
23	AL 50 + CS 50	300			300		
24	AL 25 + CS 75	150			450		

4.3 Seče a zpracování rostlinného materiálu

Před každou sečí byl na každé parcele odebrán vzorek ze tří řádků o délce 50 cm, kdy tyto vzorky byly ručně vystříhány zahradními nůžkami při výšce strniště 5 cm. Vzorky byly následně v laboratoři rozděleny dle druhů a byly stanoveny hmotnosti jednotlivých druhů v čerstvém stavu pro stanovení reálných podílů pícnin v porostu. Tyto vzorky byly následně sušeny v sušárně Venticell při 103 °C do konstantní hmotnosti. Po usušení byly vzorky znovu zváženy pro stanovení hmotnostního podílu sušiny.

Každý rok byly provedeny tři seče v datech uvedených v tabulce 3. Parcely byly sklizeny žacíím strojem MF-70 na výšku strniště 5 cm. Výnosy z každé parcely při sklizňové ploše 10 m² byly váženy pomocí závěsné váhy a loktuše. Následně byl z každé parcely náhodně odebrán vzorek o hmotnosti cca 500 g. Poté byly tyto vzorky v laboratoři zváženy a umístěny do sušárny Venticell, kde byly při 60 °C sušeny do konstantní hmotnosti. Vzorky v suchém stavu byly znovu zváženy a poté byly rozemlety na řezacím mlýnku Fritsch na 6mm sítu. Z homogenní

hmoty bylo následně odebráno 300 ml vzorku. Takto připravené vzorky byly odeslány do Kanady na kvalitativní analýzu.

Tabulka 3: Data sečí v jednotlivých letech.

Rok	1.seč	2.seč	3.seč
2019	4. června	17. července	4. září
2020	3. června	14. července	3. září
2021	2. června	15. července	1. září

4.4 Vyhodnocení nutričních parametrů pomocí NIRS

Pro kvalitativní analýzu vzorků provedenou v kanadském výzkumném ústavu byla využita metoda NIRS (near infrared spectroscopy – blízká infračervená spektroskopie), pro kterou byly zaslané vzorky mlety na síť 2 mm pro vyloučení vlivu mletí na sledované parametry. Vlastní metoda NIRS je založena na měření absorbance záření o vlnové délce 900–2600nm. Pro správnost a přesnost výsledků je nezbytná kalibrace přístroje, proto byly provedeny rovněž standardní chemické analýzy, ze kterých byla použita data pro kalibraci měření metodou NIRS.

Metodou NIRS na přístroji DS2500 byly stanoveny následující nutriční parametry: IVTD (skutečná stravitelnost *in vitro*), NDFd (stravitelnost neutrálně detergentní vlákniny), cukry, škrob, pektiny, NDSC (sacharidy rozpustné v neutrálním detergentu), aNDF (neutrálně detergentní vláknina po úpravě s amylázou), celkový obsah sacharidů, celkový obsah N a proteinové frakce A, B1, B2 a B3 + C.

Aby byly výsledky analyzované pomocí NIRS vypovídající, je nezbytné provést standardizaci běžnými chemickými analýzami a následně vytvořit kalibrační rovnice pro NIRS. Ukazatelem, který vypovídá o kvalitě kalibrace je index RPD (poměr standardní chyby ke standardní odchylce), který se stanoví jako podíl SEP (standardní chyba predikce) a směrodatné odchylky hodnot vzorků v testovací sadě. Pokud je hodnota RPD rovna jedné, pak se SEP rovná směrodatné odchylce, což znamená, že model nepredikuje referenční hodnoty. Vyšší hodnoty RPD tak značí přesněji nastavený model. Statistické hodnoty kalibračních rovnic jednotlivých kvalitativních parametrů jsou uvedeny v tabulce 4, interpretace koeficientu RPD je uvedena v tabulce 5.

Tabulka 4: Statistika přesnosti predikce pro vybrané nutriční parametry.

Veličina	N	Gradient	Sklon	Průměr	SD	SEP	RSQ	SEP(C)	RPD
ADF	54	-2,742	0,952	298,721	45,583	13,903	0,911	13,758	3,31
aNDF	54	1,162	1,018	387,491	60,72	13,827	0,948	13,907	4,37
IVTD	54	0,71	0,99	842,154	41,761	13,057	0,901	13,161	3,17
NDFd	54	5,03	1,061	587,402	92,338	29,46	0,902	29,3	3,15
Ntotal	54	-0,013	0,97	30,04	5,749	1,49	0,932	1,504	3,82
B1B2B3C	54	-0,247	0,953	21,812	4,63	1,045	0,953	1,025	4,52
B2B3C	54	0,19	1,036	17,956	3,761	1,179	0,904	1,174	3,20
B3C	54	-0,128	0,991	5,649	2,182	0,705	0,897	0,7	3,12
C	40	0,246	1,07	2,556	1,412	0,651	0,816	0,611	2,31
Starch	54	0,467	0,989	35,338	19,745	4,876	0,939	4,899	4,03
SC	54	0,567	1,056	346,573	59,989	14,739	0,941	14,866	4,04
TC	54	-1,507	0,955	659,518	51	15,282	0,911	15,35	3,32
B1B2B3	54	-0,381	0,959	19,509	4,131	1,167	0,929	1,113	3,71
B2B3	54	0,224	1,011	15,652	3,399	1,03	0,911	1,015	3,35

SD – směrodatná odchylka; SEP – standardní chyba predikce; RSQ – koeficient determinace; SEP – standardní chyba predikce; RPD – poměr standardní chyby ke standardní odchylce.

Tabulka 5: Interpretace koeficientu RPD.

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

4.5 Statistické vyhodnocení

Výsledky produkčních a kvalitativních parametrů byly vyhodnoceny vícefaktorovou analýzou rozptylu s interakcemi. Mezi vybrané faktory byl zařazen rok, pořadí seče a varianta směsi. Pro zjištění statisticky významných rozdílů byl použit Tuckeyho HSD test. Pro posouzení změn podílu druhů u vybraných variant byla využita regresní a korelační analýza. Tyto statistické analýzy byly provedeny v programu Statistica 12.0. Pro posouzení vlivu vybraných faktorů na frakce proteinů a sacharidů byla použita redundanční analýza (RDA) v programu Canoco 5 s následnou vizualizací vztahů mezi proměnnými pomocí ordinačních diagramů.

5 Výsledky

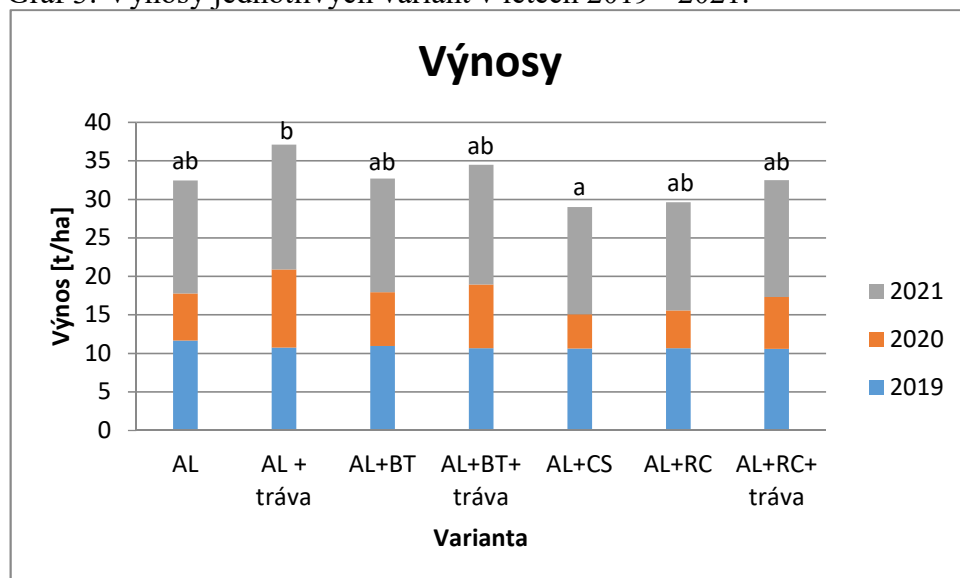
5.1 Výnosy

Základním hodnoceným parametrem při produkci píce je stanovení výnosu. Výsledky celkových výnosů za tři roky pro skupiny variant bez ohledu na podíly doprovodných druhů jsou uvedeny v grafu 3 s výraznými meziročními rozdíly, kde je patrné, že nejvyšší výnosy byly získány v roce 2021 a nejnižší v roce 2020. Nejvyšší výnosy za všechny tři roky poskytla vojtěškotravní směs, a to 37,1 t/ha, průměrný roční výnos byl 12,4 t/ha. Nejnižší výnos byl získán u směsi vojtěšky s vičencem, a to 29 t/ha za tři roky, průměrný roční výnos byl 9,7 t/ha. Mezi těmito variantami je statisticky významný rozdíl. Statisticky se od těchto variant neliší zbývající směsi (vojtěška se štírovníkem, vojtěška se štírovníkem a trávami, vojtěška s jetelem a vojtěška s jetelem a trávami) a monokultura vojtěšky. V těchto případech se průměrný roční výnos pohyboval v rozmezí 9,9 – 11,5 t/ha.

Z grafu 3 je dále patrné, že výnosově nejslabší byl rok 2020. Nejvýraznější byl rozdíl u směsi vojtěšky s vičencem, kde výnosy z roku 2020 dosahovaly pouze 32 % výnosu v roce 2021. Z tohoto pohledu byla výnosově stabilní vojtěškotráva, která v roce 2020 dosáhla výnos 63 % výnosu roku 2021.

V roce 2019 byly výnosy všech variant relativně podobné, nejvyšší výnos poskytla vojtěška (11,7 t/ha), všechny ostatní varianty se pohybovaly v rozmezí 10,6 – 10,9 t/ha. V roce 2020 byly rozdíly mezi variantami markantnější. Nejvyšší výnos poskytla vojtěškotráva (10,1 t/ha), dále vojtěška se štírovníkem a trávou (8,3 t/ha) a vojtěška se štírovníkem (7 t/ha). Nejnižších výnosů dosahovala vojtěška s jetelem (4,9 t/ha) a vojtěška s vičencem (4,4 t/ha). Z hlediska produkce sušiny byl nejvýnosnější rok 2021. Nejvyšší výnosy poskytla, stejně jako v roce 2020, vojtěškotráva (16,2 t/ha). Výnosově nejslabší byla vojtěška s vičencem (14 t/ha). Podrobný přehled výnosů jednotlivých variant ve třech užitkových letech je uveden v příloze P4.

Graf 3: Výnosy jednotlivých variant v letech 2019 - 2021.



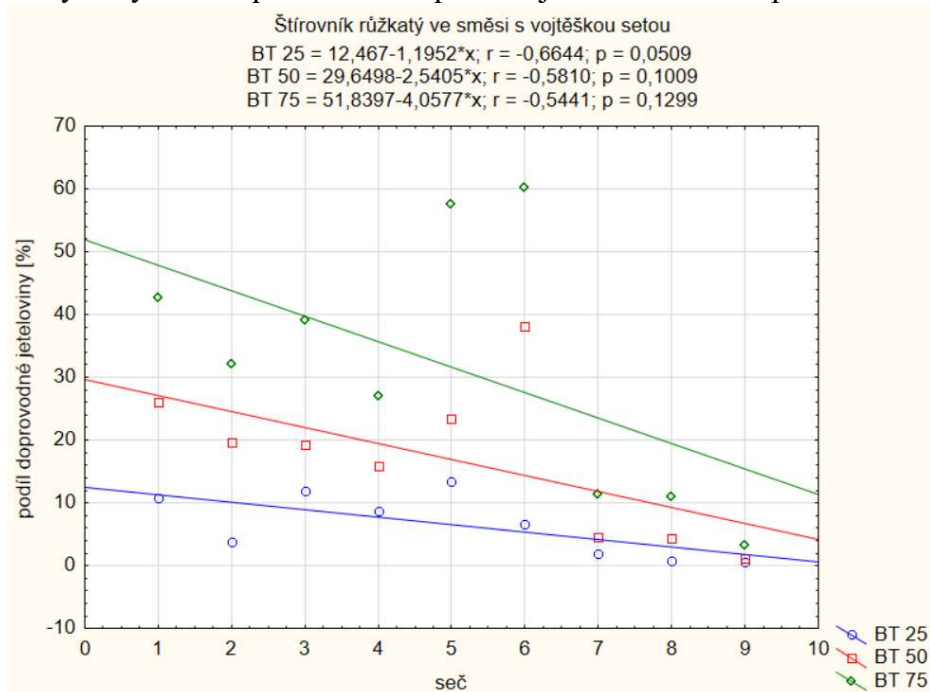
5.2 Vývoj zastoupení botanických druhů v porostech

Reálný vývoj botanického složení vybraných jetelotravních směsí je důležitým faktorem s ohledem na nutriční vlastnosti pícní směsi, která závisí na podílu jednotlivých komponent. Vyhodnocení trendu pomocí regresních analýz ukazuje změny v podílu vybraných druhů v devíti po sobě jdoucích sečích, prezentující jak sezonní (v rámci roku), tak i meziroční trendy.

5.2.1 Doprovodné jeteloviny ve směsi s vojtěškou

První hodnocenou skupinou z hlediska vývoje botanického složení jsou směsi vojtěšky s ostatními jetelovinami. Vývoj hmotnostního podílu štirovníku růžkatého, který je zobrazen na grafu 4, není statisticky průkazný ani u jednoho poměru, ale přesto je patrný postupný úbytek štirovníku mezi rokem 2019 (seč 1 – 3) a rokem 2021 (seč 7 – 9).

Graf 4: Vývoj hmotnostního podílu štirovníku růžkatého ve směsi s vojtěškou setou ve třech různých výsevních poměrech v 9 po sobě jdoucích sečích v průběhu tří let (2019 – 2021).

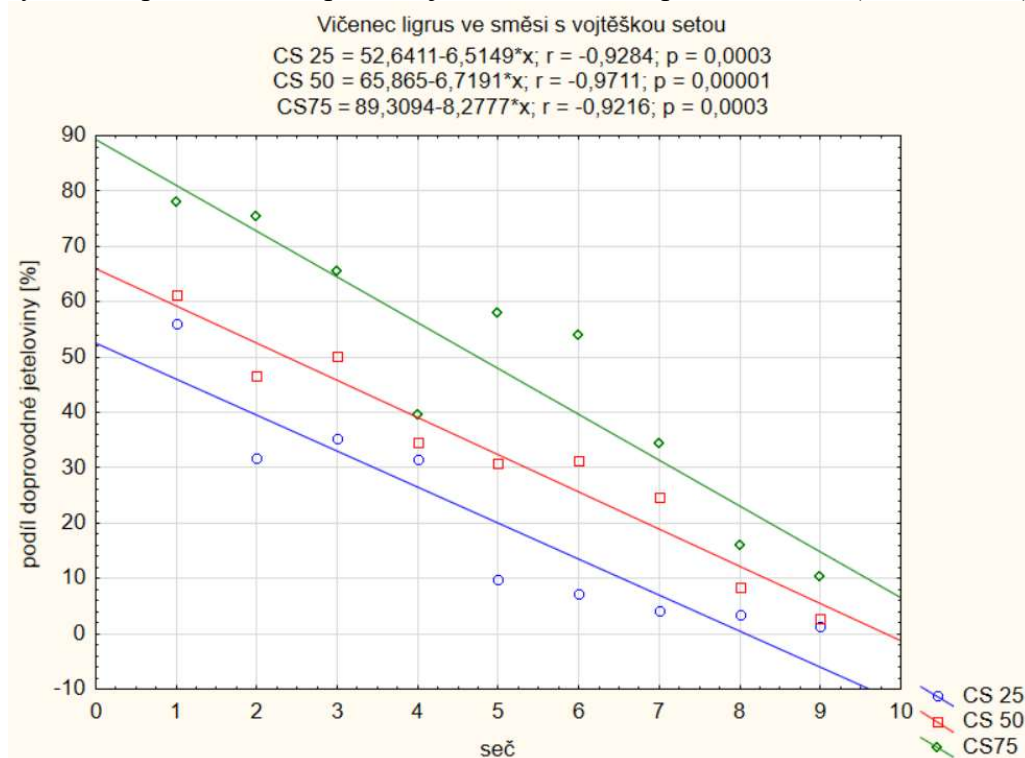


U varianty „AL 25 + BT 75“ ve třetí seči byl v roce 2019 hmotnostní podíl štirovníku 39 %, ale ve třetí seči roku 2021 už pouze 3,2 %. Ve druhém roce jsou naopak znatelné výrazné nárůsty hmotnostního podílu štirovníku v píci v letních sečích, a to až na 60 % ve třetí seči u varianty „AL 25 + BT 75“. Obdobná tendence je rovněž patrná také u obou zbývajících variant, a to „AL 50 + BT 50“ (38 % štirovníku ve 3. seči roku 2020) a „AL 75 + BT 25“ (13 % štirovníku).

V roce 2021 (seče 7 – 9) je již patrný výrazný úbytek podílu štírovníku. Z grafu je patrné, že v poslední seči v tomto roce již prakticky nezáleželo na počátečním výsevku u jednotlivých variant a hmotnostní podíl štírovníku byl velmi nízký (3,2 % u varianty „AL 25 + BT 75“, 1,2 % u varianty „AL 50 + BT 50“ a 0,7 % v případě varianty „AL 75 + BT 25“).

Vývoj hmotnostního podílu vičence ligrus ve směsi s vojtěškou setou je zobrazen na grafu 5 a je ve všech výsevních poměrech statisticky průkazný.

Graf 5: Vývoj hmotnostního podílu vičence ligrus ve směsi s vojtěškou setou ve třech různých výsevních poměrech v 9 po sobě jdoucích sečích v průběhu tří let (2019 – 2021).

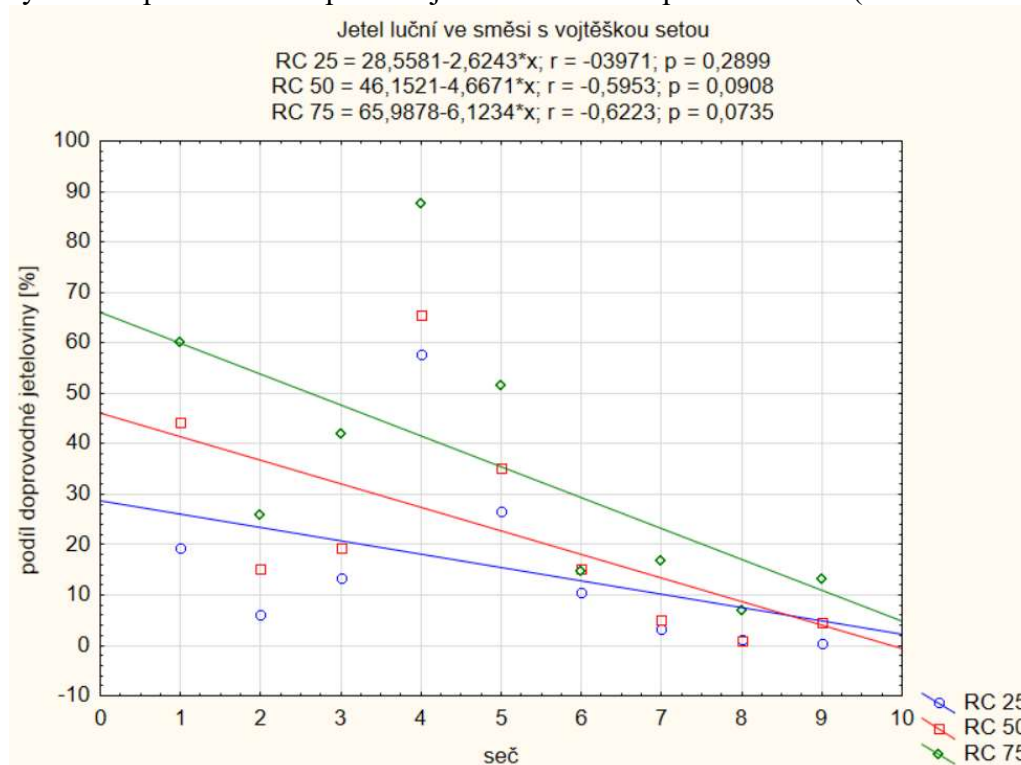


Z rovnice lineární funkce je patrné, že nejrychleji ubýval vičenec ve variantě „AL 25 + CS 75“, směrnice přímky je $-8,2777$ demonstruje pokles o 8% v každé seči. Úbytek vičence ve zbylých variantách („AL 50 + CS 50“ a „AL 75 + CS 25“) byl přibližně o 20 % pomalejší, než v případě varianty s nejvyšším výsevním podílem vičence.

Z grafu je rovněž patrné, že v seči 1 (rok 2019, 1. seč) vičenec hmotnostním podílem výrazně převažoval nad vojtěškou (78 % při výsevku 75 % vičence, 61 % při výsevku 50 % a 56 % při výsevku 25 %). Konstantní pokles hmotnostního podílu trval až do seče 9 (rok 2021, 3. seč), kdy vičenec zaujímal pouze 10 % (varianta s původním výsevkiem vičence 75 %), respektive 2,7 % (výsevek 50 %) a 1,3 % (výsevek 25 %).

Trend ve vývoji hmotnostního podílu jetele lučního (graf 6) je z tříletého pohledu rovněž klesající, avšak výsledky nejsou statisticky průkazné. V roce 2019 je patrný propad podílu jetele v druhé seči (seč 2), avšak v seči následující hmotnostní podíl opět vzrostl, a to o 45 - 46 %. V roce 2020 (seč 4 – 6) hmotnostní podíl jetele výrazně vzrostl, a to zejména v první seči (seč 4 v grafu). Ve variantě „AL 25 + RC 75“ tvořil dokonce 88 % hmotnosti výnosu, ve variantě „AL 50 + RC 50“ 65 % a v případě varianty „AL 75 + RC 25“ 58 %. Ve zbylých dvou sečích v tomto roce (seč 5 a 6) je patrný výrazný pokles hmotnostního podílu jetele. V roce 2021 (seč 7 – 9) byl již podíl jetele nízký a pohyboval se, při sloučení všech variant, v rozmezí 0,5 – 17 %.

Graf 6: Vývoj hmotnostního podílu jetele lučního ve směsi s vojtěškou setou ve třech různých výsevnicích poměrech v 9 po sobě jdoucích sečích v průběhu tří let (2019 – 2021).

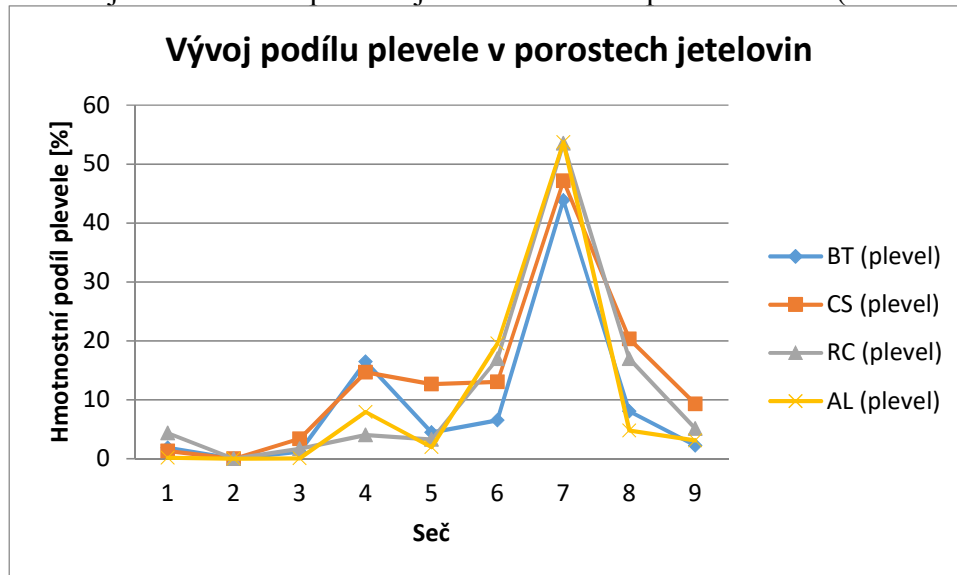


Obecně lze na základě lineárních regresí říci, že relativně nejrychleji ubývají doprovodné jeteloviny, jejichž výsevek byl v původní směsi nejvyšší, tedy 75 %. Nejpomaleji naopak ubývají doprovodné jeteloviny s nejnižším podílem výsevku (25 %), avšak podíl těchto jetelovin, s výjimkou vičence, je již od prvních sečí relativně nízký (19 % v případě jetele a 10 % v případě štírovníku). Významnou roli zde rovněž hraje sezonní dynamika s výraznějšími rozdíly mezi jarní sečí a letními sečemi, kdy se vičenec a štírovník nejobtížněji prosazují v první seči, zatímco jetel měl největší zastoupení obvykle v první seči daného roku.

Významnou roli v dynamice porostu s potenciálním dopadem na nutriční charakteristiky hraje také zaplevelení. Z grafu 7 je patrné, že vývoj podílu plevelů ve všech variantách jetelovinných směsí byl velmi podobný. V roce 2019 (seč 1 – 3) byl podíl plevelů obecně nízký, a to do 3,4 %. V roce 2020 (seč 4 – 6) podíl plevelů vzrostl, zejména ve směsích vojtěšky s vičencem. Skokový nárůst podílu plevelů je zřejmý v první seči roku 2021 (seč 7),

kdy plevel tvořil ve všech variantách hmotnostní podíl 44 – 54 %. V následujících sečích již hmotnostní podíl plevele klesal a ve 3. seči tohoto roku nepřesáhl 10 %.

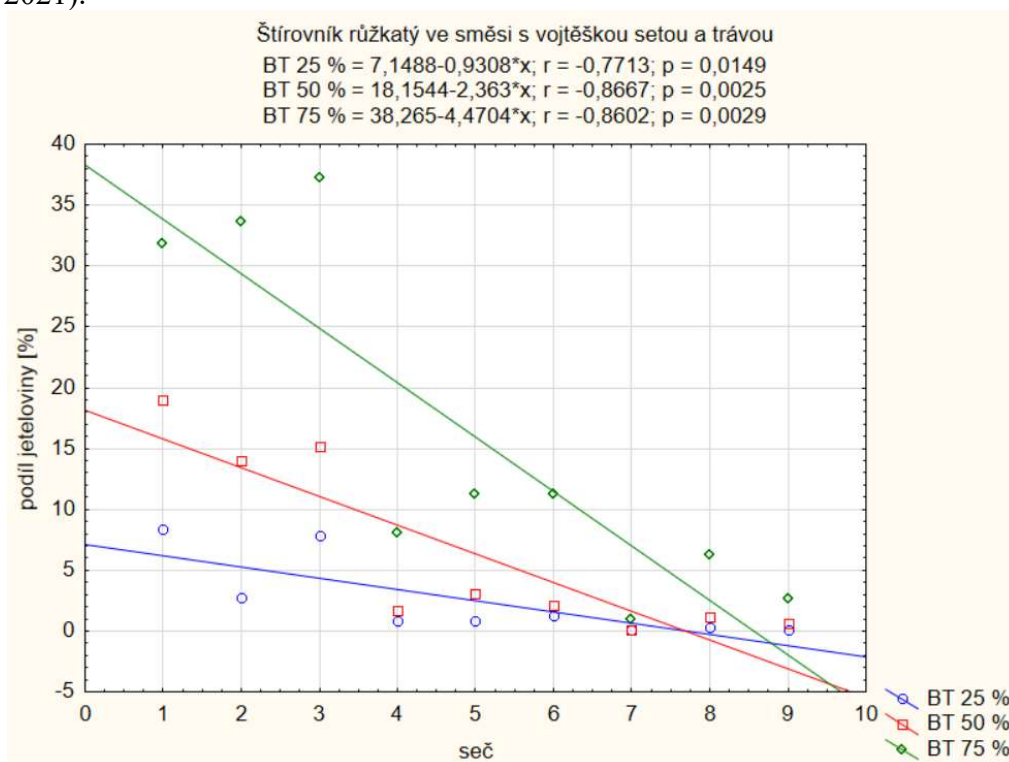
Graf 7: Vývoj hmotnostního podílu plevele v porostu vojtěšky seté a ve směsích vojtěšky seté s doprovodnou jetelovinou v 9 po sobě jdoucích sečích v průběhu tří let (2019 – 2021).



5.2.2 Jeteloviny ve směsi s trávami

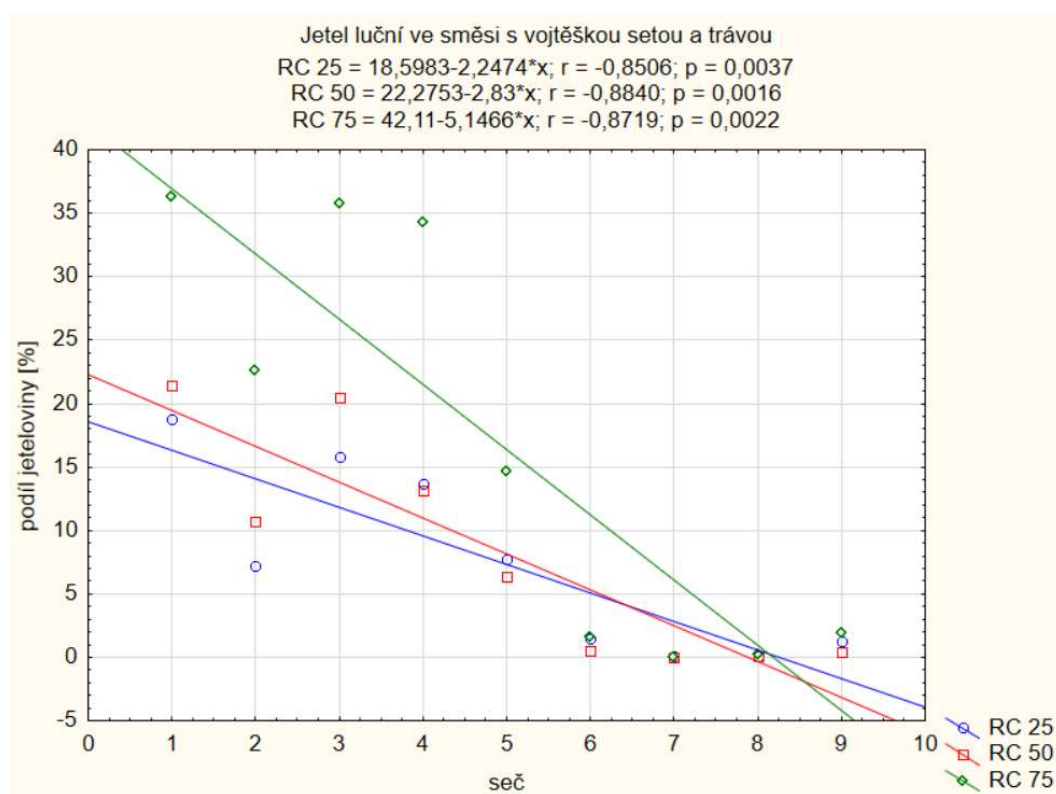
Druhou hodnocenou skupinou z hlediska botanického složení jsou jetelovinotravní směsi, tedy směs vojtěšky s trávou či vojtěšky a doprovodné jeteloviny (jetel nebo štírovník) s trávou.

Graf 8: Vývoj hmotnostního podílu štírovníku růžkatého ve směsi s vojtěškou setou a trávami ve třech různých výsevních poměrech v 9 po sobě jdoucích sečích v průběhu tří let (2019 – 2021).



Vývoj hmotnostního podílu štírovníku ve směsi s vojtěškou a trávami v čase je statisticky průkazný ve všech variantách. Z grafu 8 je patrné, že zásadní úbytek štírovníku nastal v roce 2020 (seč 4 – 6), a to ve všech variantách. Mezi 3. sečí roku 2019 (seč 3) a první sečí roku 2020 (seč 4) poklesl podíl štírovníku z 37 % na 8 % ve variantě „AL 25 + BT 75 + trávy“, z 15 % na 1,7 % ve variantě „AL 50 + BT 50 + trávy“ a ze 7 % na 0,8 % ve variantě „AL 75 + BT 25 + trávy“. V posledních dvou variantách štírovník z porostu prakticky vymizel a jeho podíl v sečích 5 – 9 již nepřesáhl 3,1 %. Štírovník ve variantě s nejvyšším výsevkem ve 2. a 3. seči v roce 2020 (seč 5 a 6) tvořil ještě přibližně 11 % hmotnostního podílu v píci, ale v roce 2021 (seč 7 – 9) jeho podíl kolísal pouze mezi 1 a 6,2 %.

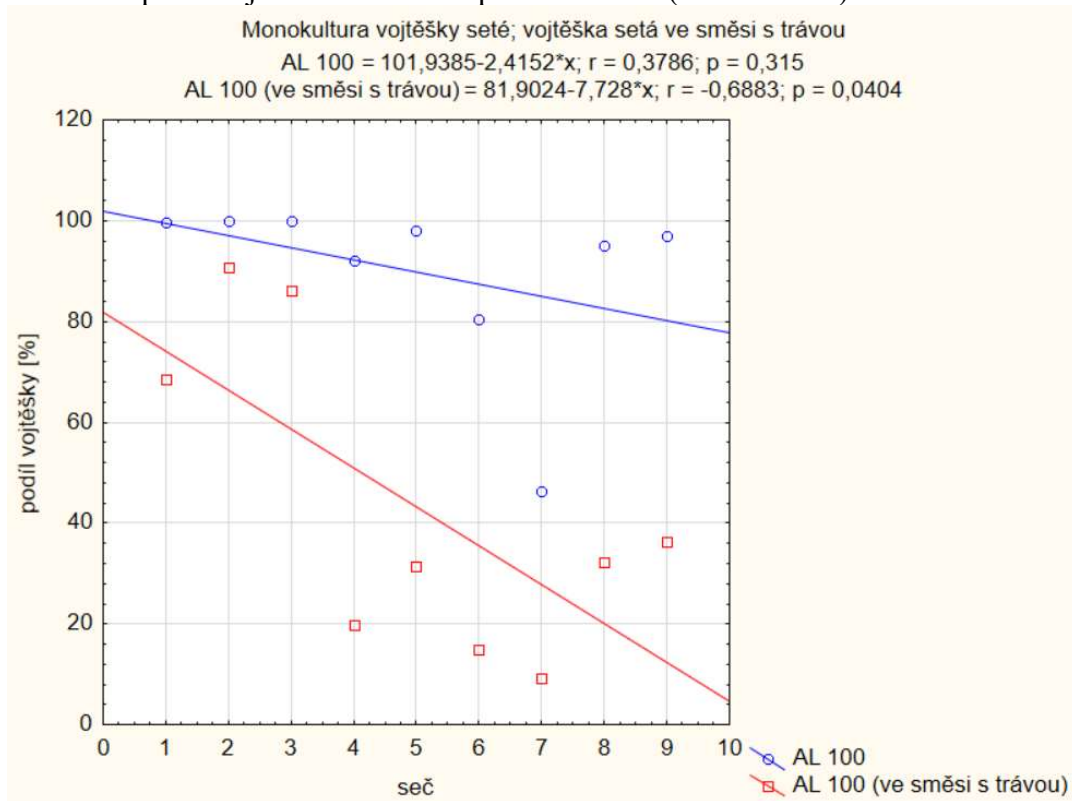
Graf 9: Vývoj hmotnostního podílu jetele lučního ve směsi s vojtěškou setou a travami ve třech různých výsevních poměrech v 9 po sobě jdoucích sečích v průběhu tří let (2019 – 2021).



Graf 9 znázorňuje vývoj hmotnostního podílu jetele lučního ve směsi s vojtěškou a travami v závislosti na výsevním podílu. Lineární funkce popisující podíl jetele v čase jsou statisticky průkazné. Trend vývoje hmotnostního podílu jetele lučního je podobný jako v případě štírovníku růžkatého. Ve druhé seči v roce 2019 (seč 2) nastal výrazný pokles podílu jetele ve směsi, a to o 10 – 13 % ve vztahu k seči 1. V poslední seči téhož roku (seč 3) hmotnostní podíl jetele opět stoupl k hodnotám blízkým první seči. Všechny tři podíly vykazovaly velmi podobný trend jak v úbytku, tak v opětovném nárůstu hmotnostního podílu.

V roce 2020 (seč 4 – 6) již jetel v porostu výrazně ubýval. V první seči tohoto roku (seč 4) tvořil jetel 34 % ve variantě „AL 25 + RC 75 + trávy“, 13 % ve variantě „AL 50 + RC 50 + trávy“ a 14 % ve variantě „AL 75 + RC 25 + trávy“, avšak ve třetí seči (seč 6) už pouze 1,6 %, 0,5 % a 1,5 %. V roce 2021 jetel z porostu již prakticky zcela vymizel a jeho hmotnostní podíl v ani jedné z variant nepřesáhl 2 %. Zajímavé je, že od seče 6 není patrný již prakticky žádný rozdíl v hmotnostním podílu jetele mezi výsevními poměry 50 % a 25 %.

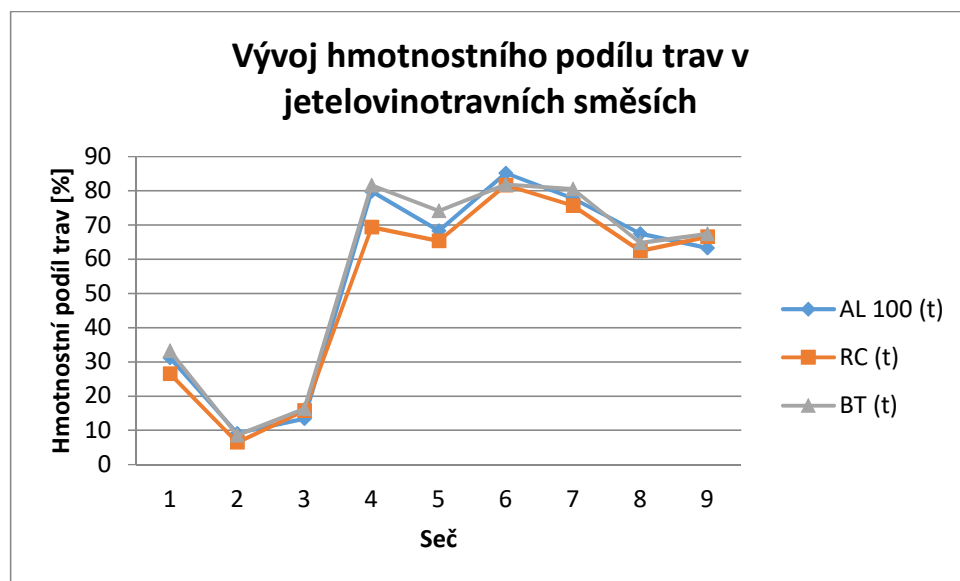
Graf 10: Vývoj hmotnostního podílu vojtěšky seté v monokultuře a vojtěšky seté ve směsi s trávou v 9 po sobě jdoucích sečích v průběhu tří let (2019 – 2021).



Graf 10 zobrazuje vývoj hmotnostního podílu vojtěšky v monokultuře a vojtěškotrávy v čase. Pokles podílu vojtěšky v monokultuře není v čase statisticky průkazný, nicméně z grafu je patrné, že kromě 3. seče v roce 2020 (seč 6) a 1. seče roku 2021 (seč 7) se vojtěška v porostu stabilně udržovala v hmotnostním podílu 92 – 100 %. Ve dvou zmíněných sečích se podíl vojtěšky propadl na 80, respektive 46 %, kdy byl porost značně zaplevelen, jak je zřejmé z grafu 7.

Vývoj podílu vojtěšky ve směsi s trávou je statisticky průkazný. Celkový trend je klesající, nejmarkantnější pokles je zřejmý mezi sečí 3 (3. seč v roce 2019) a sečí 4 (1. seč v roce 2020), a to z 86 % na 20 %. V následujících sečích podíl vojtěšky kolísá mezi 9 a 36 % s tím, že v roce 2021 (seč 7 – 9) hmotnostní podíl vojtěšky vykazuje rostoucí tendenci. Z grafu je rovněž patrné, že ve druhé seči ve všech letech (tedy seč 2, 5 a 8) byl podíl vojtěšky vždy vyšší, než v seči první, a to o 22 %, 11 % a 13 %.

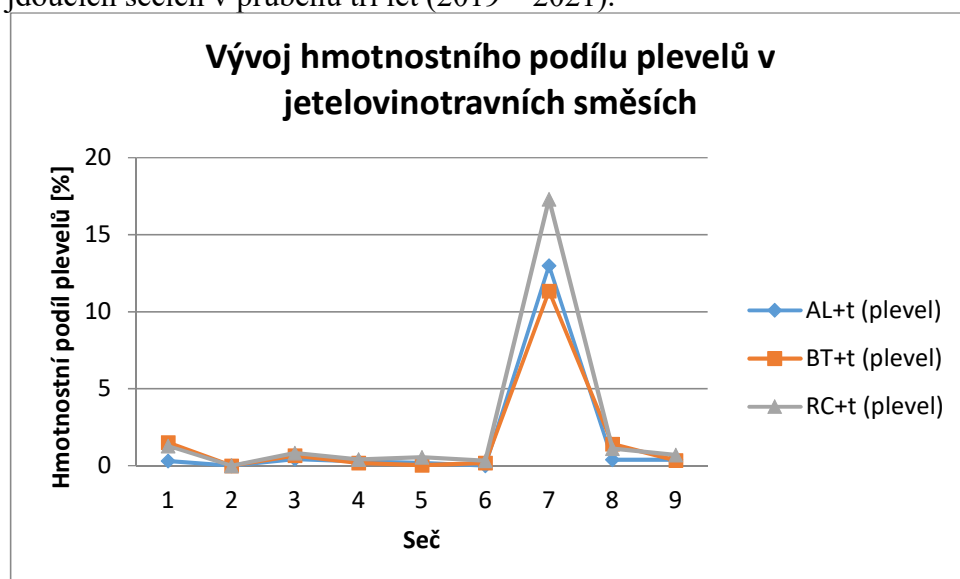
Graf 11: Vývoj hmotnostního podílu trav v jetelovino travních směsích v 9 po sobě jdoucích sečích v průběhu tří let (2019 – 2021).



Klesající tendenci hmotnostního podílu vojtěšky a doprovodných jetelovin v jetelovino travních směsích podporuje také graf 11 znázorňující vývoj hmotnostního podílu trav v průběhu tří let.

V prvním roce po založení porostu, tedy v roce 2019, podíl trav kolísá v rozmezí 8,6 – 33 % bez ohledu na doprovodnou jetelovinu či jeteloviny. V roce 2020 je patrný výrazný nárůst podílu trav ve všech směsích. Od 1. seče roku 2020 (seč 4) hmotnostní podíl trav neklesl pod 62 %. Tento trend podporuje trendy patrné z grafů 8, 9 a 10, kde je od seče 4 patrný výrazný úbytek podílu jetelovin.

Graf 12: Vývoj hmotnostního podílu plevelů v jetelovino travních směsích v 9 po sobě jdoucích sečích v průběhu tří let (2019 – 2021).



Hmotnostní podíl plevelů v jetelovino travních směsích byl nízký (graf 12), s výjimkou v první seči roku 2021 (seč 7). Podíl plevelu ve všech sečích, kromě seče 7, tvořil maximálně 1,5 % hmotnostního podílu. V první seči roku 2021 hmotnostní podíl prudce vzrostl, nejvíce byly zapleveleny varianty s vojtěškou, jetelem a trávou (17,3 % plevelu), ve variantě vojtěšky s trávou se nacházelo 13 % plevelu a nejméně v této seči byla zaplevelena varianta s vojtěškou, štírovníkem a trávou (11,3 % plevelu).

5.3 Nutriční hodnota píce

Z hlediska nutričních parametrů pícních směsí byly hodnoceny frakce sacharidů (neutrálně detergentní vláknina upravená amylázou – aNDF, stravitelnost NDF, cukry, škrob a nestrukturální sacharidy – NSC), množství proteinu v píci a jeho frakce (neproteinová frakce A, rychle degradovatelná frakce B1 a pomaleji degradovatelné či nedegradovatelné frakce B2, B3 a C).

5.3.1 Sacharidy v píci

První hodnocenou skupinou nutričních parametrů jsou frakce sacharidů, které zásadním způsobem ovlivňují průběh fermentace v bachoru. Souhrnné výsledky analýzy rozptylu jsou uvedeny v tabulce 6.

Efekt roku na všechny sledované parametry byl statisticky průkazný. Podíl aNDF v průběhu let vzrůstal, stejně tak mezi roky 2019 a 2020 výrazně vzrostla její stravitelnost (o 114 g/kg aNDF). V roce 2021 stravitelnost NDF lehce poklesla. Podíl cukrů a škrobu v průběhu let kolísal v rozmezí 45 – 66 g/kg DM, respektive 19 – 24 g/kg DM. Obsah nestrukturálních sacharidů na rozdíl od strukturální aNDF v průběhu let klesal.

Vliv seče na sacharidové frakce byl rovněž statisticky průkazný. Obsah aNDF byl napříč všemi variantami obecně nejvyšší v první seči, ve druhé seči klesl o 71 g/kg DM a ve třetí o dalších 11 g/kg DM. Stravitelnost NDF byla srovnatelná v první a třetí seči (523, respektive 527 g/kg aNDF), ale významně nižší v druhé seči. Podíl cukrů v pozdějších sečích postupně klesal, zatímco škrobu bylo detekováno nejvíce ve druhé seči, stejně jako nestrukturálních sacharidů.

Vliv variant na podíl sacharidové frakce byl rovněž statisticky průkazný. V případě aNDF se prokázalo, že přidavek trav do směsí významně zvyšuje množství aNDF v píci. Tento trend platí pro všechny varianty. Přídavek trav navyšoval aNDF o 57 – 68 g/kg DM. Nejméně aNDF bylo stanoveno ve směsi vojtěšky a vičence (395 g/kg DM), nicméně statisticky se tato varianta nelišila od monokultury vojtěšky a směsi vojtěšky se štírovníkem.

Nejvyšší stravitelnost aNDF vykazují varianty s trávou, a to v rozmezí 588 – 604 g/kg aNDF. Tyto hodnoty se statisticky významně liší od zbývajících, čistě jetelovinných, směsí. Nejnižší stravitelnost aNDF byla naměřena u variant se zároveň nejnižším podílem aNDF, tedy u vojtěšky a vojtěšky se štírovníkem (430, respektive 444 g/kg aNDF).

Obsah WSC byl statisticky průkazně zvyšován jak přídavkem doprovodné jeteloviny, tak přídavkem trav ve srovnání s monokulturou vojtěšky. Nejlepší efekt byl prokázán u přídavku vičence, jeho přídavek k vojtěšce zvýšil obsah cukrů téměř o 31 %. Přídavek trav statisticky významně zvyšoval cukry u vojtěšky a u směsi vojtěšky se štírovníkem, zatímco u

směsi vojtěšky s jetelem nebyl tento rozdíl statisticky významný. Přídavek trav naopak negativně ovlivnil obsah škrobu, u směsi vojtěšky se štírovníkem a vojtěšky s jetelem jsou rozdíly statisticky průkazné, u monokultury vojtěšky je trend obdobný, nicméně rozdíl není statisticky průkazný.

Nestrukturální sacharidy v píci byly rovněž negativně ovlivňovány přídavkem trav. Přídavek trav k jetelovinné směsi či vojtěšce snižoval obsah NSC o 7 – 11 %. Nejvíce NSC bylo naopak stanoveno ve směsi vojtěšky a vičence, a to konkrétně 339 g/kg DM. Z jetelovinných směsí bylo nejvíce NSC obsaženo ve směsi vojtěšky se štírovníkem a vojtěšky s jetelem (318 a 317 g/kg DM). Mezi těmito variantami nebyl statisticky významný rozdíl.

Tabulka 6: Vliv roku, seče a pícní směsi na frakce sacharidů.

	aNDF	NDFd	WSC	škrob	NSC
Rok					
2019	406 ^a	450 ^a	59 ^b	24 ^c	321 ^c
2020	423 ^b	564 ^c	66 ^c	19 ^a	310 ^b
2021	466 ^c	536 ^b	45 ^a	21 ^b	277 ^a
p value	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Seč					
1	476 ^c	523 ^b	64 ^c	20 ^b	302 ^b
2	405 ^a	499 ^a	56 ^b	28 ^c	315 ^c
3	414 ^b	527 ^b	50 ^a	16 ^a	292 ^a
p value	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Varianta					
AL	409 ^{ab}	430 ^a	49 ^a	23 ^{abc}	301 ^b
AL+tráva	471 ^c	588 ^c	55 ^{bc}	20 ^{ab}	279 ^a
AL+BT	401 ^{ab}	444 ^a	55 ^b	23 ^{bc}	318 ^c
AL+BT+tráva	469 ^c	603 ^c	58 ^{cd}	20 ^a	286 ^a
AL+CS	395 ^a	482 ^b	64 ^e	22 ^{abc}	339 ^d
AL+RC	411 ^b	466 ^b	59 ^d	24 ^c	317 ^c
AL+RC+tráva	468 ^c	604 ^c	57 ^{bcd}	20 ^a	281 ^a
p value	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

aNDF – neutrálně detergentní vláknina upravená amylázou [g/kg DM]; NDFd – stravitelnost neutrálně detergentní vlákniny [g/kg aNDF]; cukry [g/kg DM]; škrob [g/kg DM]; NSC – nestrukturální sacharidy [g/kg DM];

5.3.2 Proteinové frakce v píci

V rámci frakcionace proteinů v pícních směsích byl stanoven obsah hrubého proteinu a frakcí PA, PB1, zatímco frakce PB2, B3 a C byly stanoveny dohromady. Výsledky analýzy rozptylu s průměry jednotlivých parametrů jsou uvedeny v tabulce 7.

Vliv roku na všechny sledované parametry byl statisticky průkazný. V letech 2019 a 2020 se obsah hrubého proteinu v píci statisticky nelišil, avšak v roce 2021 jeho obsah významně poklesnul, oproti roku 2019 o 7 g/kg DM a oproti roku 2020 o 9 g/kg DM. Podíl proteinové frakce A kopíroval trend obsahu hrubého proteinu, a to včetně statisticky významného poklesu ve třetím roce. Podíl pomalu degradovatelných frakcí poklesnul již v roce 2020, a to o 13 g CP/kg DM, v roce 2021 zůstal podíl této frakce konstantní. Podíl frakce B1

v letech 2020 a 2021 naopak ve srovnání s rokem 2019 vzrostl, a to o 12, respektive 10 g CP/kg DM.

Efekt seče byl na všechny hodnocené vlastnosti píce shodný a statisticky významný. Hrubého proteinu i podílů jednotlivých frakcí bylo nejméně stanoveno vždy v první seči a nejvíce v seči třetí. V první seči bylo stanoveno množství CP v píci na 136 g/kg DM, v druhé seči byl zaznamenán nárůst o 26 % a ve třetí o 35 % vzhledem k 1. seči. Relativně nejvyšší nárůst byl zaznamenán u frakce PB1 (216 %), nicméně absolutně u frakcí PB2B3C, a to o 24 g CP/kg DM.

Statisticky průkazný vliv na obsah CP a jeho frakcí měly rovněž jednotlivé pícní směsi. Z tabulky 7 vyplývá, že přídavek trav průkazně snižuje množství CP v píci, a to u všech testovaných variant. Rozdíl v obsahu CP mezi monokulturou vojtěšky a čistě jetelovinnou směsí se pohyboval v rozmezí 23 – 34 g/kg DM. Monokultura vojtěšky, jakožto základní zdroj bílkovinné píce, obsahovala nejvíce CP (180 g/kg DM). Statisticky se však nelišila od obsahu CP ve směsi se štírovníkem, víčencem i jetelem.

Podíl rychle degradovatelné frakce PA byl rovněž nejvyšší v případě monokultury vojtěšky (63 g CP/kg DM). Přídavek trav průkazně snižoval podíl této frakce CP, a to relativně o 19 – 30 %. Podíl této frakce ve všech směsích s travami nebyl statisticky rozdílný a bez ohledu na přidané jeteloviny se její podíl pohyboval v rozmezí 44 – 45 g CP/kg DM. Přídavek jeteloviny k vojtěšce rovněž významně snižoval podíl frakce PA.

Množství frakce PB1 vykazovalo přesně opačný trend, než frakce PA. Přídavek trav prokazatelně zvyšoval podíl této frakce, a to o 8 g CP/kg DM v případě všech variant. Čistě jetelovinné směsi, či samotná vojtěška, obsahovaly frakce PB1 pouze 8 – 10 g CP/kg DM a statisticky se od sebe neliší.

Pomalou degradovatelné a nedegradovatelné frakce PB2B3C kopírují trend frakce PA. Přídavek trav výrazně snižoval podíl těchto frakcí, v případě směsi vojtěšky a štírovníku o 24 g CP/kg DM, v případě monokultury vojtěšky a směsi vojtěšky s jetelem shodně o 22 g CP/kg DM. Nejvíce těchto frakcí bylo stanoveno ve směsi vojtěšky a víčence, konkrétně 114 g CP/kg DM.

Tabulka 7: Vliv roku, seče a varianty na obsah hrubého proteinu a jeho frakce.

	CP	PA	PB1	PB2B3C
Rok				
2019	165 ^b	52 ^b	6 ^a	105 ^b
2020	167 ^b	51 ^b	18 ^c	92 ^a
2021	158 ^a	45 ^a	16 ^b	92 ^a
p value	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Seč				
1	136 ^a	43 ^a	6 ^a	82 ^a
2	171 ^b	51 ^b	15 ^b	100 ^b
3	183 ^c	54 ^c	19 ^c	106 ^c
p value	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Varianta				
AL	180 ^c	63 ^d	9 ^a	107 ^c
AL+tráva	146 ^{ab}	44 ^a	17 ^b	85 ^{ab}
AL+BT	175 ^c	58 ^c	8 ^a	108 ^c
AL+BT+tráva	144 ^a	44 ^a	16 ^b	84 ^a
AL+CS	176 ^c	53 ^b	10 ^a	114 ^d
AL+RC	173 ^c	55 ^{bc}	9 ^a	110 ^c
AL+RC+tráva	150 ^b	45 ^a	17 ^b	88 ^b
p value	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

CP – hrubý protein [g/kg DM]; PA – proteinová frakce A [g CP/kg DM]; PB1 – proteinová frakce B1 [g CP/kg DM]; PB2B3C – proteinové frakce B2, B3 a C [g CP/kg DM].

5.4 Poměr energie a rychle degradovatelných proteinových frakcí

Pro optimalizaci využití živin během bachorové degradace je důležitý adekvátní poměr energie (v tomto případě reprezentované NDSC, tedy sacharidy rozpustnými v neutrálním detergentu) ku rychle rozložitelným frakcím proteinu (PA a PB1). Vliv roku, seče a pícní směsi je zhodnocen v tabulce 8. Vliv všech těchto efektů na poměr NDSC/(PA+PB1) je statisticky průkazný.

V průběhu sledovaných let je zřejmé, že se tento poměr postupně snižoval. Z tabulky 6 je patrný úbytek NSC v průběhu let, což ovlivňuje výslednou hodnotu poměru. Efekt sečí ukázal, že v první seči je hodnota poměru významně vyšší než v seči druhé. Obdobný trend platí i mezi druhou a třetí sečí, ze kterých je patrný úbytek NSC v píci a naopak nárůst CP (Tabulka 6 a 7).

Vliv varianty prokázal, že nejméně příznivý poměr energie a rychle degradovatelného proteinu vykazuje v průměru 3 let monokultura vojtěšky (4,27). Po přidavku trávy se poměr zvýšil na 4,99. Tato hodnota se však statisticky neliší od vojtěšky se štírovníkem (5,01) i trávou (5,33) a vojtěšky s jetelem (5,33) či vojtěškotrávy (5,01). Nejvyšší hodnota (a také hodnota statisticky odlišná od všech ostatních) tohoto koeficientu byla zaznamenána u směsi vojtěšky a vičence (6,07), což je v souladu s výsledky z tabulky 6, ze které je patrné, že u této směsi bylo detekováno nejvíce NSC.

Tabulka 8: Vliv roku, seče a varianty na poměr sacharidů rozpustných v neutrálním detergentu a proteinových frakcí PA a PB1.

	NDSC/(PA+PB1)		NDSC/(PA+PB1)
Rok		Varianta	
2019	6,02 ^c	AL	4,27 ^a
2020	5,03 ^b	AL+tráva	4,99 ^{ab}
2021	4,64 ^a	AL+BT	5,01 ^b
p value	<0,001	AL+BT+tráva	5,33 ^b
		AL+CS	6,07 ^c
Seč		AL+RC	5,33 ^b
1	6,48 ^c	AL+RC+tráva	5,01 ^b
2	5,01 ^b	p value	<0,001
3	4,21 ^a		
p value	<0,001		

NDSC/(PA+PB1) – poměr sacharidů rozpustných v neutrálním detergentu ku proteinovým frakcím A a B1.

Tabulka 9 shrnuje výsledky RDA analýzy. Analýza A1 sledovala vliv roku, pořadí seče a varianty vyšetřené směsi na vybrané parametry (CP, NSC, WSC, PA, PB1, PB2B3C, NDSC/(PA+PB1)). Testované faktory vysvětlily 46,8 % variability vybraných nutričních parametrů na všech kanonických osách. První osa vysvětluje 21,1 % variability. Efekt byl průkazný na první kanonické ose i na všech kanonických osách (p value 0,002).

Analýza A2 zkoumala vliv zjištěného druhového složení před sečí na obsah CP, NSC, WSC, škrobu, proteinových frakcí PA, PB1 a PB2B3C a poměr NDSC/(PA+PB1). Druhové složení zde vysvětlilo 30 % variability vybraných parametrů na všech osách. První osa vysvětluje této variability více než dvě třetiny, konkrétně 21 %. Test byl statisticky významný pro první i všechny kanonické osy (p value 0,002).

Tabulka 9: Výsledky redundanční analýzy (RDA) zkoumající vliv vysvětlujících proměnných na vybrané nutriční parametry.

Analýza	Proměnné	% osy 1 (všech)	F osy 1 (všech)	p value osy 1 (všech)
A1	Rok, seč, varianta	21,1 (46,8)	224 (36,9)	0,002 (0,002)
A2	Druhové složení	21 (30)	227 (60,9)	0,002 (0,002)

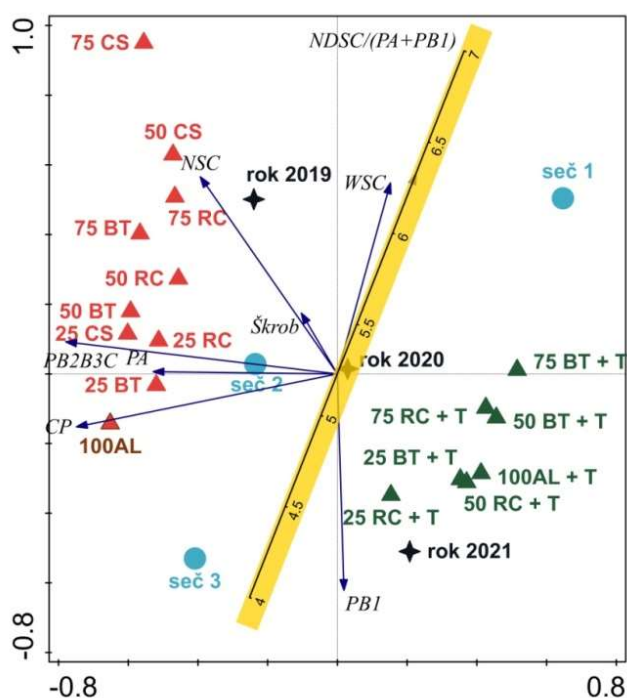
Průměrné hodnoty poměru NDSC/(PA+PB1) jsou shrnuty v tabulce 8. Vztahy mezi poměrem, ostatními nutričními parametry ve vztahu k efektu roku, pořadí seče a varianty směsi jsou znázorněny na ordinačním diagramu (graf 13). Nejdůležitější, tedy první kanonická osa (vodorovná), reprezentuje proteinové frakce PB2B3C a CP. Druhá osa (horizontální) reprezentuje proteinovou frakci PB1, WSC, NSC a poměr NDSC/(PA+PB1).

Z grafu 13 je zřejmé, že nejvýznamnější první kanonická osa (horizontální) odděluje první seč (vpravo) od druhé a třetí seče (vlevo) a zároveň separuje varianty směsi s přidavkem trav (vpravo) od samotných jetelovin (vlevo). Tyto faktory jsou spojeny především se změnami obsahu CP a frakcí PA a PB2B3C. Druhá kanonická osa je spojena s vlivem seče (první seč nahoře), ročníku (rok 2019 nahoře) a odděluje rovněž čisté jeteloviny (nahore) od směsi s travami (dole). Tyto efekty jsou spojeny především se sledovaným poměrem NDSC/(PA+PB1), obsahem WSC, NSC a frakcí proteinů PB1. Nejvyšší hodnoty poměru

NDSC/(PA+PB1) byly získány v roce 2019. V roce 2020 i 2021 se průměrné hodnoty poměru zhoršovaly. Se zvyšujícím se pořadím seče tento poměr rovněž klesal. Dále je patrné, že zařazení doprovodných jetelovin má převážně opačný efekt na nutriční parametry než zařazení trav. Doprovodné jeteloviny obecně nejvíce ovlivňovaly frakce PB2B3C a PA a NSC. Díky vysokému skóre na 1. kanonické – vodorovné – ose lze odvodit, že jeteloviny obecně pozitivně ovlivnily také obsah CP v píci. Příklad trav naopak pozitivně koreloval s obsahem proteinové frakce PB1.

Dále z grafu 13 lze vypočítat, že významný pozitivní vliv na poměr NDSC/(PA+PB1) měly směsi s vičencem, a to zejména při výsevku 75 % a 50 %. Obě tyto varianty mají vysoké skóre na 2. kanonické ose a silně korelují se vzrůstající hodnotou poměru. Zbývající jeteloviny (štírovník růžkatý a jetel luční) poměr zlepšují zejména při vyšších výsevcích. Efekt všech tří jetelovin při výsevku 25 % je srovnatelný. Zařazení trav, zejména k jeteli lučnímu, hodnotu poměru nezlepšuje, zejména z důvodu negativní korelace s obsahem NSC a pozitivní korelace s rychle degradovatelnou frakcí PB1. Monokultura vojtěšky silně koreluje s obsahem CP v píci, avšak vykazuje nejhorší hodnotu poměru NDSC/(PA+PB1).

Graf 13: Ordinační diagram znázorňující vztahy mezi vybranými nutričními parametry (modré šipky) a vysvětlujícími proměnnými (pořadí seče – modrá kolečka, rok – černé hvězdičky a varianty směsí – červené a zelené trojúhelníky).

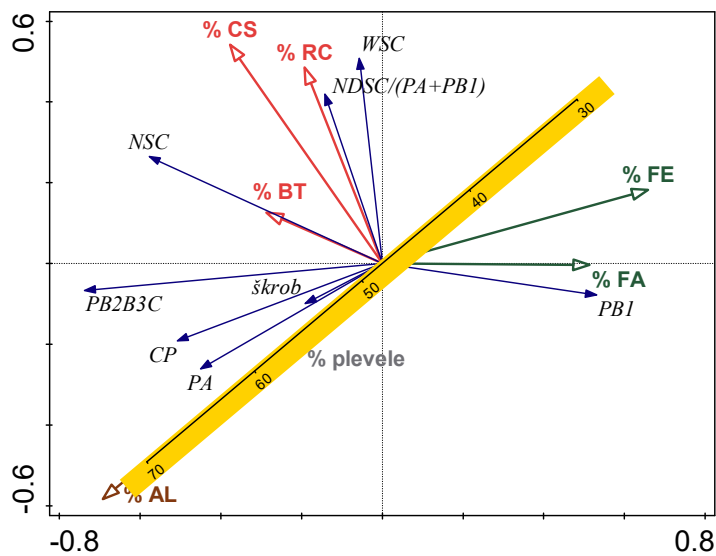


Ordinační diagram (graf 14) znázorňuje vztahy mezi nutričními parametry a reálným procentuálním zastoupením vybraných pícních druhů před sklizní. První kanonická osa (horizontální) odděluje především rostoucí podíl vojtěšky ve směsi (směrem vpravo, doplněno měřítkem) od směsi s rostoucím podílem trav (vlevo), kdy je spojována především s obsahem NSC, CP a proteinovými frakcemi PB2B3C (vlevo) a PB1 (vpravo). Vertikální, tedy druhá osa, odděluje směsi s rostoucím podílem doprovodných jetelovin (nahore) od vojtěškové monokultury (dole) a je spojována především WSC a poměrem NDSC/(PA+PB1), částečně pak

i s NSC a CP a PA. Z grafu je patrné, že vyšší podíl vojtěšky pozitivně koreluje s obsahem frakcí PA a PB2B3C a množstvím CP. Negativní korelaci lze naopak spatřovat v souvislosti s proteinovou frakcí PB1 a obsahem WSC.

Vyšší podíl doprovodných jetelovin příznivě ovlivňuje zejména obsah NSC a WSC v píci a rovněž pozitivně koreluje s hodnotou poměru $NDSC/(PA+PB1)$. Vyšší podíl trav naopak negativně koreluje se všemi vybranými nutričními parametry s výjimkou proteinové frakce PB1. Tento fenomén rovněž potvrzují data z tabulky 7, ze kterých je patrný pozitivní vliv zařazení trav do směsi na PB1.

Graf 14: Ordinační diagram znázorňující vztahy mezi vybranými nutričními parametry (tmavě modré šipky) a vysvětlujícími proměnnými (botanické složení porostů – červené šipky, zelené šipky a hnědá šipka)



6 Diskuze

6.1 Výnosy píceňích směsí a vývoj druhového složení

Z hlediska výživy hospodářských zvířat je zásadním faktorem kvalita píce, ale z pohledu ekonomiky produkce je velmi významný i její výnos. Faktory ovlivňující výnosy lze rozdělit do tří skupin na faktory technologické, biologické a environmentální (Tandzi&Mutengwa 2020). Výsledky provedeného pokusu byly ovlivněny zejména faktory environmentálními (nízké srážky a nadprůměrně vysoké teploty) a biologickými (škůdci). Podprůměrný srážkový úhrn byl problematický zejména v roce 2018, kdy byly porosty zakládány, v důsledku čehož rostliny pomalu vzházely, ale do prvního užitkového roku vstupovaly v dobrém stavu s relativně nízkým zaplevelením, což dokumentuje graf 7 a 12.

Mnoho studií uvádí, že kromě výživových benefitů jetelotravních směsí je jejich výhodou také stabilizace a zvýšení výnosu (Albayrak&Türk 2013, Bélanger et al. 2017, Hakl et al. 2018, Aponte et al. 2019). Výnosy v prvním roce byly napříč variantami relativně konstantní (10,6 – 11,7 t/ha DM) a druhově převládaly jeteloviny, jak je patrné z grafů 4, 5 a 6 pro jetelovinné směsi a 8, 9 a 10 pro jetelovinotravní směsi. Graf 11 ukazuje, že zvolené krátce výběžkaté trávy se v pícních směsích vyvíjely pomaleji a jejich podíl v prvním roce byl ve směsích nižší.

Pozitivní přínos trav z hlediska výnosu byl pozorován v letech 2020 a 2021, kdy směsi obsahující travu byly výnosnější než jetelovinné směsi. Jetelovinotravní směsi překonávaly jetelovinné varianty o 5 – 39 %, vojtěškotráva překonávala monokulturu vojtěšky o 65 % v roce 2020 a o 11 % v roce 2021. Přínos trav z hlediska výnosu biomasy potvrdil Adamovich&Adamovicha (2003), Bélanger et al. (2014) a Hakl et al. (2018). Tuto hypotézu však nepotvrdil Aponte et al. (2019), kde výnosy monokultury vojtěšky a binárních směsí vojtěšky s travou byly srovnatelné. Hlavním důvodem byly nepříznivé podmínky (silné mrazy a sucho), které zapříčinily vymrzání a zhoršený růst trav.

V provedeném pokusu byl patrný výrazný pokles výnosů v roce 2020 (graf 3). Tento razantní pokles byl zapříčiněn zejména škůdci (hraboši) a vysokou zvěří. Jednotlivé parcely pokusu byly vypásány a zároveň byl hraboši ničen kořenový systém rostlin. V jetelovinných směsích byly i přesto zaznamenány stále relativně vysoké podíly doprovodných jetelovin, zatímco v jetelovinotravních směsích byly na konci roku 2020 doprovodné jeteloviny již výrazně potlačeny travami. Úbytek doprovodné jeteloviny ve směsi s vojtěškou potvrdil Biliget et al. (2021).

V roce 2021 byly výnosy nejvyšší za všechny analyzované roky díky příznivým povětrnostním podmínkám (graf 1 a 2), vysokému podílu vojtěšky v jetelovinných směsích a vysokému podílu trav v jetelovinotravních směsích. V první seči roku 2021 bylo zaznamenáno zaplevelení porostů ozimými plevely, a to zejména v čistých jetelovinách.

Výsledky pokusu tak potvrzují horší schopnost přezimovat a nižší toleranci k více sečím u vičence spolu s jeho atraktivitou pro zvěř, nižší perzistenci rostlin štírovníku a jetele, stejně jako schopnost trav zvyšovat výnosy směsí.

6.2 Nutriční vlastnosti píce směsí

Nutriční vlastnosti píce jsou ovlivněny mnoha faktory – botanickým složením a odrůdami pícnin, stářím porostu, pořadím seče, načasováním sklizně, chorobami a škůdci, agrotechnickými postupy, hnojením a podmínkami prostředí (Marković et al. 2022). Souhrnné výsledky jsou uvedeny v tabulce 6 a 7.

V průběhu analyzovaných let rostl podíl aNDF, ale vzrůstala taktéž její stravitelnost. Klesal naopak podíl NSC. Ve třetím roce výrazně pokleslo množství CP, vzrostlo množství proteinové frakce PA a frakcí PB2B3C, ale klesl podíl frakce PB1. Tento fenomén lze vysvětlit změnou druhového složení v průběhu tří let ve prospěch trav, jak vyplývá z grafu 11. Nárůst podílu trav v jetelovino-travních směsích tak významně ovlivnil souhrnné výsledky za rok. K obdobným závěrům dospěl rovněž Brink et al. (2015).

Vliv seče statisticky prokazatelně ovlivnil všechny zkoumané nutriční parametry. Podíl aNDF byl výrazně vyšší v první seči, než ve zbývajících dvou sečích. Rovněž stravitelnost NDF byla vysoká v první seči. Podíl WSC a škrobu byl vyšší zejména v prvních dvou sečích, shodně s NSC, což je v souladu s výsledky, které prezentovala Johansen (2010). Obsah CP, stejně jako jeho frakcí, se vzrůstajícím pořadím seče stoupal. Vyšší množství CP v píci v pozdějších sečích prokázali v případě různých odrůd jetele také Drobná & Jankovič (2006).

Jak je patrné z tabulky 6, zařazení trav do směsi významně ovlivnilo většinu sledovaných nutričních parametrů. Trávy prokazatelně zvyšovaly podíl aNDF v píci, což je v souladu s výsledky Elgersmy&Søegaard (2016). Přídavek trav zároveň pozitivně ovlivnil stravitelnost NDF, a to o 30 – 37 %. Předpoklad, že přídavek trávy či doprovodné jeteloviny navyšuje obsah WSC oproti monokultuře vojtěšky, byl rovněž prokázán, ale navýšení nebylo překvapivé zejména u trav příliš výrazné, ačkoliv dle Obraztsova et al. (2022) obsahují festulolia až 147 – 194 g WSC/kg DM. Obsah WSC ve vojtěšce nabýval nejnižších hodnot ze všech analyzovaných variant, a to 49 g/kg DM. Tento výsledek je v souladu se studií Sousy et al. (2020). Dle Holíka (2022) a Fijałkowske&Borsuka (2019) je obsah WSC ve vojtěšce vyšší (70 – 96 g/kg DM), ale tento parametr je značně variabilní v závislosti na hnojení, podílu listů a stonků a čase seče.

Vojtěška, jakožto základní jetelovina obsahovala nejvíce CP a také rychle degradovatelné nebílkovinné frakce PA, jak vyplývá z tabulky 7. Vyšší podíl frakce PA ve vojtěšce ve srovnání s jetelem lučním potvrdil Sousa et al. (2020). Krawutschke et al. (2012) srovnali proteinové frakce ve vojtěšce, vičenci, jeteli lučním, jeteli plazivém a jeteli kavkazském. Bylo zjištěno, že vojtěška obsahuje více frakce PA a frakcí PB než jetel luční a vičenec, na rozdíl od frakce PC. Vyšší podíl frakce PC ve vičenci lze vysvětlit přítomností CT. Solati et al. (2018) stanovili podíly jednotlivých proteinových frakcí v travách a jetelovinách. Bylo zjištěno, že na frakci PB1 jsou mírně bohatší trávy, v průměru obsahují této frakce v listech 10 – 13 % a jeteloviny 8 – 13 %. Zhruba 5 – 15 % celkového CP tvořila proteinová frakce PC v listech jetelovin, v listech trav dokonce 21 – 26 %.

V rámci experimentu bylo stanoveno množství jednotlivých proteinových frakcí ve vztahu k sušině, což však nevypovídá o jejich vzájemném poměru. Podíl (PA+PB1)/PB2B3C ve vojtěšce byl 0,67. Přídavek doprovodných jetelovin snížil tento poměr na 0,55 – 0,61, což vypovídá o vyšším podílu pomalu degradovatelných či nedegradovatelných frakcí. Vyšší podíl nedegradovatelných frakcí lze vysvětlit aktivitou CT a PPO, jak potvrzují Lee et al. (2009) a

Hayot Carbonero et al. (2011). Waghorn et al. (1990) prokázal pozitivní vliv CT na retenci N v bachoru a stravitelnost dusíkatých látek v tenkém střevě. Přídavek trav naopak v našem experimentu poměr zvýšil na hodnoty 0,70 – 0,72.

6.3 Poměr energie a proteinu

Výsledky dokumentující vývoj poměru rychle dostupné energie a proteinových frakcí PA a PB1 v závislosti na roku, pořadí seče a variantě ukázaly, že v průběhu let hodnota poměru postupně klesala z hodnoty 6,02 v roce 2019 k hodnotě 4,64 v roce 2021. Tento vývoj lze vysvětlit úbytkem NSC v píci (tabulka 6) a zároveň v prvním roce bylo v píci obsaženo nejméně proteinové frakce PB1 (tabulka 7), což lze zdůvodnit optimálním složením pícních směsí. V roce 2020 a 2021 zásadně vzrostl podíl trav, které oproti jetelovinným směsím snižují obsah NSC o 7 – 11 %, a zároveň zvyšují poměr rychle degradovatelných frakcí proteinů, jak bylo v diskuzi zmíněno výše.

V rámci pořadí seče byla z hlediska poměru NDSC/(PA+PB1) nejlepší první seč. Tento výsledek lze zdůvodnit nižším obsahem frakcí PA a PB1 v první seči a zároveň vysokým obsahem WCS a NSC. Vývoj poměru NDSC/(PA+PB1) ve vztahu k pořadí seče a roku dokumentuje také graf 13.

Z hlediska složení pícních směsí je patrné, že přídavek doprovodné jeteloviny zlepšuje poměr energie a frakcí PA a PB1 ve srovnání s monokulturou vojtěšky. Přídavek trávy poměr zlepšil ve směsi s vojtěškou a vojtěškou se štírovníkem. Graf 13 vysvětluje, že zařazení doprovodných jetelovin (zejména ve vyšších výsevcích) zvyšuje obsah WCS a NSC, trávy naopak zvyšují podíl frakce PB1, která poměr ovlivňuje negativně. Pozitivní efekt jetele lučního a štírovníku růžkatého na poměr rychle dostupné energie ku rychle fermentovatelným proteinovým frakcím potvrdil také Tremblay et al. (2023).

Tato skutečnost nabízí potenciál pro zvýšení NUE u přežvýkavců, avšak problémem doprovodných jetelovin je citlivost na sucho (jetel), nižší výnosy (štírovník) a pomalé obrůstání po sečích (vičenec). Uvedené druhy mají rovněž nižší vytrvalost než vojtěška a z porostu rychle ustupují. Nízkou odolnost jetele plazivého ve směsi s trávou potvrzuje také Bélanger et al. (2017). Při přepočtu nutričních aspektů na produkci mléka na hektar se nejlépe osvědčily binární směsi na bázi sveřepu lučního s vojtěškou setou a štírovníkem růžkatým. Edwards et al. (2007) dodává, že jakékoliv zlepšení poměru energie a rychle degradovatelných frakcí proteinu povede ke zlepšení využitelnosti dietního N, čímž selepší mléčná produkce a sníží ztráty N močí.

Da Silva et al. (2014) uvádí, že podíl sacharidových frakcí CA a CB1 ku proteinovým frakcím PA a PB1 kolísal u druhově různě složených jetelotravních směsí v rozmezí 4,33 – 5,64. Směsi na bázi vojtěšky vykazovaly lepší průměrnou hodnotu poměru (5,42) než směsi na bázi štírovníku (4,47), v našem experimentu tento poměr kolísal (u vojtěškotravy 4,99, u vojtěšky se štírovníkem a trávou 5,33) a nebyl průkazně odlišný.

Samotné zařazení trav k vojtěšce poměr ovlivnilo neprůkazně pozitivně, a to především kvůli snížení obsahu CP v píci, jak potvrzuje Pelletier et al. (2010) nebo Tremblay et al. (2023). Pelletier et al. (2010) rovněž uvádí, že na NSC je bohatý rovněž jetel luční, jeho obsah NSC je dokonce srovnatelný s kopravou rákosovitou. Toto zjištění je v souladu s provedeným

pokusem, neboť již samotný přídavek jetele lučního k vojtěšce výrazně zvýšil hodnotu poměru $NDSC/(PA+PB1)$ ze 4,27 na 5,33, ale zařazení trav k této směsi poměr již pozitivně neovlivnilo (5,01), podobně jako u štírovníku.

7 Závěr

- Byly potvrzeny agronomické vlastnosti doprovodných jetelovin, zejména jejich slabší vytrvalost v porostech, nižší tolerance vůči četnějším sečím a horší konkurenceschopnost v jetelovinotravních směsích. Z hlediska výnosových charakteristik se v průměru tří let nejlépe osvědčila vojtěškotravní směs, významně nižší výnosy měly směsi s vičencem.
- Nutriční charakteristiky píceňích směsí v průběhu jednotlivých let a sečí korelovaly s botanickým vývojem porostu. V prvním roce byly nutriční vlastnosti píceňích směsí nejpříznivější z důvodu zastoupení druhů v návaznosti na jejich výsevni podíly. V rámci sečí byly nutričně nejpříznivější seče první.
- Bylo prokázáno, že přídavek trav zvyšuje podíl NDF v píci, ale zároveň pozitivně ovlivňuje její stravitelnost. Trávy naopak negativně ovlivňují množství NSC v píci.
- Bylo potvrzeno, že vojtěška setá je výborným zdrojem CP v píci, avšak využitelnost CP je nízká zejména kvůli vysokému obsahu rychle degradovatelných frakcí proteinu a nízkému obsahu WSC, což je v souladu s nejnižší hodnotou poměru NDSC/(PA+PB1).
- První hypotéza byla potvrzena částečně. Přídavek doprovodných jetelovin změnil poměr frakcí CP ve prospěch pomaleji degradovatelných frakcí PB2B3C. Naopak přídavek trav zvýšil poměr rychle degradovatelné frakce PB1 a snížil podíl pomalu degradovatelných frakcí při výrazném snížení celkového obsahu CP.
- Druhá hypotéza byla potvrzena. Přídavek doprovodných jetelovin, zejména při vysokých výsevcích, příznivě ovlivnil poměr NDSC/(PA+PB1) zejména díky vyššímu obsahu NSC a vyššímu podílu frakcí PB2B3C. Nejlepších hodnoty poměru NDSC/(PA+PB1) dosahovala směs vojtěšky seté s vičencem. Přídavek trav příznivě ovlivnil poměr NDSC/(PA+PB1) ve směsi s vojtěškou a s vojtěškou a štírovníkem růžkatým, avšak toto zlepšení lze přičíst zejména významnému úbytku CP v píci.
- Závěrem lze shrnout, že zařazení doprovodných jetelovin do směsi s vojtěškou ovlivňuje frakce CP, sacharidů a jejich poměr, problémem však je udržení odpovídajících podílů těchto druhů ve směsi po celou dobu pěstování. Ani vysoké výsevni podíly druhů nezajistí dostatečné zastoupení po třech letech pěstování. Trávy do směsí přinášejí výnosovou stabilitu. Jejich vliv na využití N byl převážně realizován snížením obsahu hrubého proteinu, než zvýšením obsahu WSC, kde by měl být jejich největší potenciál.

8 Literatura

- Adamovich A, Adamovich O. 2003. Productivity and forage quality of *Festulolium*/legume mixed swards in response to cutting frequency. Pages 453–456 in Kirilov A, Todorov N, Katerov I, editors. Optimal forage systems for animal production and the environment. Bulgarian Association for Grassland and Forage Production, Pleven.
- 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. Turkish Journal of Agriculture and Forestry. **37**:139–147.
- Angelidis A, Crompton L, Misselbrook T, Yan T, Reynolds CK, Stergiadis S. 2019. Evaluation and prediction of nitrogen use efficiency and outputs in faeces and urine in beef cattle. Agriculture, Ecosystems & Environment **280**:1–15.
- Bach A, Calsamiglia S, Stern MD. 2005. Nitrogen Metabolism in the Rumen. Journal of dairy science **88**:9–21.
- Bélanger G, Castonguay Y, Lajeunesse J. 2014. Benefits of mixing timothy with alfalfa for forage yield, nutritive value, and weed suppression in northern environments. Canadian Journal of Plant Science. **94**:51–60.
- Bélanger G, Tremblay G, Papadopoulis YA, Duynisveld J, Lajeunesse J, Lafrenière C, Fillmore SAE. 2017. Yield and nutritive value of binary legume-grass mixtures under grazing or frequent cutting. Canadian Journal of Plant Science. **98**:395–407.
- Biligetu B, Jefferson PG, Lardner HA, Acharya SN, Beres B. 2021. Evaluation of sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) for forage yield and persistence in sainfoin–alfalfa (*Medicago sativa*) mixtures and under different harvest frequencies. Canadian Journal of Plant Science. **101**:525–535.
- Bologna JJ, Rowarth JS, Fraser TJ, Hill GD. 1996. Management of birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus* L.) pastures for productivity and persistence. Proceedings of the Agronomy Society of New Zealand. **26**:17–21.
- 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.
- Brink GE, Sanderson MA, Casler MD. 2015. Grass and Legume Effects on Nutritive Value of Complex Forage Mixtures. Crop Science. **55**:1329–1337.
- Broderick GA. 1995. Desirable characteristics of forage legumes for improving protein utilization in ruminants. Journal of Animal Science. **73**:2760–2773.
- Broderick GA, Mertens DR, Simons R. 2002. Efficacy of Carbohydrate Sources for Milk Production by Cows Fed Diets Based on Alfalfa Silage. Journal of Dairy Science. **85**:1767–1777.

- 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.
- 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.
- da Silva MS, Tremblay GF, Bélanger G, Lajeunesse J, Papadopoulis YA, Fillmore SAE, Jobim CC. 2013. Energy to Protein Ratio of Grass–Legume Binary Mixtures under Frequent Clipping. *Agronomy Journal*. **105**:482–492.
- da Silva MS, Tremblay GF, Bélanger G, Lajeunesse J, Papadopoulis YA, Fillmore SAE, Jobim CC. 2014. Forage energy to protein ratio of several legume–grass complex mixtures. *Animal Feed Science and Technology*. **188**:17–27.
- Dijkstra J, Oenema O, Van Groenigen JW, Spek JW, Van Vuuren AM, Bannink A. 2013. Diet effects on urine composition of cattle and N₂O emissions. *Animal*. **7**:292–302.
- Döring TF, Baddeley JA, Brown RJ, Collins R, Crowley O, Cuttle S, Jones HE. 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, Jankovič J. 2006. Estimation of red Dover (*Trifolium pratense* L) forage quality parameters depending on the variety, cut and growing year. *Plant Soil and Environment*. **52**:468–475.
- Drobná J. 2009. Yield and forage quality of Romanian red Dover (*Trifolium Pratense* L.) varieties studied in Slovakia. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. **37**:204–208.
- Edwards GR, Parsons AJ, Rasmussen S, Bryant RH. 2007. High sugar ryegrasses for livestock systems in New Zealand. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*. **69**:161–171.
- Elgersma A, Søegaard K. 2016. Effects of species diversity on seasonal variation in herbage yield and nutritive value of seven binary grass-legume mixtures and pure grass under cutting. *European Journal of Agronomy*. **78**:73–73.
- Elizalde JC, Merchen NR, Faulkner DB. 1999. Fractionation of fiber and crude protein in fresh forages during the spring growth. *Journal of Animal Science*. **77**:476–484.
- Fahey GC, Broderick GA. 1994. Quantifying forage protein quality. Pages 200–228 in George C, Fahey J, editors. *Forage Quality, Evaluation and Utilization*. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, Madison.
- Fijałkowska M, Wierzbowska J, Sienkiewicz S, Pysera B, Lipiński K, Stasiewicz M, Antoszkiewicz Z. 2015. The effect of ensiling in round bales on the content of nitrogen fractions in lucerne and red clover protein. *Journal of Elementology*. **20**:285–291.

- Fijałkowska M, Borsuk M. 2019. Effects of cultivar and harvest date on the composition of nitrogen fractions in *Festulolium* herbage. *Journal of Elementology*. **24**:1241–1251.
- 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. 2015. 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.
- Hall MB. 2003. Challenges with nonfiber carbohydrate methods. *Journal of Animal Science*. **81**:3226–3232.
- Hall MB. 2013. Dietary starch source and protein degradability in diets containing sucrose: Effects on ruminal measures and proposed mechanism for degradable protein effects. *Journal of dairy science*. **96**:7093–7109.
- Harlow BE, Flythe MD, Kagan IA, Goodman JP, Klotz JL, Aiken GE, Wells JE. 2020. Isoflavone supplementation, via red clover hay, alters the rumen microbial community and promotes weight gain of steers grazing mixed grass pastures. *PLOS ONE*. **15**:1–19.
- Hayot Carbonero Ch, Mueller-Harvey I, Brown TA, Smith L. 2011. Sainfoin (*Onobrychis viciifolia*): a beneficial forage legume. *Plant Genetic Resources*. **9**:70–85.
- Häring DA, Scharenberg A, Heckendorn F, Dohme F, Lüscher A, Maurer V, Suter D, Hertzberg H. 2008. Tanniferous forage plants: Agronomic performance, palatability and efficacy against parasitic nematodes in sheep. *Renewable Agriculture and Food Systems*. **23**:19–29.
- Holík M, Kunzová E, Ludvíková V, Hakl J. 2022. Impact of Long-Term Manure and Mineral Fertilization on Accumulation of Non-Structural Carbohydrates in Lucerne Forage. *Agronomy*. **12**:1–11.
- Homolka P, Koukolová M, Koukolová V. 2018. Organic matter and crude protein digestibility predicted from nitrogen and fibre fractionation of *festulolium* hybrids. *Czech Journal of Animal Science*. **63**:272 – 279.
- Hristov AN, Bannink A, Crompton LA, Huhtanen P, Kreuzer M, McGee M, Nozière P, Reynolds CK, Bayat AR, Yáñez-Ruiz DR, Dijkstra J, Kebraeb E, Schwarm A, Shingfield KJ, Yu Z. 2019. Invited review: Nitrogen in ruminant nutrition: A review of measurement techniques. *Journal of Dairy Science*. **102**:5811–5852.
- Grabber JH. 2009. Protein fractions in forage legumes containing protein-binding polyphenols: Freeze-drying vs. conservation as hay or silage. *Animal Feed Science and Technology*. **151**:324–329.

- Grabber JH, Riday H, Cassida KA, Griggs TC, Min DH, MacAdam JW. 2014. Yield, Morphological Characteristics, and Chemical Composition of European- and Mediterranean-Derived Birdsfoot Trefoil Cultivars Grown in the Colder Continental United States. *Crop Science*. **54**:1893–1901.
- Insua JR, Agnusdei MG, Utsumi SA, Berone GD. 2018. Morphological, environmental and management factors affecting nutritive value of tall fescue (*Lolium arundinaceum*). *Crop and Pasture Science*. **69**:1165–1172.
- Johansen A. 2010. Growth and quality of multispecies pastures harvested at a fixed sward height. *Grassland in a changing world*. **15**:961–963.
- Jones BA, Muck RE, Hatfeld RD. 1995. Red clover extracts inhibit legume proteolysis. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. **67**:329–333.
- Kaplan M, Atalay AI, Medjekal S. 2009. Potential nutritive value of wild birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus*) plants grown in different sites. *LRRD*. **21**:1–9.
- Karabulut A, Canbolat O, Kamalak A. 2006. Effect of maturity stage on the nutritive value of birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus* L) hays. *Lotus newsletter*. **36**:11–21.
- Kirchhof S, Eisner I, Gierus M, Südekum KH. 2010. Variation in the contents of crude protein fractions of different forage legumes during the spring growth. *Grass and Forage Science*. **65**:376–382.
- Klopfenstein TJ, Mass RA, Creighton KW, Patterson HH. 2001. Estimating forage protein degradation in the rumen. *Journal of Animal Science*. **79**:208–217.
- Koc A, Gokkus A, Tan M, Comakli B, Serin Y. 2004. Performance of tall fescue and Lucerne-tall fescue mixtures in highlands of Turkey. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. **47**:61–65.
- Krawutschke M, Kleen J, Weiher N, Loges R, Taube F, Gierus M. 2013. Changes in crude protein fractions of forage legumes during the spring growth and summer regrowth period. *The Journal of Agricultural Science*. **151**:72–90.
- Lanzas C, Sniffen CJ, Seo S, Tedeschi LO, Fox DG. 2007. A revised CNCPS feed carbohydrate fractionation scheme for formulating rations for ruminants. *Animal Feed Science and Technology*. **136**:167–190.
- Lee MRF, Tweed JKS, Minchin FR, Winters AL. 2009. Red clover polyphenol oxidase: Activation, activity and efficacy under grazing. *Animal Feed Science and Technology*. **149**:250–264.
- Leiva E, Hall MB, Van Horn HH. 2000. Performance of Dairy Cattle Fed Citrus Pulp or Corn Products as Sources of Neutral Detergent-Soluble Carbohydrates. *Journal of Dairy Science*. **83**:2866–2875.
- Li Y, Iwaasa AD, Wang Y, Jin L, Han G, Zhao M. 2014. Condensed tannins concentration of selected prairie legume forages as affected by phenological stages during two consecutive growth seasons in western Canada. *Canadian Journal of Plant Science*. **94**:817–826.

- MacAdam J, Villalba J. 2015. Beneficial Effects of Temperate Forage Legumes that Contain Condensed Tannins. *Agriculture*. **5**:475–491.
- Makoni NF, Shelford JA, Nakai S, Fisher LJ, Majak W. 1993. Characterization of Protein Fractions in Fresh, Wilted, and Ensiled Alfalfa. *Journal of Dairy Science*. **76**:1934–1944.
- Marković J, Lazarević D, Bekčić F, Prijović M, Vasić T, Živković S, Štrbanović R. 2022. Protein and carbohydrate profiles of a diploid and a tetraploid red clover cultivar. *Agricultural and Food Science*. **31**:104–112.
- Marley CL, Fychan R, Fraser MD, Winters A, Jones R. 2003. Effect of sowing ratio and stage of maturity at harvest on yield, persistency and chemical composition of fresh and ensiled red clover/lucerne bi-crops. *Grass and Forage Science*. **58**:397–406.
- 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.
- Mayer AM. 2006. Polyphenol oxidases in plants and fungi: Going places? A review. *Phytochemistry*. **67**:2318–2331.
- Meehan DJ, Cabrita ARJ, Maia MRG, Fonseca AJM. 2021. Energy: Protein Ratio in Ruminants. *Animals*. **11**:1–19.
- Merchen NR, Bourquin LD. 1994. Processes of Digestion and Factors Influencing Digestion of Forage-Based Diets by Ruminants. Pages 564–612 in George C, Fahey J, editors. *Forage Quality, Evaluation and Utilization*. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, Madison.
- 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, 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.
- Moore KJ, Hatfield RD. 1994. Carbohydrates and Forage Quality. *Forage Quality, Evaluation and Utilization*. Pages 229–280 in George C, Fahey J, editors. *Forage Quality, Evaluation and Utilization*. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, Madison.
- 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.
- Morgavi DP, Cantalapiedra-Hijar G, Eugène M. 2023. Reducing enteric methane emissions improves energy metabolism in livestock. *Animal*. **17**:1–12.

- Nie Z, Tremblay GF, Bélanger G. 2009. Near-infrared reflectance spectroscopy prediction of neutral detergent-soluble carbohydrates in timothy and alfalfa. *Journal of Dairy Science*. **92**:1702–1711.
- Oba M, Allen MS. 2003. Effects of Corn Grain Conservation Method on Feeding Behavior and Productivity of Lactating Dairy Cows at Two Dietary Starch Concentrations. *Journal of Dairy Science*. **86**:174–183.
- 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.
- Obraztsov VN, Kadyrov SV, Shchedrina DI. 2022. Festulolium plant yield, nutritive and energy value depending on its variety. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. **1043**:1–8.
- Owens FN, Qi S, Sapienza DA. 2014. INVITED REVIEW: Applied protein nutrition of ruminants—Current status and future directions. *The Professional Animal Scientist*. **30**:150–179.
- Østrem L, Volden B, Steinshamn H, Volden H. 2015. Festulolium fibre characteristics and digestibility as affected by maturity. *Grass and Forage Science*. **70**:341–352.
- Pacheco D, Waghorn GC. 2008. Dietary nitrogen - definitions, digestion, excretion and consequences of excess for grazing ruminants. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*. **70**:107–116.
- Patra AK. 2015. Urea/Ammonia Metabolism in the Rumen and Toxicity in Ruminants. Pages 329–341 in Puniya A, Singh R, Kamra D, editors. *Rumen Microbiology: From Evolution to Revolution*. Springer, New Delhi.
- Pelletier S, Tremblay GF, Bélanger G, Bertrand A, Castonguay Y, Pageau D, Drapeau R. 2010. Forage Nonstructural Carbohydrates and Nutritive Value as Affected by Time of Cutting and Species. *Agronomy Journal*. **102**:1388–1398.
- Peltekova VD, Broderick GA. 1996. In Vitro Ruminant Degradation and Synthesis of Protein on Fractions Extracted from Alfalfa Hay and Silage. *Journal of Dairy Science*. **79**:612–619.
- Pengpeng W, Tan Z. 2013. Ammonia Assimilation in Rumen Bacteria. A review. *Animal Biotechnology*. **24**:107–128.
- Provorov NA, Tikhonovich IA. 2003. Genetic resources for improving nitrogen fixation in legume-rhizobia symbiosis. *Genetic Resources and Crop Evolution*. **50**:89–99.
- Puchala R, Min BR, Goetsch AL, Sahlu T. 2005. The effect of a condensed tannin-containing forage on methane emission by goats. *Journal of Animal Science*. **83**:182–186.
- Putri EM, Zain M, Warly L, Hermon H. 2021. Effects of rumen-degradable-to-undegradable protein ratio in ruminant diet on in vitro digestibility, rumen fermentation, and microbial protein synthesis. *Veterinary Word*. **14**:640–648.
- Reece WO. 2011. *Fyziologie a funkční anatomie domácích zvířat*. Grada, Praha.

- 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.
- Richard AM, Gervais R, Tremblay GF, Bélanger G, Charbonneau É. 2020. Tall fescue as an alternative to timothy fed with or without alfalfa to dairy cows. *Journal of Dairy Science*. **103**:8062–8073.
- Sanderson MA, Brink G, Ruth L, Stout R. 2012. Grass–Legume Mixtures Suppress Weeds during Establishment Better than Monocultures. *Agronomy Journal*. **104**:36–42.
- Sareen S. 2004. Seed production potential in birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus* L.). *Lotus Newsletter*. **34**:5–11.
- Shewmaker GE, Mayland HF, Roberts CA, Harrison PA, Chatterton NJ, Sleper DA. 2006. Daily carbohydrate accumulation in eight tall fescue cultivars. *Grass and Forage Science*. **61**:413–421.
- Scheneiter JO, Camarasa J, Carrete R, Amendola C. 2016. Is the nutritive value of tall fescue (*Festuca arundinacea* S chreb.) related to the accumulated forage mass? *Grass and Forage Science*. **71**:102–111.
- Skládanka J, Dohnal V, Ježková A. 2008. Fibre and ergosterol contents in forage of *Arrhenatherum elativ*, *Dactylis glomerata* and *Festulolium* at the end of growing season. *Czech Journal of Animal Science*. **53**:320–329.
- Solati Z, Jørgensen U, Eriksen J, Søegaard K. 2018. Estimation of extractable protein in botanical fractions of legume and grass species. *Grass and Forage Science*. **73**:572–581.
- Sousa DO, Hansen HH, Hallin O, Nussio LG, Nadeau E. 2020. A two-year comparison on nutritive value and yield of eight lucerne cultivars and one red clover cultivar. *Grass and Forage Science*. **75**:76–85.
- Staniak M, Harasim E. 2018. Changes in nutritive value of alfalfa (*Medicago × varia* T. Martyn) and *Festulolium* (*Festulolium braunii* (K. Richt) A. Camus) under drought stress. *Journal of Agronomy and Crop Science*. **204**:456–466.
- Šantrůček J, Fuksa P, Hakl J, Kocourková D, Mrkvička J, Svobodová M, Veselá M. 2008. *Encyklopedie pícninářství*. Česká zemědělská univerzita, Praha.
- Tandzi NL, Mutengwa SC. 2020. Factors affecting Yield of Crops. Pages 9 – 25 in Khalid S, editor. *Agronomy Climate Change & Food Security*. IntechOpen, London.
- Tedeschi LO, Galyean ML, Hales KE. 2017. Recent advances in estimating protein and energy requirements of ruminants. *Animal Production Science*. **57**:2237–2249.
- Thompson D. 2013. Yield and nutritive value of irrigated tall fescue compared with orchardgrass: In monocultures or mixed with alfalfa. **93**:799–807.
- Tremblay GF, Michaud R, Bélanger G. 2003. Protein fractions and ruminal undegradable proteins in alfalfa. *Canadian Journal of Plant Science* **83**:555–559.

- Tremblay GF, Thériault M, Seguin P, Godin X, Claessens A, Bittman S, Hunt D, Bélanger G, Hakl J, Bertrand A, Thivierge MN. 2023. Legume addition to alfalfa-based mixtures improves the forage energy to protein ratio. *Agronomy Journal* **115**:1–14.
- Valkeners D, Théwis A, Amant S, Beckers Y. 2006. Effect of various levels of imbalance between energy and nitrogen release in the rumen on microbial protein synthesis and nitrogen metabolism in growing double-musced Belgian Blue bulls fed a corn silage-based diet. *Journal of Animal Science*. **84**:877–885.
- Van Ranst G, Fievez V, Vandewalle M, De Riek J, Van Bockstaele E. 2009. In Vitro Study of Red Clover Polyphenol Oxidase Activity, Activation, and Effect on Measured Lipase Activity and Lipolysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **57**:6611–6617.
- Waghorn GC, Jones WT, Shelton ID, McNabb WC. 1990. Condensed tannins and the nutritive value of herbage. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*. **51**:171–176.
- Waghorn GC, Shelton ID. 1997. Effect of condensed tannins in *Lotus corniculatus* on the nutritive value of pasture for sheep. *The Journal of Agricultural Science*. **128**:365–372.
- 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.
- Waghorn GC, McNabb WC. 2003. Consequences of plant phenolic compounds for productivity and health of ruminants. *Proceedings of the Nutrition Society*. **62**:383–392.
- 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.
- Westreicher-Kristen E, Blank R, Paschke-Beese M, Kühl W, Wolfram S, Metges CC, Susenbeth A. 2021. Diets for Dairy Cows with Different Proportions of Crude Protein Originating from Red Clover Silage versus Soybean Meal: Ruminal Degradation and Intestinal Digestibility of Amino Acids. *Animals*. **11**:1–13.
- Wiersma DW, Smith RR, Sharpee DK, Mlynarek MJ, Rand RE, Undersander DJ. 1998. Harvest Management Effects on Red Clover Forage Yield, Quality, and Persistence. *Journal of Production Agriculture*. **11**:309–313.
- Wikipedie otevřená encyklopedie. 2021. Štírovník růžkatý. Available from https://cs.wikipedia.org/wiki/%C5%A0t%C3%ADrovn%C3%ADk_r%C5%AF%C5%B Ekat%C3%BD (accessed March 2024).
- Winters AL, Minchin FR, Merry RJ. 2003. Comparison of polyphenol oxidase activity in red clover and perennial ryegrass. *Aspects of Applied Biology*. **70**:121–128.
- Yari M, Valizadeh R, Naserian AA, Ghorbani GR, Rezvani Moghaddam P, Jonker A, Yu P. 2012. Botanical traits, protein and carbohydrate fractions, ruminal degradability and energy contents of alfalfa hay harvested at three stages of maturity and in the afternoon and morning. *Animal Feed Science and Technology*. **172**:162–170.
- Zeman L. 2006. *Výživa a krmení hospodářských zvířat*. Profi Press, Praha.

Zhang Y, MacAdam JW, Villalba JJ, Dai X. 2021. In vitro digestibility of mountain-grown irrigated perennial legume, grass and forb forages is influenced by elevated non-fibrous carbohydrates and plant secondary compounds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. **101**:334–340.

9 Seznam použitých zkratek a symbolů

ADF acidodetergentní vláknina
CNCPS Cornell Net Carbohydrate and Protein systémem
CP hrubý protein
CT kondenzované taniny
DM sušina
DMI dobrovolný příjem sušiny
DNA deoxyribonukleová kyselina
FC vláknité sacharidy
H₂ dvouatomová molekula vodíku
MCP mikrobiální protein
N dusík
N₂O oxid dusný
NDF neutrálně detergentní vláknina
NDFd stravitelnost neutrálně detergentní vlákniny
NDSC sacharidy ro pustné v neutrálním detergentu
NDSF vláknina ro pustná v neutrálním detergentu
NH₃ amoniak
NH₄⁺ amonný iont
NIRS blízká infračervená spektroskopie
NO₃⁻ nitrát
NPN dusíkaté látky nebílkovinné povahy
NSC nestrukturální sacharidy
NUE efektivita využití dusíku
PDI protein skutečně stravitelný v tenkém střevě
PDIA nedegradovaný protein krmiva skutečně stravitelný v tenkém střevě
PDIM mikrobiální protein skutečně stravitelný v tenkém střevě
PPO polyfenoloxidáza
PUFA polynenasycené mastné kyseliny
RDP protein degradovatelný v bachoru
RNA ribonukleová kyselina
RUP proteinedegradovatelný v bachoru
WSC vodorozpustné sacharidy

10 Samostatné přílohy

P1: Design polního pokusu.

		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	
A (1)																									3	
		50AL 50RC +FA	75AL 25RC	50AL 50BT +FA	50AL 50BT +FE	75AL 25BT 25CS	75AL 25BT +FE	100AL	75AL 25RC +FA	25AL 75BT	100AL +FE	100AL +FA	50AL 50RC	25AL 75RC +FE	75AL 25BT	25AL 75RC +FA	50AL 50RC +FE	25AL 75BT +FE	50AL 50BT	75AL 25RC +FE	75AL 25BT +FA	25AL 75CS	25AL 75RC	25AL 75BT +FA	50AL 50CS	7,2 3
B (2)																										3
		25AL 75BT +FE	25AL 75CS	25AL 75BT +FA	100AL +FE	25AL 75RC +FE	50AL 50RC	75AL 25RC	50AL 50BT	50AL 50RC +FE	25AL 75RC +FA	50AL 50RC 50CS	25AL 75RC +FE	75AL 25BT +FE	75AL 25BT +FA	75AL 25BT	25AL 50BT +FA	100AL	75AL 25RC +FA	50AL 50BT +FE	75AL 25RC 25CS	50AL 50RC +FA	75AL 25BT	25AL 75BT +FA	100AL +FA	7,2 3
C (3)																										3
		75AL 25RC +FA	100AL	50AL 50CS	25AL 75RC	100AL +FA	50AL 50RC +FE	50AL 50BT +FA	50AL 50RC +FA	75AL 25BT	25AL 75BT +FA	25AL 75BT +FE	75AL 25BT +FA	75AL 25RC +FE	25AL 75CS	25AL 75BT	50AL 50BT +FE	100AL +FE	75AL 25RC 25CS	75AL 25BT +FE	25AL 75RC +FE	50AL 50BT	25AL 75RC +FA	75AL 25RC	50AL 50RC	7,2 3
D (4)																										3
		75AL 25BT	75AL 25BT +FA	25AL 75BT	50AL 50BT	100AL +FE	25AL 75RC +FA	75AL 25CS	25AL 75CS	25AL 75RC	75AL 25BT +FE	50AL 50BT +FE	25AL 75RC +FE	50AL 50RC +FA	100AL +FA	50AL 50RC	50AL 50CS	25AL 75BT +FA	75AL 25RC	75AL 25RC +FA	50AL 50RC +FE	100AL	50AL 50BT +FA	75AL 25RC +FE	25AL 75BT +FE	7,2 3

P2: Foto pícních směsí před první sečí v roce 2019.



P3: První seč v roce 2019 (vpravo) a plocha po odběru vzorků píče na rozbor botanického složení před sklizní (vlevo).



P4: Výnos testovaných variant ve třech užitkových letech 2019 – 2021 [t/ha].

Varianta	Výnos 2019	Výnos 2020	Výnos 2021
AL	11,7	6,1 ^{abc}	14,7
AL+tráva	10,7	10,1 ^d	16,2
AL+BT	10,9	7,0 ^{abc}	14,8
AL+BT+tráva	10,6	8,3 ^{cd}	15,5
AL+CS	10,6	4,4 ^a	14,0
AL+RC	10,7	4,9 ^{ab}	14,1
AL+RC+tráva	10,6	6,8 ^{bc}	15,1
p value	0,99879	<0,001	0,42093