

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra agroekologie a rostlinné produkce**



**Nutriční hodnota listů jetelovin jako bílkovinného krmiva  
pro ekologický chov prasat**

**Diplomová práce**

**Autor práce: Bc. Patricie Vašicová**

**Obor studia: Výživa zvířat a dietetika (AMPV)**

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

© 2019 ČZU v Praze

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Nutriční hodnota listů jetelovin jako bílkovinného krmiva pro ekologický chov prasat" 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 9. dubna 2019

---

### **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala doc. Ing. Josefovi Haklovi, Ph. D. za odbornou pomoc při vedení diplomové práce, za velmi cenné rady i za věcné připomínky. Dále bych ráda poděkovala za velikou vstřícnost při konzultacích, trpělivost a ochotu během zpracování celé diplomové práce. Diplomová práce byla řešena za finanční podpory projektu „Separace lístků a stonků leguminóz v rámci Programu rozvoje venkova.

# Nutriční hodnota listů jetelovin jako bílkovinného krmiva pro ekologický chov prasat

## Souhrn

Jeden z největších problémů ekologického chovu prasat je nedostatek zdrojů kvalitního proteinu. V současnosti nejvíce využívaný sójový protein je z nutričního hlediska velmi kvalitní, ale pro většinu farmářů je problematicky dostupný. Jeho cenu zvyšuje dovoz a často jsou také dovezené sójové boby geneticky modifikovány, a proto nemohou být v režimu ekologického zemědělství použity.

S ohledem na tento problém bylo hlavním cílem této práce hledat nové zdroje kvalitních domácích proteinů, které budou odpovídat vizi ekologického zemědělství. Jeteloviny se jeví jako perspektivní alternativní zdroj, který by k těmto účelům mohl dobře posloužit.

Pokus probíhal na biofarmě v Sasově u Jihlavy v letech 2016 – 2018. Sledována byla směs vojtěšky seté a jetele lučního v poměru 50:50, využívaná třísečně. Odběr vzorků píce se uskutečnil vždy před každou sečí ve čtyřech opakováních. Ve vzorcích byl stanoven podíl obou jetelovin a jejich počet lodyh, maximální délka lodyh a hmotnostní podíl listů. Z kvalitativních ukazatelů byl sledován obsah hrubého proteinu, hrubé vlákniny a vybraných aminokyselin.

Produktivita vojtěšky byla ve všech sledovaných parametrech lepší z důvodu vyšší vytrvalosti a suchovzdornosti. Jetel dosahoval lepších výsledků pouze v podílu listů. Vojtěškové listy obsahovaly vyšší množství hrubého proteinu a cílových aminokyselin s nižším množstvím hrubé vlákniny. U lodyh vojtěšky však byla zjištěna nižší kvalita, než tomu bylo u lodyh jetele. Tento výzkum ukázal, že směs vojtěšky seté a jetele lučního je efektivní alternativní zdroj proteinů pro ekologický chov prasat, ale podíl vojtěšky ve směsi by měl být navýšen v neprospěch jetele s poměrem cca 75:25. Dále je nutné provádět efektivní separaci listů, aby se zamezilo kontaminaci lodyhami, které by rychle snížily nutriční kvalitu krmiva.

**Klíčová slova:** pícniny, jeteloviny, dusíkaté látky, aminokyseliny

# Nutritive value of legume leaves as a protein source for organic pig farms

## Summary

One of the biggest problems with organic pig farming is the lack of quality protein resources. Currently, the most widely used soy protein has high nutritional quality, but for most farmers it is difficult to obtain it. Its price is increased by imports and imported soybeans are often genetically modified and therefore cannot be used in organic farming.

In view of this problem, the main goal of this work was to look for new sources of quality home-made protein that would meet the vision of organic farming. Clovers appear to be a promising alternative source that could serve well.

The experiment took place at the organic farm in Sasov near Jihlava in the years 2016 – 2018. A mixture of alfalfa and red clover in the ratio 50:50 was used. Forage sampling was always done before each mowing in four repetitions. The proportion of both clovers and their number of stems, the maximum stem length and the weight proportion of the leaves were determined in the samples. From the qualitative indicators the content of crude protein, coarse fiber and selected amino acids was monitored.

The production of alfalfa was better in all of the endpoints due to higher endurance and dry resistance. Clover achieved better results only in the proportion of leaves. Alfalfa leaves contained higher amounts of crude protein and target amino acids with less coarse fiber. However, the quality of the stalks of alfalfa was lower than for clover stems. This research has shown that a mixture of alfalfa and white clover is an effective alternative source of protein for organic pig farming, but the proportion of alfalfa in the mixture should be increased at the expense of clover with a ratio of about 75:25. Furthermore, it is necessary to perform effective leaf separation to avoid stalk contamination that would rapidly reduce the nutritional quality of the feed.

**Keywords:** fodder, clover, nitrogen substances, amino acids

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Cíl práce a vědecká hypotéza.....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Literární rešerše.....</b>	<b>3</b>
<b>3.1</b>	<b>Chov prasat a princip ekologického zemědělství.....</b>	<b>3</b>
<b>3.2</b>	<b>Výživa a trávení prasat v ekologickém režimu.....</b>	<b>5</b>
3.2.1	Trávicí soustava prasat.....	5
3.2.1.1	Dutina ústní.....	6
3.2.1.2	Hltan a jícn.....	6
3.2.1.3	Žaludek.....	7
3.2.1.4	Tenké střevo.....	7
3.2.1.5	Tlusté střevo.....	8
3.2.2	Zásady správné výživy prasat.....	9
<b>3.3</b>	<b>Aminokyselinový profil ve výživě prasat.....</b>	<b>10</b>
<b>3.4</b>	<b>Potřeba a kvalita proteinu ve výživě prasat.....</b>	<b>12</b>
<b>3.5</b>	<b>Zdroje proteinu ve výživě prasat.....</b>	<b>14</b>
<b>3.6</b>	<b>Sója (Glycine max).....</b>	<b>15</b>
3.6.1	Geneticky modifikované plodiny (GMO).....	15
3.6.2	Výhody využívání GMO plodin.....	16
3.6.3	Nevýhody využívání GMO plodin.....	17
<b>3.7</b>	<b>Hospodářské vlastnosti jetelovin.....</b>	<b>18</b>
3.7.1	Jetel luční ( <i>Trifolium pratense</i> L.).....	18
3.7.2	Vojtěška setá ( <i>Medicago sativa</i> L.).....	20
3.7.2.1	Moderní využití vojtěšky.....	21
3.7.2.2	Antinutriční nevýhody vojtěšky.....	22
3.7.2.3	Využití vojtěšky pro člověka.....	22
<b>3.8</b>	<b>Kvalita píče jetelovin a její využití ve výživě prasat.....</b>	<b>23</b>
<b>4</b>	<b>Materiál a metody.....</b>	<b>25</b>
<b>4.1</b>	<b>Charakteristika stanoviště.....</b>	<b>25</b>
<b>4.2</b>	<b>Charakteristika polního pokusu.....</b>	<b>26</b>
<b>4.3</b>	<b>Charakteristika laboratorní práce.....</b>	<b>27</b>
4.3.1	Stanovení kvalitativních ukazatelů.....	28
<b>4.4</b>	<b>Statistické hodnocení.....</b>	<b>28</b>
<b>5</b>	<b>Výsledky.....</b>	<b>29</b>

5.1	Hodnocení produktivity a podílu listů u testovaných jetelovin .....	29
5.2	Srovnání kvality testovaných jetelovin.....	33
6	Diskuze .....	35
6.1	Srovnání produktivity druhů jetelovin.....	35
6.2	Porovnání kvality jetelovin .....	36
7	Závěr .....	39
8	Seznam literatury.....	40

# 1 Úvod

Ekologicky řízené chovy jsou v posledních letech na poměrně velkém vzestupu. U většiny spotřebitelů neustále roste obliba produktů, které vznikly za dobrých životních podmínek zvířat a bez použití nežádoucích chemických látek, které mohou mít špatný vliv nejen na samotnou kvalitu vzniklého produktu, ale také na životní prostředí. Z těchto důvodů je potřeba farmám s ekologickým režimem co nejvíce usnadnit jejich aktivity a zajistit, aby byly také dostatečně výnosné a tento trend se mohl lépe a rychleji šířit i mezi ostatní zemědělce, kteří preferují metodu klasického konvenčního chovu.

V ekologických chovech prasat bývá často velkým problémem získat dostatečné množství kvalitního proteinu s vhodným zastoupením důležitých aminokyselin. Často je tento problém řešen dovozem produktů ze zahraničí, což je pro farmáře značně finančně náročné a může to přinášet i další omezení. V ekologických chovech nesmí být použity geneticky modifikované plodiny pro výživu zvířat a je třeba podporovat produkci dostatečného množství přímo na farmě produkovaných zdrojů proteinů, které splňují všechny podmínky ekologického režimu.

Jeteloviny se farmářům nabízí jako dobré řešení, které by v budoucnu mohlo pomoci tento problém zcela vyřešit. Jetel luční a vojtěška setá patří mezi vysoce kvalitní píce, které mají vysoký obsah proteinů, a zároveň by pro farmáře neměl být problém si je vypěstovat ve svém vlastním zemědělském podniku. Jejich další velice významnou vlastností, která vizi ekologického režimu podporuje, je schopnost fixovat dusík. Není tedy třeba používat syntetická N hnojiva a environmentální dopad jejich pěstování je tedy mnohem nižší.

Je však nutné vzít v úvahu, že kvalita různých částí rostlin není stejná. Listy tvoří nejkvalitnější část rostliny, zatímco lodyhy mají výrazně vyšší obsah vlákniny a méně proteinu. Pro výživu prasat je nutné tyto frakce od sebe před zkrmováním oddělit, protože jinak by byl obsah vlákniny příliš vysoký. Separované listy mají potenciál uspokojit proteinovou potřebu v chovech prasat, je ale třeba ověřit jejich aminokyselinové spektrum.



## **2 Cíl práce a vědecká hypotéza**

Cílem této diplomové práce je v podmínkách konkrétního zemědělského podniku analyzovat potenciál kvality produkce listů vojtěšky seté a jetele lučního, jako zdroje proteinů ve výživě pro ekologicky chovaná prasata. Ověřovány budou dvě následující hypotézy:

- 1) Testované pícní druhy se liší ve výnosu a podílu listů ve sklizené píci.
- 2) Testované pícní druhy se liší v obsahu dusíkatých látek, vlákniny a spektru vybraných aminokyselin.

### 3 Literární rešerše

#### 3.1 Chov prasat a princip ekologického zemědělství

Liao et al. (2015) ve své publikaci uvádějí, že vepřové maso patří mezi nejvíce konzumované maso na celém světě. Z ekonomického hlediska se jedná o jeden z nejlepších zdrojů živočišných bílkovin pro lidskou spotřebu. Výhodou chovu prasat je nejen jejich poměrně rychlý růst, ale i mnohem vyšší plodnost v porovnání s ostatními druhy hospodářských zvířat. Pojem ekologické zemědělství lze definovat jako moderní přístup k zemědělství, jehož význam neustále narůstá. Hlavním cílem ekologického zemědělství je vytvořit integrovanou, humánní, ekologickou a zároveň ekonomicky udržitelnou produkci. Tento způsob zemědělství se v maximální možné míře spoléhá především na použití obnovitelných zdrojů, které mají pocházet z vlastního nebo jiného zemědělského podniku. Původní idealismus, který byl stanovený v zásadách na počátku tohoto zemědělství, musel být později zmírněn praktickými úvahami zemědělců. Přijaté normy musí usilovat o rovnováhu mezi přáními spotřebitelů a úvahami o etických, ekologických, praktických ale i finančních možnostech producentů. Díky tomu se muselo z některých původních představ ustoupit a vytvořit určitý kompromis mezi všemi těmito faktory. Výsledkem je například to, že jsou nyní s určitým omezením povoleny syntetické vitaminy (Blair 2017).

Zollitsch (2007) ve své publikaci uvádí, že je potřeba neustále rozvíjet strategii krmení pro organicky chovaná prasata. Pokud je chov monogastričních hospodářských zvířat (prasat) integrován do systému ekologického chovu, tak mohou být některé nutriční vstupy omezené. Poměrně rychlý vývoj ekologického zemědělství v posledních desetiletích měl za následek to, že zemědělci v ekologickém režimu spoléhají především na hospodářská zvířata, která mají vysoký genetický potenciál. U těchto zvířat, která mají zvýšenou potřebu živin, ale zároveň pouze omezenou kapacitou příjmu krmiva, je obvykle používána krmná dávka s vysokou hustotou živin a energie, která je podávána zvířatům v odpovídajícím množství. V ekologickém chovu prasat je pro chovatele mnohem náročnější správně sestavit krmnou dávku tak, aby obsahovala vysokou hustotou potřebných živin, než je tomu u konvenčního chovu prasat.

Podle Kornegay a Harpera (1997) je v ekologických chovech kladen velký důraz na životní prostředí. Dále zmiňují, že intenzivní produkce prasat má za následek zvyšování objemu hnoje, který je na farmách vyprodukován. Z tohoto hlediska je nutné si uvědomit, že každá farma má pouze omezené množství plochy půdy a při překročení kapacity půdy pro hnojení hnojem může dojít k akumulaci látek v půdě. To následně může mít za následek únik

mineralizovaných látek do životního prostředí a způsobit tak jeho výrazné znečištění. Ekologická výživa s ohledem na tento problém je definována jako krmení zvířat takovým způsobem, aby byly splněny jejich minimální požadavky na minerální látky s přijatelným výkonem, reprodukcí i kvalitou jatečně upraveného těla zvířete a zároveň s co nejnižším vylučováním nadbytečných minerálů. Prasata obvykle při podávání běžného krmiva vylučují 45 – 60 % dusíku, 50 – 80 % vápníku a fosforu a 70 – 95 % draslíku, sodíku, hořčíku, mědi, zinku, železa a manganu.

Také Blair (2017) v souladu s výše uvedeným informuje, že producenti prasat v organickém chovu musí držet svá zvířata a zpracovávat jejich odpad takovým způsobem, který nadbytečně neznehodnocuje životní prostředí a zároveň nepřispívá ke znečištění okolní půdy ani vody vyloučenými nadbytečnými živinami, těžkými kovy nebo některými patogenními organismy. Životní podmínky zvířat musí být takové, aby maximálně podporovaly zdraví chovaných zvířat a aby bylo možné zajistit zvířatům přirozené chování.

Je důležité sledovat požadavky a preference účastníků trhu, které se mohou poměrně rychle měnit. Mezi účastníky trhu patří jatka a zpracovatelé, spotřebitelé i veřejnost a každý segment má různá očekávání ohledně organického chovu prasat. V ideálním případě by jatečně upravená těla takto chovaných prasat měla nejen dosahovat určité hmotnosti a mít vysoký podíl libového masa, ale i určité složení tukové tkáně. Vepřové maso musí vykazovat velmi dobré organoleptické vlastnosti a musí být pro všechny spotřebitele vždy bezpečné (Zollitsch 2007).



Obr. 1: Plemeno černostrakaté přeštické prase při venkovním chovu.

(Sasov u Jihlavy 2018, foto autorka)

Blair (2017) dále ve své studii souhrnně uvádí, že prasata v těchto chovech musí být krmena tak, aby byla zajištěna především maximální kvalita, která má v tomto případě

mnohem větší váhu, než míra růstu prasat. Prasata musí být krmena ekologicky produkovánými krmivy. Hrubé, čerstvé, sušené krmivo i siláž musí být přidávány k denní krmné dávce. Mohou být použity některé krmné suroviny živočišného původu, jako je mléko a výrobky z něj nebo ryby a vedlejší produkty z ryb. Mohou být podávány minerální látky i vitaminy (nyní i včetně syntetických vitaminů). Látky jako antibiotika, kokcidiostatika, léčivé látky, růstové látky a další jakékoliv látky určené ke stimulaci růstu nebo produkce jsou přísně zakázány.

### 3.2 Výživa a trávení prasat v ekologickém režimu

Blair (2007) ve své publikaci uvádí, že prasata, stejně tak jako všechna ostatní hospodářská zvířata, vyžadují ve svém krmivu dostatečné a vyrovnané množství živin, které zcela pokryje všechny jejich energetické náklady spojené jak se samotnou produkcí, tak i s neméně důležitou reprodukcí. Prasata ve svém krmivu musí přijímat dostatek stravitelných složek, které jsou potom následně schopna využít jako zdroj živin. Je nutné, aby byla prasata schopna z překládaného krmiva získat dostatek proteinů a energie, kterou poskytují především tuky a sacharidy. Neméně důležitou složkou krmiva jsou i vyvážené minerální látky, dostatek vitaminů a dostatečné množství kvalitní pitné vody. Prasata by měla dostávat pouze kvalitní a dobře stravitelné krmivo, neboť živinová nerovnováha je častou příčinou horší výkonnosti zvířat a negativně ovlivňuje i reprodukci a produkci masa.

Tab. 1: Chemické složení (%) těla prasat při různých živých tělesných hmotnostech.

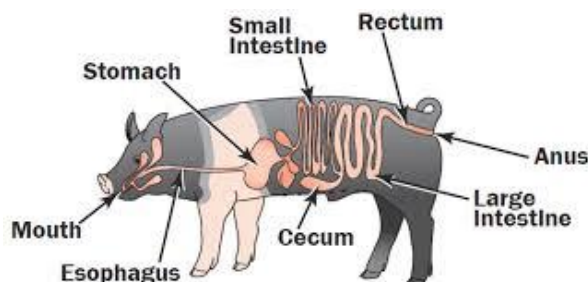
Komponenty	narození	7 kg	25 kg	tržní váha (cca 110 kg)	
				tučná prasata	libová prasata
voda	77	66	69	48	64
proteiny	18	16	16	14	18
tuky	2	15	12	35	15
popeloviny	3	3	3	3	3

(Lewis a Lee Southern 2000)

#### 3.2.1 Trávicí soustava prasat

Gastrointestinální trakt prasat slouží k příjmu a ke zpracování přijatého krmiva. Zároveň připravuje krmivo pro následnou absorpci živin. Z počátku je potřeba především zmenšit velikost částic krmiva a to pomocí mechanického nebo chemického působení v dutině ústní.

Mechanické narušení přijatého krmiva se provádí primárně žvýkáním v dutině ústní a následně kontrakcí svalů gastrointestinálních stěn. K chemickému zpracování dochází díky vylučování enzymů, které najdeme především v trávicích šťávách, ale dále jsou také vylučovány i střevní mikroflórou. Je potřeba upravit krmivo takovým způsobem, aby bylo dosaženo maximálního možného vstřebání živin střevní stěnou do krve a lymfy (Blair 2007).



Obr. 2: Gastrointestinální trakt prasat.

[https://extension.purdue.edu/4h/Documents/Volunteer%20Resources/Livestock%20Volunteers/4H1659\\_AnimalScienceAnywhere-DigestiveSystem.pdf](https://extension.purdue.edu/4h/Documents/Volunteer%20Resources/Livestock%20Volunteers/4H1659_AnimalScienceAnywhere-DigestiveSystem.pdf)

### 3.2.1.1 Dutina ústní

Blair (2007) ve své publikaci uvádí, že v této úvodní části trávicího traktu začíná zpracování přijatého krmiva. Délka dutiny ústní se u různých plemen prasat liší, ale obecně lze říci, že jí prasata mají relativně dlouhou. Je vyplněna podlouhlým a úzkým jazykem (Lewis a Lee Southern 2000). Krmivo je zde rozmělněno na menší částice, což později napomáhá chemickému zásahu trávicími šťávami a enzymy. Dochází zde k promíchání a navlhčení přijatého krmiva pomocí slin a takto upravené krmivo je potom možné snáze spolknout (Blair 2007). Lewis a Lee Southern (2000) uvádějí, že sliny jsou vylučovány ze slinných žláz, které se nachází v ústech. Sliny prasat mají mírně kyselé pH a obsahují enzym ptyalin, který má aktivitu amylázy. Tento enzym ostatní hospodářská zvířata ve svých slinách obsažen nemají. Prasata vyprodukují denně až 15 litrů slin (Blair 2007).

### 3.2.1.2 Hltan a jícn

Reece (2010) uvádí, že hltan je protáhlá trubice, která je umístěna kaudálně za dutinou ústní. Poté, co dojde ke spolknutí přijatého krmiva, tak kontrakce hltanu umožňují další pohyb sousta směrem k jícnu (Mailman 2015). Z hltanu vedou otvory do dutiny ústní, dvou nosních dutin, dvou Eustachových trubic, hrtanu a jícnu. Hltan komunikuje s horními cestami dýchacími (Reece 2010).

Jícen je svalová trubice, která spojuje hltan s žaludkem (Mailman 2015). Prochází otvorem v bránici a v dutině břišní vstupuje do žaludku (Reece 2010). Mailman (2015) dále ve své studii uvádí, že díky činnosti svalů, které ho obklopují, vznikají svalové kontrakce. Tyto kontrakce umožňují, aby mohla být voda a potrava z jícnu dále posouvána do žaludku (Blair 2007). Jícen je vystlán sliznicí, která vytváří uvnitř jícnu řasy. Díky těmto řasám je možné, aby jícnem prošly i poměrně velké předměty, protože je možné roztáhnout jeho sliznici, podslizniční vazivo, ale i již zmíněné jícnové řasy (Reece 2010).

### 3.2.1.3 Žaludek

Jedná se o vakovitý orgán, který spojuje jícen s tenkým střevem a dochází v něm k částečné absorpci živin. Celková kapacita žaludku u devadesáti kilového prasete se pohybuje mezi 6 – 8 kilogramy. Zpracovává se zde přijaté krmivo a je vystavováno působení žaludečních šťáv, které jsou žaludkem vylučovány. Tyto žaludeční šťávy obsahují celou řadu důležitých enzymů, které zajišťují správný průběh trávení (Blair 2017). Sliznice žaludku obsahuje žlázy, které produkují hlen, proteázy a lipázy (Lewis a Lee Southern 2000).

Mezi důležité enzymy patří například pepsin, který se uplatňuje při rozpadu a trávení bílkovin. Tento enzym je schopen plnit svoji funkci pouze v kyselém prostředí, kdy je hodnota pH nižší než 3,5. Kyselost v žaludku zajišťuje kyselina chlorovodíková, která je žaludkem produkována. Je schopna rozpouštět minerální látky, jako jsou například vápenaté soli a zároveň je schopna také inaktivovat patogenní bakterie přítomné v krmivu. Samotný žaludek se chrání před působením kyseliny chlorovodíkové produkcí hlenu, který chrání žaludeční sliznici. Dále v žaludečních šťávách najdeme enzymy lipázy, které jsou ale přítomné pouze v malém množství. Tyto enzymy iniciují v žaludku trávení tuků. Dále můžeme u prasat najít enzym rennin, který se podílí na rozkladu proteinu v mléce (Blair 2007).

V dolní části žaludku dochází k intenzivnímu promíchávání krmiv s kyselými šťávami, zatímco v horní oblasti žaludku zůstává pH alkalické. Toto alkalické pH umožňuje trávení škrobu amylázou. Jednu až dvě hodiny po nakrmení se trávené krmivo již v polotekuté formě přesouvá ze žaludku do tenkého střeva (Blair 2007).

### 3.2.1.4 Tenké střevo

V publikaci Blair (2007) je uvedeno, že se jedná o dlouhou trubicovitou strukturu, která spojuje již zmíněný žaludek s tlustým střevem. V těchto místech trávicí soustavy dochází k maximálnímu trávení a absorpci živin. U novorozených prasat má délku 2 – 4

metry. U dospělého prasete se však délka tenkého střeva pohybuje až okolo 16 – 21 metrů (Lewis a Lee Southern 2000). Absorpce živin zahrnuje celou řadu procesů, které umožňují konečným produktům trávení procházet přes membránu střeva do krevního oběhu. Následně potom mohou být takto absorbované živiny distribuovány po celém těle. Chymus (částečně natrávené krmivo v tekuté formě) se v tenkém střevě mísí s dalšími tekutinami (Blair 2007).

Tenké střevo se skládá ze tří částí, které se nazývají dvanáctník, lačník a kyčelník. Z celkové délky střeva tvoří asi 4 – 5 % dvanáctník, 88 – 91 % lačník a 4 – 5 % tvoří kyčelník (Lewis a Lee Southern 2000). Duodenální žlázy dvanáctníku produkují alkalický sekret, který působí jako mazivo a zároveň chrání stěnu střeva proti vstupu a působení kyseliny chlorovodíkové ze žaludku (Lewis a Lee Southern 2000). K této části tenkého střeva je připojena slinivka břišní neboli pankreas, která vylučuje tekutinu obsahující velké množství enzymů. Mezi tyto enzymy patří enzym amyláza, trypsin, chymotrypsin a lipáza, které působí při trávení sacharidů, bílkovin a tuků. Dále do duodena ústí žlučové vývody, které přivádí žluč. Žluč je syntetizována v játrech a obsahuje soli žlučových kyselin, které plní velmi důležitou funkci při trávení a absorpci tuků. Další částí tenkého střeva je lačník, neboli jejunum a poslední částí je kyčelník, nazývaný ileum (Blair 2007). Lewis a Lee Southern (2000) ve své publikaci uvádí, že lačník je dlouhý a vytváří velké množství malých smyček. V obou těchto částech také probíhá důležitá absorpce živin. Trávení a absorpce jsou ukončeny v okamžiku, kdy trávenina dojde až ke konci ilea. Minerální látky, vitaminy ani voda nepodléhají enzymatické aktivitě, ale jsou rozkládány v různých zažívacích tekutinách a následně absorbovány. Po vstupu živin do krevního řečiště dojde k jejich transportu k jednotlivým orgánům těla. Takto získané živiny zajišťují udržení základních tělních funkcí, jako je dýchání, oběh krve, pohyby svalů, obnova a náhrada opotřebovaných buněk, růst, reprodukce a sekrece mléka. Zbytek tráveniny, který se skládá z nestravitelných složek krmiva, je navíc obohacen o odlupky stěny střeva a přechází pomocí kontrakcí do další části trávicí soustavy, kterou je tlusté střevo (Blair 2007).

### 3.2.1.5 Tlusté střevo

Lewis a Lee Southern (2000) popisují, že u plně rozvinutého prasete dosahuje tlusté střevo v průměru 3,5 – 6 metrů. Tlusté střevo se skládá ze tří částí. První z nich má strukturu podobnou vaku a nazývá se slepé střevo. Druhá část se nazývá tračník a ta je napojena na koncovou část trávicí soustavy nazývanou konečník. Slepé střevo je poměrně malé s kapacitou 1,5 – 2 litry (Blair 2017). Z celkové délky tlustého střeva představuje asi 7 – 8 % (Lewis a Lee Southern 2000). Obsah ve střevě se pohybuje pomalu a již nejsou aktivní žádné

enzymy. Dochází zde k mikrobiálnímu rozkladu vlákniny a nestráveného materiálu (Blair 2007).

Krmiva s vyšším obsahem vlákniny mají pro prasata pouze omezenou krmnou hodnotu. Ostatní živiny, které jsou rozpuštěné ve vodě, jsou absorbovány v dolní části tlustého střeva. V této části trávicí trubice dochází především k absorpci většiny vody ze střevního obsahu v těle prasat a zůstává pouze nestrávený materiál, který je později vyloučen koncovou částí tlustého střeva. Konečník má jednoduchou strukturu a na jeho konci se nachází řitní otvor, který již neobsahuje žádné slizniční buňky. Rychlost obměny epitelu sliznice tlustého střeva trvá u prasat v průměru 4 – 8 dní (Lewis a Lee Southern 2000). Celý proces výše popsaného trávení vyžaduje přibližně 24 – 36 hodin času (Blair 2007).

### **3.2.2 Zásady správné výživy prasat**

Zollitsch (2007) ve své publikaci uvádí, že pro vytvoření jakékoliv krmné strategie v režimu ekologického zemědělství je potřeba zvážit hned několik důležitých zásad. Mezi tyto zásady patří například fakt, že všem takto chovaným hospodářským zvířatům musí být poskytnuto dostatečné množství živin a energie, které je vhodné pro udržitelnou úroveň produkce. Krmná dávka pro zvířata musí být vytvořena z vhodných krmiv tak, aby umožňovala optimální fungování druhově specifické fyziologie zvířat. Zvířata musí mít možnost provádět přirozené krmné chování tím, že jim bude předkládáno vhodně strukturované krmivo za použití správné techniky a v prostředí, které je ke krmení vhodné. Také je velmi důležité vzít v úvahu cíle, které jsou spojené s ekologickým zemědělstvím, jako jsou environmentálně šetrné výrobní metody, neporušené cykly živin a nízké využití neobnovitelných zdrojů.

Ve výživě ekologicky chovaných prasat lze identifikovat dvě hlavní oblasti, na které by se měli všichni chovatelé nejvíce zaměřit. První z nich je schopnost chovatele zajistit vyrovnanou a dostatečnou nabídku krmiva, která plnohodnotně pokryje i požadavky na esenciální aminokyseliny. Druhou výzvou je pro chovatele vypracování a dodržování takového nutričního konceptu, který pomáhá udržovat pevné zdraví zvířat. Výživa takto chovaných hospodářských zvířat by měla být založena na domácích zdrojích a mělo by se jednat vždy o kvalitní krmiva. Případné nutriční nedostatky mají za následek nejen snížení výkonu zvířat, ale také nízkou úroveň jejich zdraví i životních podmínek s následnou sníženou kvalitou produktů (Zollitsch 2007).

Také Blair (2017) se zmiňuje o faktorech, které má krmivo pro takto chovaná zvířata splňovat. Krmivo využívané pro produkci ekologicky chovaných prasat by mělo splňovat



následující kritéria. Prvním z nich je, že použité krmivo by mělo být vyrobeno ze složek, které byly vyprodukovány a zpracovány ekologicky a ideálně na území samotného zemědělského podniku. Dále je umožněno, aby některé nesyntetické látky, mezi které řadíme například enzymy nebo probiotika, která jsou považována za přírodní složky, mohly být v těchto chovech použity. Dále mohou být využívány také látky syntetické povahy, které ale byly schváleny pro ekologický režim. Ekologické zemědělství se od konvenčního zemědělství liší především zákazem používání geneticky modifikovaných plodin a jejich vedlejších produktů. Dále platí přísný zákaz používání antibiotik, hormonů nebo léků. Enzymy, jak je již výše uvedeno, mohou být v některých případech povoleny, ale ne vždy. Například je zakázáno využití enzymů, jako krmné složky, používaných ke zvýšení účinnosti přeměny krmiv. Zakázáno je také používání vedlejších produktů živočišné výroby s výjimkou například některých povolených mléčných výrobků. Není také povoleno používat extrahované krmivo, jako je například sójová moučka.

Zollitsch (2007) dále ve své studii uvádí, že mnoho aspektů, které se týkají krmení, je bohužel stále špatně chápáno. Mezi tyto aspekty patří například kvalita použitých krmiv, dodávka živin, správná krmná technika, ale i celá řada dalších faktorů, které s krmivy souvisí. Špatná a nevyrovnaná výživa se často považuje za jednu z hlavních příčin některých zdravotních problémů zvířat. Poměrně častým a závažným problémem odstavených selat v organickém chovu je například průjem. Delší doba kojení selat by měla tuto situaci výrazně zlepšit.

### **3.3 Aminokyselinový profil ve výživě prasat**

Blair (2007) uvádí, že v těle prasat lze nalézt 22 různých aminokyselin a z těchto všech je 10 aminokyselin esenciálních, tedy pro tělo prasete nezbytných. Tyto aminokyseliny musí být prase schopno získat exogenním způsobem z podávaného krmiva. Tělo prasete tyto aminokyseliny pro své metabolické potřeby totiž není schopno syntetizovat vůbec nebo pouze v nedostatečném množství (Liao et al. 2015). Mezi tyto esenciální aminokyseliny patří arginin, methionin, threonin, lysin, histidin, fenylalanin, izoleucin, leucin, tryptofan a valin. Cystein a tyrosin mohou být považovány za poloesenciální. Posledních 10 aminokyselin je považováno za neesenciální a mohou být tedy syntetizovány přímo v těle prasete. Liao et al. (2015) uvádí, že již po několik desetiletí je známo, že pro správný růst a vývoj svalů u prasat je vyžadována přesná dodávka proteinu s vhodným složením aminokyselin. U prasat je jednou z nejdůležitější esenciálních aminokyselin lysin, který je takzvanou limitující aminokyselinou a musí ho tedy být v krmivu dostatečné množství. Ve výživě prasat hraje

lysín velmi důležitou roli při podpoře správného růstu a produkce. (Regmi et al. 2017). Liao et al. (2015) také tvrdí, že lysín má nezastupitelnou funkci během mnoha metabolických a fyziologických funkcí v těle prasat. Zároveň ale upozorňují, že se jedná o nejvíce deficitní aminokyselinu téměř ve všech dietách pro prasata, které jsou tvořeny především zrny obilovin.

Wang et al. (2015) uvádějí, že požadavek prasat na lysín se v průběhu jejich života postupně mění. U prasat v pozdějším věku je požadavek o něco nižší v porovnání s prasaty, která jsou v růstovém stádiu. Přesto, že požadavky jsou v pozdním věku prasat menší, tak je důležité je přesně naplnit. Producenti musí použít taková nutriční opatření, aby došlo k maximalizaci růstu a k vysoké kvalitě jatečně upravených těl prasat. Regmi et al. (2017) ale zároveň uvádí, že udržitelná produkce prasat by měla být spojena s co možná nejmenším plýtváním důležitých živin. Toto však vyžaduje důkladné a přesné porozumění metabolismu živin.

Také Liao et al (2015) se domnívají, že aminokyselina lysín je důležitá a jedná se o kvalitní substrát pro tvorbu tělesných proteinů, peptidů i nepeptidových molekul. Jeho nadbytek je v těle prasat katabolizován a následně slouží jako zdroj energie. Z regulačního hlediska je tato aminokyselina na vrcholu v řízení celého metabolismu aminokyselin, ale také může ovlivnit metabolismus i jiných živin. Nedostatek lysínu v krmné dávce naruší imunitu zvířat a tím pádem zvýší jejich náchylnost k různým infekčním onemocněním. Jak již bylo řečeno, nedostatek lysínu má negativní vliv nejen na zdraví, ale také na růst zvířat. Naopak jeho nadbytek nepůsobí toxicky a z těchto důvodů je chovatelům spíše doporučováno mít nastaveny vyšší dávky lysínu a vyhnout se tak jeho možnému nedostatku. Toto vše by se ale mělo dít zároveň opět s ohledem na životní prostředí.

V ideálním případě by se měla pro krmení prasat používat taková krmiva, která obsahují vysoce kvalitní bílkoviny a která mají aminokyselinový profil podobný skutečným potřebám prasete. Naopak by měla být snaha vyhnout se krmivům, která mají méně žádoucí aminokyselinový profil. Tento fakt je velmi důležitý, pokud je jedním z cílů ekologického zemědělství minimalizovat vylučování dusíku do prostředí a tím snižovat negativní dopad chovu prasat na životní prostředí. Profil aminokyselin obsažených v krmivu je hlavním určujícím faktorem jeho hodnoty jako zdroje proteinu (Blair 2007)

Tab. 2: Složení ideálního aminokyselinového vzorce pro prasata ve srovnání s lysinem (hodnota 100), u různých tělesných hmotností prasat.

Aminokyselina	5-20 kg	20-50 kg	50-100 kg	březí prasnice	prasnice v laktaci
lysin	100	100	100	100	100
threonin	65	67	70	70	60
methionin + cystin	60	65	70	55	50
methionin	30	30	30	30	30
isoleucin	60	60	60	70	60
leucin	100	100	100	100	112
tryptofan	18	19	20	20	18
valin	68	68	68	78	70
histidin	32	32	32	33	35

(Blair 2007)

### 3.4 Potřeba a kvalita proteinu ve výživě prasat

Blair (2007) uvádí, že termín protein se většinou týká hrubého proteinu, který lze zjistit výpočtem, jako obsah dusíku vynásobený koeficientem 6,25. V krmivu má důležitou funkci a slouží jako nezastupitelný zdroj aminokyselin, které lze považovat za stavební kameny, které jsou nutné pro tvorbu veškeré svalové tkáně. Při nadbytečném příjmu aminokyselin nejsou tyto látky v těle prasat ukládány, ale jsou vylučovány močí jako směs dusíkatých látek. V krmných dávkách pro prasata není každá aminokyselina, která je v krmivu přítomna, plně biologicky dostupná a většina proteinů není tak zcela trávena a absorbována. Aminokyseliny v některých proteinech, jakou jsou například proteiny obsažené v mléčných výrobcích, jsou naopak téměř plně biologicky dostupné. Opakem toho jsou bílkoviny obsažené například v semenech rostlin, které jsou již pro prase méně biologicky dostupné. Pro zajištění optimálního výkonu a zdraví prasat je nutné, aby podávaná krmiva zajistila nejen dostatečný příjem esenciálních aminokyselin, ale také dostatečné množství energie i všech ostatních základních živin. U těchto látek je snaha dosáhnout co možná nejvyšší biologické dostupnosti pro tělo prasat. Je zřejmé, že chovné prasničky a kanci potřebují vyšší hladiny esenciálních aminokyselin a hrubého proteinu v porovnání s kastráty, kteří mají vyšší tendenci k tloustnutí

a žerou větší množství krmiva. Požadované hodnoty hrubého proteinu pro výživu prasat jsou přesně popsány v NRC normách z roku 1998.

Ravindran et al. (1999) dále uvádějí, že přesné stanovení stravitelnosti aminokyselin v jednotlivých krmivech je jedním ze základních faktorů pro odhad požadavků na aminokyseliny a vytvoření správné diety pro zvířata. Bylo prokázáno, že u prasat je hlavním místem pro vstřebávání aminokyselin tenké střevo, zatímco absorpce aminokyselin v tlustém střevě je naprosto zanedbatelná. Stein et al. (2007) dále uvádějí, že z tohoto důvodu je pro přesné hodnocení skutečné stravitelnosti a tedy i potřeby aminokyselin vyžadováno získání stráveného vzorku z konce ilea a nikoliv z celého trávicího traktu zvířete. Adeola et al. (2016) uvádějí, že trávenina shromážděná v ileu může obsahovat nestrávené zbytky krmiva, endogenní protein i aminokyseliny. Zdánlivá stravitelnost je definována jako stravitelnost aminokyselin, která je vypočítána bez zohlednění odečtu aminokyselin metabolického původu. Stein et al. (2007) se proto domnívají, že je nutné stanovit co možná nejpřesněji skutečnou ileální stravitelnost aminokyselin, aby bylo možné správně sestavit vhodnou krmnou dávku pro prasata.

Potřeba živin a tedy i proteinů se během života prasat mění v závislosti na mnoha faktorech. Jedním z nich je samozřejmě také životní fáze prasete. Například prasnice v laktaci, selata i rostoucí prasata vyžadují vysoce stravitelné krmivo s malým obsahem vlákniny. Taková krmiva ale bohužel většinou nejsou k dispozici na ekologických farmách v dostatečném množství. Často jsou také tyto suroviny prodávány přímo k lidské spotřebě. Dále zde existuje obecný nedostatek krmiv, která jsou bohatá na kvalitní bílkoviny, jako jsou krmiva živočišného původu nebo některé vedlejší průmyslové produkty, které by mohly pomoci vyrovnat strukturu aminokyselin v krmivu způsobem, který vyhovuje požadavkům prasat bez nutnosti dalšího doplňování syntetickými aminokyselinami (Zollitsch 2007).

Blair (2017) ve své publikaci předpokládá, že by v budoucnu mohly být pozměněny normy týkající se podávání doplňkových aminokyselin. Zatímco některé země o tuto změnu vyloženě usilují, jiné jsou zase naopak zásadně proti. Důvodem k obavám je především to, že nedostatečně čisté doplňkové aminokyseliny mají za následek nevyvážené složení a neefektivní využití bílkovin, které je spojeno s následným vyšším zatížením životního prostředí dusíkem. Také dochází k výraznému zvýšení nákladů na krmivo. Čisté ani syntetické doplňkové aminokyseliny nejsou v ekologickém režimu povoleny, ale existují zde určité výjimky tohoto ustanovení

### 3.5 Zdroje proteinu ve výživě prasat

Wlcek a Zollitsch (2004) uvádějí, že pro výživu takto chovaných prasat by bylo správným konceptem využití maximálního množství zdrojů proteinů vyprodukovaných přímo na farmě. Bohužel tyto možnosti jsou v praktickém organickém chovu prasat zatím ve většině případů příliš nevyužity. Klíčovým zdrojem proteinů stále tak na většině farem zůstávají zrna luštěnin, která je potřeba doplnit o určité množství jiných proteinových zdrojů, aby byla tato krmiva z nutričního hlediska vhodná pro prasata.

Na rozdíl od konvenční živočišné produkce je v těchto chovech k dispozici pouze malé množství snadno využitelných vedlejších průmyslových produktů, které by se daly využít. Tyto vedlejší produkty by musely mít dostatečně vysokou nutriční hodnotu, aby mohly být použity jako vhodné krmivo pro monogastriká zvířata. Poté by mohly sloužit jako přínosný doplněk krmiva a tím zvýšit hodnotu stravitelných bílkovin. Některé vedlejší produkty nemusí být plně využity kvůli některým svým nežádoucím vlastnostem, jako je například vysoký obsah vlhkosti, příliš krátká skladovatelnost nebo nutnost složitějšího zpracování před jejich krměním (Zollitsch 2007).

Blair (2007) se dále zmiňuje, že hlavní složkou v krmivu prasat bývají obilná semena, jako je například kukuřice, ječmen, pšenice nebo čirok. Tato krmiva obvykle poskytují kolem 30 – 60 % z celkových požadavků na aminokyseliny. Dále je ale potřeba obstarat i jiné další zdroje proteinů, aby byl zajištěn nejen příjem přiměřeného množství, ale i správná rovnováha esenciálních aminokyselin, které jsou pro tělo prasat nepostradatelné. Z výše uvedeného vyplývá, že formulace a zkrmování vhodného krmiva pro prasata vychází z toho, že tato krmiva mají zajistit dostatečné množství aminokyselin a to nejlépe na bázi snadno biologicky dostupných látek. Zároveň je dobré, aby tyto aminokyseliny byly co možná nejbližší ideálnímu proteinu a aby přebytek esenciálních aminokyselin byl co možná nejmenší.

Kammes et al. (2011) se ve své publikaci zmiňují, že sklizeň zelené píce zatím příliš dobře nezapadá do současných zemědělských postupů, které jsou prozatím primárně určeny pro manipulaci se zrnem a semeny pro krmění monogastričských zvířat. V roce 2012 vyprodukovala Evropa 20 % ze světové produkce vepřového masa a 15 % ze světové produkce masa kuřecího. Tato čísla naznačují, že poptávka po vysoce kvalitním proteinu v krmivech, který je vhodný pro intenzivní produkci monogastričských zvířat, je tedy poměrně vysoká a je nutné se tímto tématem dále zabývat (Jørgensen a Lærke 2016).

Houseman a Connel (1976) publikují, že zvláštní zájem vyvolává vysoký obsah kvalitních bílkovin o dobrém aminokyselinovém složení, který se vyskytuje u jetelovin

a luštěnin. Zejména byl sledován pro nás důležitý vysoký obsah lysinu a methioninu. V publikaci je dále uvedeno, že by mohly sloužit jako vhodné náhražky za různé sójové produkty, jejichž samotná produkce má výrazně negativní environmentální dopady. Pro systém ekologického chovu je samostatnost v zásobování bílkovinami obzvláště významná a zajímavá. V tomto systému totiž problémy s geneticky modifikovanými plodinami, s důvěryhodnou certifikací a vysoké ceny zpochybňují budoucí udržitelný rozvoj ekologicky chovaného zvířete založeného na dovozu sóji (Jørgensen a Lærke 2016).

### **3.6 Sója (Glycine max)**

Sójové boby i sójová moučka jsou v současné době velice široce používány v konvenčních chovech ke krmení hospodářských zvířat. Jedná se o luštěninu, která je výborným zdrojem kvalitních bílkovin i oleje a jedná se o důležitou komoditu nejen pro trh s krmivem pro zvířata, ale také přímo pro lidský konzum. Mezi hlavní producenty této významné luštěniny patří USA, Brazílie, Argentina nebo Čína. Sójová moučka je z hlediska nutriční hodnoty považována za nejlepší zdroj proteinů vůbec a často je brána jako určitý standard, který slouží k porovnávání ostatních zdrojů proteinů. Všechny farmy v režimu ekologického zemědělství musí být ale obezřetné a musí opatrně vybírat pouze geneticky nemodifikované produkty. Geneticky nemodifikovaná sója ale bohužel velmi zvyšuje náklady na krmiva, a proto je pro ekologické farmy tento zdroj živin většinou nedosažitelný. Mezi hlavní geneticky modifikované plodiny pěstované v Severní Americe patří právě sója, ale dále i kukuřice, řepka nebo bavlna (Blair 2007).

#### **3.6.1 Geneticky modifikované plodiny (GMO)**

Blair (2017) ve své publikaci uvádí, že v posledních několika letech dochází v mnoha zemích k poměrně rychlému nárůstu poptávky spotřebitelů po potravinách, které jsou vnímány jako čerstvé, zdravé a které jsou vyrobeny bez použití hormonů, antibiotik a dalších škodlivých chemických látek. Kaewtapee et al. (2017) shodně tvrdí, že poptávka spotřebitelů po živočišných produktech, které vznikly bez účasti geneticky modifikovaných organismů, takzvaně GMO-free, roste dokonce i u konvenčního zemědělství. Problémem ale nadále zůstává, že více než polovina sójových mouček bez geneticky modifikovaných organismů, které jsou používány v Evropě, se dováží ze zámořských zemí, jako je například Brazílie. Tím se samozřejmě zvyšuje i cena těchto surovin. Krön a Bittner (2015) ve své publikaci dále uvádějí, že na podporu udržitelné produkce prasat by dovozy těchto sójových mouček měly být co možná nejvíce omezeny a nahrazeny evropskými produkty ze sóji a řepky, a to jak

v ekologickém, tak i v konvenčním chovu prasat. Podunajská oblast, jižní Německo, Rakousko a další země střední a východní Evropy mají dobrý potenciál pro pěstování až dvou milionů tun sójových bobů bez geneticky modifikovaných organismů.

Stonebrook (2013) uvádí, že jednou z velmi důležitých otázek týkajících se bezpečnosti potravin je to, do jaké míry mají zbytky herbicidů z geneticky modifikovaných plodin vliv na naše zdraví. Jedny z nejrozšířenějších GMO plodin jsou takzvané plodiny „Roundup-ready“, které jsou modifikovány tak, aby byly odolné vůči herbicidu Roundup společnosti Monsanto. Tato chemikálie je používána k regulaci plevelů během vegetačního období rostlin. Na internetových stránkách firmy Monsanto je uvedeno, že na plodiny je možné stříkat dokonce i několik málo dní před sklizní, aby došlo k urychlení celého procesu a byly nižší náklady na sušení. Je důležité si ale uvědomit, že tento herbicid zůstává na úrodě i po sklizni a nakonec skončí v naší potravě.

### **3.6.2 Výhody využívání GMO plodin**

Zilberman et al. (2018) se ve své studii zabývali existencí a vlivem geneticky modifikovaných plodin. Uvádějí, že neustálý růst obyvatelstva, změny klimatu a rostoucí vliv člověka na půdní i vodní systémy představují významné výzvy pro současné zemědělské postupy. Genetické inženýrství hraje důležitou roli pro urychlení šlechtění nových odrůd, které mohou pomoci zemědělcům a zemědělským systémům přizpůsobit se rychle se měnícím podmínkám, technologiím a požadavkům trhu. S využitím geneticky modifikovaných organismů se zvyšují výnosy, a zároveň se snižují náklady i půdní a ekologické stopy v zemědělství.

Zilberman et al. (2018) ve své studii uvádějí, že genetické inženýrství má potenciál řešit některé z hlavních problémů naší doby a to včetně zabezpečení potravin, přizpůsobení se změně klimatu a environmentální udržitelnosti pomocí snížení používání herbicidů, pesticidů i různých hnojiv. Dále poskytuje nové nástroje pro zvýšení produktivity zemědělství a získávání vyšších výnosů, což je spojeno s nižší potřebou přeměňovat další přírodní ekosystémy na zemědělci obdělávanou půdu. V současné době nelze opomenout, že jejich působení vede také ke snížení dopadů na životní prostředí. Také se snaží podporovat růst populace v rozvojových zemích a posílit různé znevýhodněné skupiny.

Také Qaim a Klümper (2014) se zmiňují o pozitivním vlivu použití geneticky modifikovaných organismů. Byla dokončena studie, týkající se využití geneticky modifikovaných organismů a pesticidů, výtěžnosti a ziscích zemědělců. Z jejich výsledků vyplývá, že GMO plodiny zvýšily výnos v průměru o 21,6 %. Zároveň se také snížilo

množství použitých pesticidů o 36,9 % a tím pádem došlo i ke snížení nákladů na pesticidy o 39,2 %. Naopak zisky zemědělců se zvýšily o 68,2 %.

V souladu s výše uvedeným také Mahaffey et al. (2016) uvádí, že ekonomika udržitelného rozvoje naznačuje, že genetické inženýrství hraje v současném zemědělství velmi důležitou roli a to především ve zvýšení výnosu na jednotku produkce, snížení používání pesticidů a jiných chemických látek, efektivnější využívání půdy a snižování emisí skleníkových plynů.

Někteří autoři naplno podporují tuto myšlenku, ale naopak zde existuje i velká část těch, kteří jsou proti působení genetického inženýrství (Stonebrook 2013).

### **3.6.3 Nevýhody využívání GMO plodin**

Stonebrook (2013) ve své publikaci naopak uvádí možná nebezpečí, která jsou spojena s používáním těchto plodin. Geneticky modifikované plodiny byly ve Spojených státech amerických široce používány od konce 90. let. Později se ale začalo objevovat čím dál tím více studií, ve kterých bylo upozorňováno na možná bezpečnostní rizika spojená s používáním geneticky modifikovaných organismů. Čím dál více se také toto zemědělství začalo setkávat s velikým odporem různých ideologických skupin a vlád (Zilberman 2018). Stonebrook (2013) dále publikuje, že z těchto důvodů bylo nutné, aby se genetické inženýrství začalo více zabývat důležitými zákony o označování těchto produktů. Evropská komise zavedla povinné značení na všechny GMO potravinářské výrobky. U některých členů, včetně Francie a Německa, bylo dokonce úplně zakázáno pěstování GMO plodin. Indie umožnila pěstování GMO bavlny, ale zároveň odmítla povolení k pěstování GMO rýže (Zilberman 2018).

Stonebrook (2013) ve své studii popisuje bezpečnostní obavy týkající se konzumace těchto potravin, protože mohou negativně ovlivnit tělo lidí i zvířat. Pro příklad je zde uveden případ z dubna až května 2013, kdy studie prokázala zvýšený výskyt nádorů u potkanů, kterým bylo podáváno geneticky modifikované krmivo. Další studií o bezpečnosti geneticky modifikovaných potravin byla studie, která byla vydána v červnu 2013 v časopise *Journal of Organic System*. Tato studie byla provedena s použitím prasat. Po dobu přibližně 23 týdnů, což je běžná délka života prasete od odstavu až do jeho porážky, byla jedna skupina prasat krmena krmivem s obsahem geneticky modifikované kukuřice a sóji. Oproti tomu druhá skupina prasat byla krmena stejnou dietou, ale bez použití geneticky modifikovaných surovin. Obě tyto skupiny byly po následné porážce porovnány a byly zjištěny významné rozdíly mezi žaludkem a dělohami sledovaných prasat. U prasnic krměných geneticky modifikovanou



dietou byla děloha v průměru o 25 % těžší než u ostatních prasnic. Dále bylo také prokázáno, že u těchto prasat byl vyšší výskyt závažného zánětu žaludku a to u 32 % prasat, která byla krmena GM dietou v porovnání s 12 % prasat bez použití GM diety.

Chov a produkce organicky chovaných prasat je založena především na místně dostupných zdrojích krmiva a vylučuje použití veškerých mouček olejnatých semen, jako je například moučka ze sójových bobů nebo moučka z řepného šrotu. Důvodem pro jejich vyloučení je to, že tyto výživové doplňky byly vystaveny chemickému zpracování a působení chemické extrakce během jejich výroby. Z tohoto důvodu je nutné hledat v ekologických režimech chovu jiné alternativní zdroje proteinů, které smí být pro krmení prasat použity. Takovým pravidlům mohou vyhovovat i suroviny ze sóji, ale musí být vyprodukovány a upraveny pouze takovým způsobem, který neodporuje požadavkům ekologického zemědělství (Kaewtapee et al. 2017).

Jørgensen a Lærke (2016) ve své publikaci uvádí, že Evropa je bohužel stále velice významným dovozcem komodit s vysokým obsahem bílkovinných plodin a je téměř ze 70 % závislá na dovozu. Co se týká konkrétních dovozů sóji, tak je toto číslo ještě mnohem vyšší. Dovoz sóji často tvoří i více než 97 %, přičemž ročně to představuje asi 30 miliónů tun sóji (Parajuli et al. 2015). Tato vysoká závislost na dovozu výrazně zvyšuje zranitelnost evropské živočišné výroby i cenovou nestálost (Jørgensen a Lærke 2016).

### **3.7 Hospodářské vlastnosti jetelovin**

Jeteloviny mají ve výživě hospodářských zvířat důležitou roli a jsou známé především jako vysoko-bílkovinné krmivo (Marshall et al. 2017). Dhamala et al. (2017) dále uvádějí, že se jedná o rostliny, které jsou výjimečné i díky vysoké míře biologické fixace dusíku.

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

Marshall et al. (2017) ve své publikaci uvádějí, že jetel luční je významná krmná plodina, která je pěstovaná v mírných oblastech světa. Tomu také odpovídají optimální růstové podmínky jetele lučního. Optimální rozsah pH půdy je uveden jako 6,0 – 7,6. Pro optimální růst je také důležitá teplota a průměrné roční srážky. Jako optimální hodnota teploty je uveden rozsah teplot 20 - 25 °C a množství ročních srážek by mělo být v průměru více než 550 mm (McKenna et al. 2018).

Nykänen et al. (2000) se domnívají, že jetel luční byl historicky kultivovaný společně s jinými plodinami a napomáhal tak udržení dobrých výnosů. Dříve, než byla zavedena minerální dusíkatá hnojiva, pěstování jetele lučního velice významně přispívalo

k udržování úrodnosti půd. Příchod minerálních hnojiv ve 20. století ovšem z velké části omezil využití této pícniny. I přes její útlum ale nadále zůstává hojně využívána v mnoha zemích. Původ jetele lučního je z jihovýchodní Eurasie a zemědělci v Evropě byl pěstován již ve 3. století. Jeho využití při výrobě krmiv bylo téměř všudypřítomné již od 16. století. (McKenna et al. 2018).

McKenna et al. (2018) dále uvádějí shodné poznatky o jeteli lučním, které se ale dají vztáhnout obecně na jeteloviny, včetně vojtěšky seté. Mezi jejich současné moderní využití spadá nejen produkce píce, ale důležitou roli hrají také v opakovaném začleňování do orných systémů, kde pomáhají zvyšovat nejen udržitelnost, ale i integritu životního prostředí. Příspěvek dusíku z těchto pícnin k dalším plodinám a jejich schopnost dusík fixovat je velmi důležitá. Tyto významné jeteloviny mohou být pěstovány v monokulturách nebo i společně s trávami. Lze je sklízet a využít pro krmení zvířat nebo jako takzvané zelené hnojivo, které přispívá lepší plodnosti půdy. Dokonce díky rostoucím obavám z negativního vlivu na životní prostředí, které jsou spojovány s používáním minerálních hnojiv, se zájem o tyto jeteloviny neustále zvyšuje a to především v oblastech, které usilují o zvýšení úrodnosti půd (Taylor 2008). Digman (2013) uvádí, že díky snížení použitých syntetických hnojiv se zároveň také snižuje riziko kontaminace povrchových i podzemních vod.



Obr. 3: Jetel luční.

(<http://www.agriservis.cz/osivo-jetele-lucniho>)

Swinton et al. (2007) popisují, že jetel může zemědělcům nabídnout nejen značné ekonomické i krmivářské výnosy, ale může také značně snížit náklady na hnojiva. Mezi další výhody této pícniny spadá také to, že může zlepšit strukturu půdy, umožňuje lepší kontrolu nad výskytem plevelů a zároveň je schopna zvýšit přitažlivost opylovačů. Tento fakt je důležitý, protože dominantní faktor, který ovlivňuje přijetí nebo naopak zamítnutí nových

technologíí a postupů v zemědělství je ekonomická situace. Pokud má být zemědělství nadále dobře udržitelné, musí být zachována produktivita a integrita životního prostředí.

Marshall et al. (2017) dále uvádějí konkrétní příklady využití jetele lučního v zemědělství ve Velké Británii. Domnívají se, že může výrazným způsobem přispět ke snížení dovozu bílkovin a to tím způsobem, že zemědělci zvýší pěstování krmiv se zvýšeným obsahem bílkovin přímo na farmách. Jetel luční má poměrně vysoké výnosy sušiny a jedná se o velmi kvalitní krmivo s obsahem bílkovin 18 – 19 %. Jako nevýhoda se v publikaci uvádí fakt, že v současné době dostupným odrůdám chybí vytrvalost, ale to především jen ve spojení s pastvou.

### 3.7.2 Vojtěška setá (*Medicago sativa* L.)

Djukic et al. (2008) uvádějí, že vojtěška je celosvětově jednou z nejdůležitějších trvalých pícnin, která je často používána jako vysoce kvalitní krmivo pro všechny druhy i kategorie hospodářských zvířat. V souladu s tím Blair (2007) tvrdí, že vojtěška je jednou z celosvětově nejrozšířenějších krmných plodin a nejrozšířenější pěstovanou pícninou vůbec. Vojtěška je dobrým zdrojem velkého množství živin a v minulosti bylo její zahrnutí do chovu prasat považováno za velmi zásadní. Vojtěška má vysoký ekonomický i agronomický význam. Jedná se o pícninu, která má vysokou nutriční, energetickou i biologickou hodnotu a měla by být proto v zemědělství náležitě oceněna. Vyznačuje se také výbornými profylaktickými i léčivými vlastnostmi. Zpracované produkty z vojtěšky se využívají jako důležitá součást krmiv i pro monogastrická hospodářská zvířata (Djukic et al. 2008). Také Mueller et al. (2008) zmiňují, že pěstitelé vojtěšky po celém světě oceňují její vysokou výnosnost i kvalitu a její celkovou vysokou hodnotu pro zemědělství. Vojtěška je uznávána jako vysoce kvalitní krmivo s obrovskou všestranností, které může být krmeno například jako seno, senáž, siláž nebo může být některými zvířaty i přímo spásána.

Vojtěška je charakterizována kvalitním složením aminokyselin v sušině a to zejména obsahem esenciálních aminokyselin s výjimkou poněkud nižšího obsahu methioninu. Mimo to má vojtěška významný obsah i dalších neesenciálních aminokyselin (Djukic et al. 2008). Blair (2007) naopak uvádí, že nevýhodou používání vojtěšky je fakt, že obsahuje hůře stravitelné proteiny a zároveň má vyšší obsah vlákniny.

Blair (2007) ve své publikaci dále uvádí, že obsah hrubého proteinu ve vojtěšce se pohybuje kolem 120 – 220 g/kg a obsah hrubé vlákniny kolísá od 250 – 300 g/kg. Jak je již výše uvedeno, stravitelnost proteinů je o něco nižší a to díky tomu, že přístup trávicích enzymů k buněčným proteinům je snížen díky poměrně vysokému obsahu vlákniny.

Výsledkem tohoto jevu je, že protein obsažený ve vojtěšce dosahuje stravitelnosti přibližně 60%. Na druhou stranu tato rostlina obsahuje poměrně vysoké množství esenciální aminokyseliny lysinu a má dobrou rovnováhu i ostatních zastoupených aminokyselin. Vojtěška obsahuje pouze menší množství fosforu, ale naopak je velmi dobrým zdrojem jiných minerálních látek i vitaminů. Další výhodou této významné pícniny je fakt, že má dlouhou vegetační dobu a zhruba tří až pětiletou životnost. Je nadřazena ostatním pícninám především díky schopnosti fixovat dusík, díky čemuž není vyžadováno přidání už žádných dalších doplňkových dusíkatých hnojiv (Mueller et al. 2008). Další její výhodou je poměrně silná rezistence, což umožňuje zemědělcům lepší kontrolu nad výskytem škůdců a zároveň snižuje potřebu použití v dnešní době nepříliš oblíbených pesticidů (Mueller et al. 2008).



Obr. 4: Vojtěška setá.

<http://www.equichannel.cz/vojteska-pravdy-a-predsudky>

#### 3.7.2.1 Moderní využití vojtěšky

Rostoucí význam ve zpracování vojtěšky má výroba bílkovinných koncentrátů lisováním čerstvého krmiva. V některých zemích světa (například Francie), se každoročně vyrobí více než 12 000 tun bílkovinného koncentráту z vojtěšky. Jedná se o vysoce kvalitní průmyslový produkt, který má celou řadu využití. Využívá se například, jak již bylo výše uvedeno, jako doplněk krmiv ve výživě různých hospodářských zvířat. Konkrétně má své využití například v konečné fázi výkrmu skotu pro zvýšení kvality masa nebo je dále využíván pro zvýšení fertility krav a ovcí, ve výživě mladého dobytka, drůbeže i králíků. Tyto vojtěškové koncentráty se vyznačují vynikající kvalitou, která představuje vyšší obsah hrubého proteinu (50,0 %), nízký obsah hrubé vlákniny (3,3 %), zvýšený podíl tuků (9,8 %) a energetickou hodnotu krmiva 16,8 MJ/kg sušiny. Použití různých způsobů pěstování i využití vojtěšky by mělo být založeno na modernizaci výroby. Zpracování vojtěšky by mělo

být zaměřeno na její agronomické vlastnosti a na její přínos k ochraně a zachování životního prostředí (Djukic et al. 2008).

Také Mueller et al. (2008) se ve své publikaci zmiňují o vysokém potenciálu využití velkého množství kvalitního proteinu, který je obsažen ve vojtěšce. Cílem by mělo být získávat bílkoviny z této pícniny a následně je prodávat jako čistý produkt, zatímco extrahované listy a stonky by byly použity ke krmení skotu. Tyto výtažky by měly obsahovat zhruba 55 % bílkovin a měly by mít správnou rovnováhu v zastoupení tuků i stopových minerálů a zároveň i vysoký obsah xantofylu. Díky tomu jsou vhodné například pro drůbež, které by tímto způsobem mohly poskytnout nejen důležité proteiny, ale také významný zdroj xantofylu, který je důležitý pro správné zbarvení žloutku. Tento produkt by měl být levnějším zdrojem xantofylů v porovnání například s extrakty z měsíčku, které je používány v současnosti. Tento proteinový extrakt z vojtěšky byl již také s úspěchem použit dokonce jako zdroj bílkovin pro lidi v Mexiku a Francii.

#### 3.7.2.2 Antinutriční nevýhody vojtěšky

Blair (2007) se dále zmiňuje o antinutričních nevýhodách této významné pícniny. Uvádí, že vojtěška obsahuje saponiny a taniny. Jedná se o látky s hořkou, trpkou chutí a jejich příjem může být pro prase velmi nekomfortní. Následkem toho byl sledován snížený příjem krmiv, která obsahovala vojtěšku. Tříslovin obsahuje vojtěška zhruba 32,5 g/kg a jedná se o nežádoucí látky, které jsou rozpustné ve vodě. Tyto polymerní fenolické sloučeniny mohou snižovat stravitelnost bílkovin vazbou na bílkoviny a jsou schopny inhibovat trávicí enzymy.

#### 3.7.2.3 Využití vojtěšky pro člověka

Mueller et al. (2008) dále uvádí, že se vojtěška nepoužívá pouze jako krmivo pro zvířata, ale také často jako doplněk stravy pro člověka. Jedná se o léčivou rostlinu, která je bohatá na  $\beta$ -karoten, vitamíny skupiny B, C, E i K a dále na vápník, fosfor nebo železo. Díky svým léčivým vlastnostem jsou listy vojtěšky používány po celém světě. Přípravky vytvořené z vojtěšky se využívají například jako profylaktikum při léčbě akutních a chronických střevních poruch, otoků břicha, gastritidy, žaludečních i duodenálních vředů. Zároveň je schopna tato rostlina zvyšovat resorpci živin, podporovat imunitní systém, zlepšovat fyzickou energii a zvyšovat sílu a celkovou vitalitu organismu (Djukic et al. 2008).

### 3.8 Kvalita píce jetelovin a její využití ve výživě prasat

Kvalitu sušiny jetelovin významně ovlivňují různé fáze růstu a vývoje, ale i jejich způsob řezání. Jako konkrétní příklad lze uvést vliv stárnutí pícniny, který na jedné straně vede ke snižování obsahu hrubého proteinu a na straně druhé má za následek zvyšování podílu hrubé vlákniny. Pokud jde o kvalitu sušiny a zejména o obsah esenciálních aminokyselin, tak obsah lysinu se zvyšuje, ale naopak obsah methioninu se snižuje od počáteční fáze až k úplnému rozkvětu (Djukic et al. 2008).

Blair (2007) uvádí, že zralost pícnin v době sklizně z velké části ovlivňuje kvalitu pozdější výživy, přičemž nejvyšší kvality je dosaženo, pokud došlo ke sklizni v období před kvetením. Snížení kvality a ztráty živin mohou nastat i v důsledku poškození pole slunečním zářením nebo naopak i silným deštěm. Naprostá většina jetelovin, která má následně sloužit pro krmení zvířat je po sklizni usušena a tedy zbavena vody. Djukic et al. (2008) se ve své publikaci také zabývali stravitelností vojtěšky seté a uvádějí, že stravitelnost organické hmoty vojtěšky závisí především na obsahu nestravitelného ligninu. Stravitelnost u mladé píce je od 77 – 73 %, ve fázi vývoje pupenů klesá na 75 – 68 % a na počátku kvetení se stravitelnost pohybuje okolo 60 – 58 % a dále klesá spolu se zvyšujícím se stárnutím rostliny.

Blair (2007) uvádí, že pícniny sušené pomocí slunce, které jsou následně předkládány jako krmivo pro zvířata, bývají jemně namleté s co možná minimálním přimícháním ostatních plevelů a bez výskytu plísní.

Digman et al. (2013) publikují, že využití bílkovin z jetelovin by mohlo být výrazně lepší, pokud by části bohaté na bílkoviny, kterými jsou listy, byly účinně odděleny a konzervovány bez lodyh, které obsahují velké množství vlákniny. Tomuto způsobu využití pícnin by měl předcházet nový způsob sklizně, který by měl zahrnovat tři důležité procesy. První z nich je nutnost mechanicky oddělit listy od stonků, následně je důležité získaný materiál důkladně vylisovat a další neméně důležitou složkou je skladování v anaerobním prostředí. Proces lisování je velmi důležitou součástí celého mechanismu, protože je nutné z listů odstranit co možná největší množství vody. Výsledné odvodněné listy byly poté úspěšně silážovány a bylo zjištěno, že z chemického pohledu vznikne siláž o velmi vysoké nutriční kvalitě. Následně bylo také prokázáno, že lisovaný materiál může být dále konzervován a dobře skladován v anaerobním prostředí.

Digman et al. (2013) se dále domnívají, že pokud by listy a stonky vojtěšky byly sklizeny a skladovány odděleně, tak by se mohlo využití proteinů opravdu velmi zlepšit. Listy se totiž co do kvality, spolu s rostoucím stářím rostliny, mění jen velmi málo, zatímco

hodnota lodyh oproti tomu rychle klesá. Tento postup s sebou přináší výhody i pro výrobce krmiv nebo zemědělce, kteří mají krmení zvířat na starost. Výhodou je, že výrobce může kombinovat obě frakce v různých poměrech, které odpovídají přesně požadavkům cílového zvířete. Jako příklad lze uvést krávy. Pokud by se jednalo o krávu, která produkuje mléko, tak by tato kráva dostávala poměrně vyšší úroveň výživnějších listů, oproti živinově chudším lodyhám. Naopak nelaktující jalovice by v krmivu dostávaly větší množství lodyh na úkor menšího množství listů. Tento systém by umožnil lepší využití proteinů i vlákniny z vojtěšky a bylo by to efektivnější i z hlediska nákladů na krmivo.

Shinners et al. (2007) se ve své studii zabývali stabilitou takto vzniklých siláží. Podle autorů je dlouhodobá stabilita skladované siláže závislá na převládající fermentaci bakteriemi mléčného kvašení. Pokud je vojtěška sklizena s dostatečně nízkým obsahem vlhkosti, tak žádoucí fermentace sacharidů pomocí bakterií mléčného kvašení je upřednostňována před nežádoucími klostridii. Přímou sklizené listy ale mají příliš vysoký obsah vlhkosti, a proto se v těchto případech využívá skutečnost, že bakterie mléčného kvašení jsou schopny lépe tolerovat nižší hodnoty pH, než nežádoucí klostridie. Listy vojtěšky s vysokým obsahem vody tak mohou být úspěšně uchovávány rychlým poklesem pH, kterého je dosaženo přidáním nejčastěji kyseliny mravenčí.

Blair (2007) se dále zabýval krmením vojtěšky během různých životních fází prasat. Uvedl například to, že vzhledem k vysokému obsahu obtížně stravitelné vlákniny a možným problémům s chutěmi a následným příjmem krmiva, by se mělo hlídat její množství v krmivu pro odstavená selata. Použití krmiva s příměsí vojtěšky u březích prasnic má již poměrně dlouhou historii a nebyly zatím prokázány žádné významné škodlivé účinky na reprodukci prasnic. Naopak bylo prokázáno, že začleněním vojtěšky do krmiva u prasnic se zvyšuje nejen míra ovulace, ale i velikost vrhu při porodu, míra přežití narozených selat, procento porodů i dlouhověkost. Zároveň lze vojtěšku zařadit do krmiva pro prasnice před porodem a ve fázi časně laktace jako prevence vzniku zácpy.

Lze tedy shrnout, že jeteloviny jsou dobrý zdroj proteinů, ale pro využití u prasat je problémem vysoká vláknina v lodyhách. Z těchto důvodů se v rámci projektu hledají cesty účinné separace listů jetelovin a porovnává se nutriční hodnota jednotlivých druhů.

## 4 Materiál a metody

### 4.1 Charakteristika stanoviště

Polní pokus byl uskutečněn v letech 2016 – 2018 na biofarmě pana Josefa Sklenáře v Sasově. Projekt byl spolufinancován Evropskou unií v rámci projektu Programu rozvoje venkova Ministerstva zemědělství. Tato biofarma se nachází v kraji Vysočina, v příměstské části města Jihlavy. Farma byla založena v roce 1991 a v roce 1999 byla celá farma i se všemi jejími produkty certifikována a uznána jako podnik v režimu ekologického zemědělství. Farma se nachází v bramborářské výrobní oblasti, kde jsou celkově méně příznivé podmínky. Nadmořská výška zde dosahuje 500 – 550 m nad mořem a průměrné roční srážky činí asi 700 – 800 mm. Hlavním půdním typem je kambizem se střední kyselostí, která je písčito hlinitá a mírně skeletovitá.

Farma se zabývá jak rostlinou, tak i živočišnou výrobou. Živočišnou produkci představuje především chov prasat plemene černostrakaté přeštické prase se základním stádem, které tvoří zhruba 70 prasnic. Všechna prasata mají dostatečný prostor k pohybu a jsou jim podávána taková krmiva, která odpovídají režimu ekologického zemědělství. Farma je unikátní v tom, že vlastní soukromou míchárnou krmných směsí pro tato prasata a také vlastní soukromá jatka, kde se provádí ekologické porážky prasat. V rámci projektu se farma snaží maximálně využít kvalitativní potenciál jetelovin, konkrétně směsky vojtěšky seté a jetele lučního, jako bílkovinného krmiva pro svá prasata.



Obr. 5: Směs vojtěšky seté a jetele lučního před sečí dne 27. června 2018.

(Lokalita Vysílač, foto autorka)



## 4.2 Charakteristika polního pokusu

Polní pokus začal na farmě probíhat v roce 2016, kdy byla na lokalitě s názvem Vysílač (nadmořská výška 532 m, výměra 11,9 ha) vyseta směs vojtěšky seté společně s jetelem lučním v poměru 50 : 50. Tato směs byla následně pěstována v ekologickém režimu, aby mohla být dále pro farmu využitelná.

Směs vojtěšky seté a jetele lučního byla v užitkových letech 2017 a 2018 využita ve třísečném režimu. Před každou sečí se uskutečnil odběr vzorků píce ve čtyřech opakováních. Termíny jednotlivých odběrů jsou uvedeny v tabulce 3.

**Tab. 3: Termíny odběrů vzorků píce.**

Rok	1. odběr vzorků	2. odběr vzorků	3. odběr vzorků
2017	26. května	14. července	8. září
2018	15. května	27. června	16. srpna

Všechny vzorky byly vždy odebrány ze dvou řádků o délce půl metru za pomoci skládacího metru a zahradních nůžek. Vždy bylo ponecháno pět centimetrů nad zemí, aby se zamezilo zvýšené kontaminaci odebraného materiálu půdou. Následně byly odebrané vzorky vloženy do nadepsaných papírových pytlů a převezeny do laboratoře, kde na nich probíhaly další práce.



Obr. 6: Odběrová plocha 25 x 50 cm po odebrání vzorku.  
(27. června 2018, foto autorka)

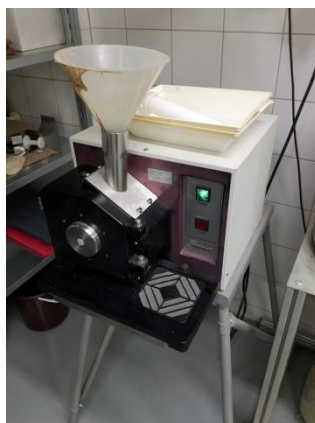
### 4.3 Charakteristika laboratorní práce

Získané směsné vzorky byly nejprve roztrženy na vojtěšku setou a jetel luční a následně byl u každého druhu stanoven počet lodyh a změřena maximální délka lodyh. Dále byl v čerstvé pící stanoven hmotnostní podíl jednotlivých druhů. U deseti vybraných nejdelších lodyh od každého druhu byla následně provedena manuální separace listů, kdy se odstraňovaly palisty, řapíky a listové čepele. Zbytek rostliny představovaly lodyhy, jejich větve a květenství. Získané vzorky byly odděleně zváženy na laboratorní váze v původním stavu. Všechny vzorky byly po zvážení umístěny do skříňové sušárny Venticell, kde se při teplotě 60 °C sušily do konstantní hmotnosti.



Obr. 7: Manuální separace listů v laboratoři ČZU.  
(27. června 2018, foto autorka)

Po usušení byla zjištěna hmotnost v sušině a vzorky byly následně šrotovány přes půl milimetrové síto a odeslány k analýze do Výzkumného ústavu živočišné výroby v Uhřetěvsi.



Obr. 8: Šrotovník.



Obr. 9: Síto šrotovníku 0,5 mm.

(2019, foto autorka)

### **4.3.1 Stanovení kvalitativních ukazatelů**

V rámci kvalitativních analýz byla u odebraných vzorků píce stanovena její nutriční hodnota (obsah hrubého proteinu a hrubé vlákniny) a aminokyselinové spektrum. Uvedené analýzy byly provedeny ve spolupráci s Výzkumným ústavem živočišné výroby v Uhřetěvsi.

Analýzy byly provedeny v souladu s metodikou AOAC International. Stanovení surového proteinu a surové vlákniny bylo provedeno na analyzátoru Kjeltec AUTO 1030 a Fibertec 2010 podle AOAC 954.61 a AOAC 978.10. Principem metody stanovení surového proteinu je převedení dusíku mineralizací na amoniak, který se následně stanoví po destilaci titračně. Obsah dusíkatých látek se vypočítá jako obsah N (v %) x 6,25. Obsah aminokyselin byl stanoven po předešlé hydrolýze pomocí kyseliny chlorovodíkové při teplotě 110 °C po dobu 23 hodin za použití analyzátoru aminokyselin AAA-400. Methionin byl analyzován po oxidaci kyselinou octovou při teplotě 0 °C po dobu 1 hodiny.

### **4.4 Statistické hodnocení**

Výsledky byly statisticky vyhodnoceny dvoufaktorovou analýzou rozptylu s interakcí v programu STATISTICA 12.0 na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ . V případě průkaznosti Ftestu byl proveden post-hoc Tukey HSD test, který probíhal také na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ .

## 5 Výsledky

### 5.1 Hodnocení produktivity a podílu listů u testovaných jetelovin

Statistické vyhodnocení vlivu sledovaných faktorů na parametry struktury porostu je uvedeno v Tab. 4.

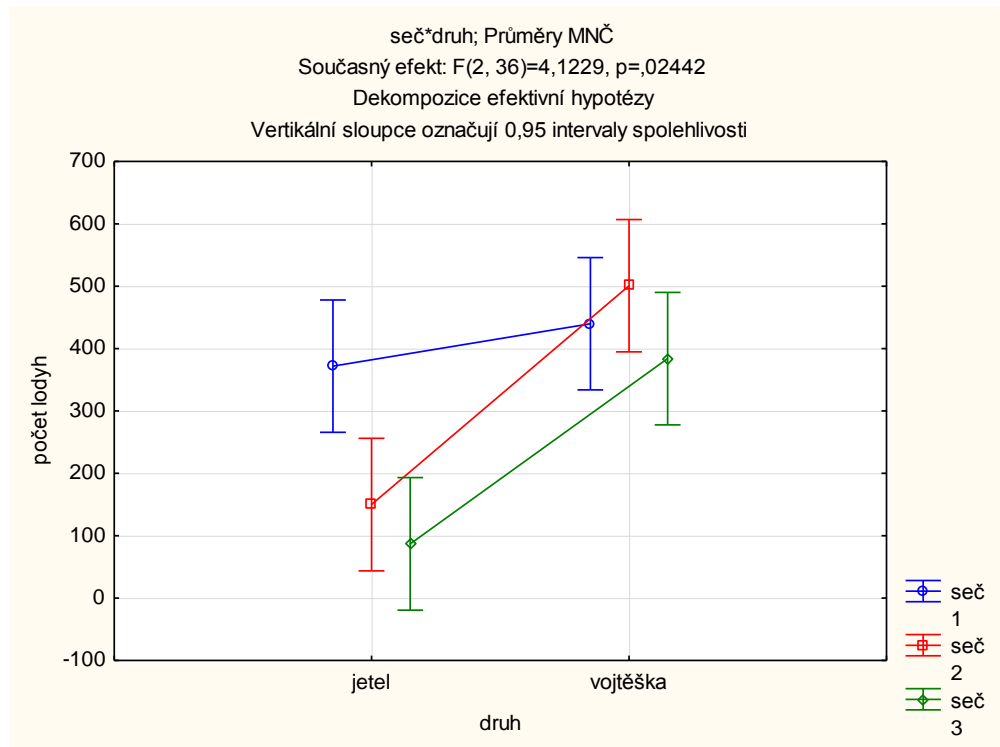
**Tab. 4: Vliv ročníku, pořadí seče a druhu jeteloviny na parametry struktury porostu.**

		podíl listů [%]	počet lodyh/m <sup>2</sup>	délka lodyh [cm]	zastoupení v píci [%]	výnos listů [g/m <sup>2</sup> ]
<b>Rok</b>	2017	48,6	348	49,5 <sup>a</sup>	49,8	135 <sup>b</sup>
	2018	48,8	297	59,4 <sup>b</sup>	48,4	102 <sup>a</sup>
	P	0,958	0,237	<b>0,001</b>	0,744	<b>0,03</b>
<b>Seč</b>	1	46,5	406 <sup>b</sup>	62,9 <sup>b</sup>	47,5	154 <sup>b</sup>
	2	48,2	326 <sup>ab</sup>	49,6 <sup>a</sup>	49,8	104 <sup>a</sup>
	3	51,4	236 <sup>a</sup>	50,9 <sup>a</sup>	50	98 <sup>a</sup>
	P	0,604	<b>0,009</b>	<b>&lt; 0,001</b>	0,873	<b>0,006</b>
<b>Druh</b>	jetel	58,9 <sup>a</sup>	203 <sup>a</sup>	40,6 <sup>a</sup>	31,6 <sup>a</sup>	95 <sup>a</sup>
	vojtěška	38,5 <sup>b</sup>	442 <sup>b</sup>	68,3 <sup>b</sup>	66,6 <sup>b</sup>	143 <sup>b</sup>
	P	<b>&lt; 0,001</b>	<b>&lt; 0,001</b>	<b>&lt; 0,001</b>	<b>&lt; 0,001</b>	<b>0,002</b>

Poznámka: Rozdílné písmenné indexy vyjadřují statisticky průkazné rozdíly (Tukey HSD test;  $\alpha = 0,05$ ).

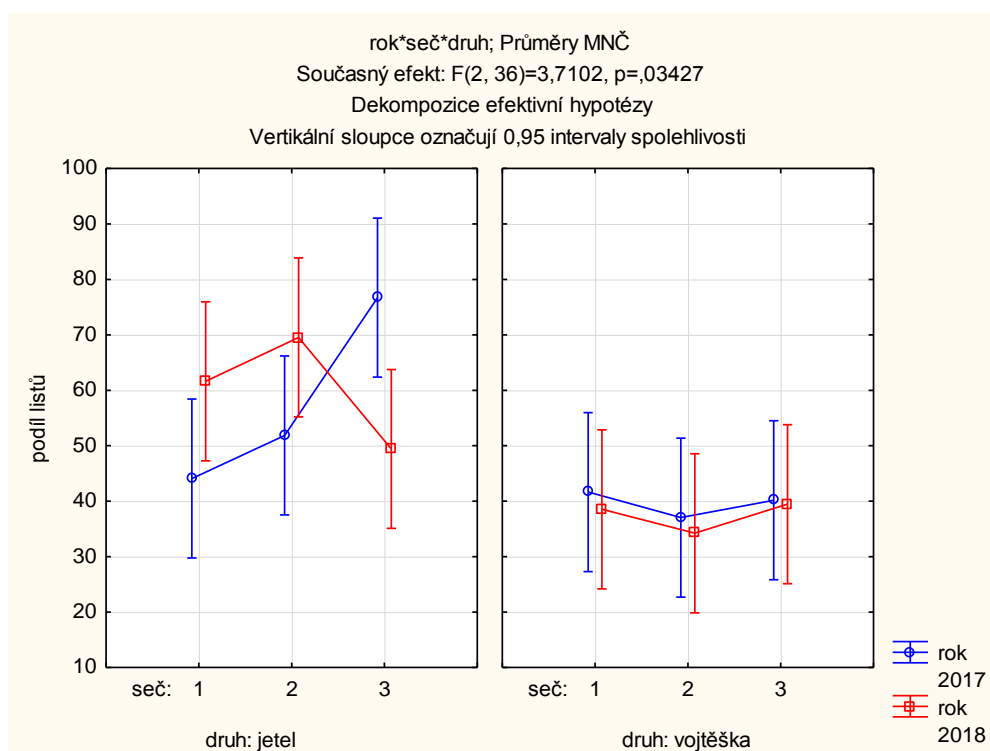
Ročník významně ovlivňoval délku lodyh a výnos, přičemž delší lodyhy se zároveň nižší produkcí listů byly zaznamenány v roce 2018. Seč měla významný vliv na počet lodyh, jejich délku a výnos listů, přičemž nejvyšší hodnoty u těchto parametrů byly vždy zaznamenány v první seči. Jetel se od vojtěšky významně odlišoval ve všech hodnocených parametrech. Jetel poskytoval řidší porost (203 vs. 442 lodyh/m<sup>2</sup>), kratších lodyh (41 vs. 68 cm), s nižším výnosem listů (95 vs. 143 g/m<sup>2</sup>) při zhruba 30 % zastoupení v porostu. Oproti vojtěšce však dosahoval významně vyššího podílu listů ve sklizené píci.

**Graf. 1: Interakce vlivu pořadí seče a druhu na počet lodyh.**



Z grafu vyplývá, že počet lodyh u jetele dosáhl svého maxima v první seči (372 lodyh/m<sup>2</sup>), přičemž v následujících sečích počet lodyh výrazně klesal až na hodnotu (87 lodyh/m<sup>2</sup>). Oproti tomu vojtěška dosahovala konstantně hustoty 400 – 500 lodyh ve všech provedených sečích. Z grafu vyplývá, že vojtěška je schopna produkovat delší dobu poměrně stabilně hustý porost.

**Graf. 2: Interakce vlivu ročníku, pořadí seče a druhu na podíl listů.**



Z grafu je zřejmé, že u jetele byly celkové hodnoty podílu listů vyšší, v porovnání s vojtěškou, kde u podílu listů vojtěšky byly zaznamenány poměrně stabilní hodnoty, které se v obou sledovaných letech příliš významně neměnily. Maximálního podílu listů vojtěška dosáhla v roce 2017 v první seči (41,6 %) a nejnižší hodnoty byly zaznamenány v roce 2018 v druhé seči (34,2 %). Oproti tomu u jetele bylo zaznamenáno značné kolísání hodnot v podílu listů. V roce 2017 podíl listů postupně narůstal od první do třetí seče s maximální hodnotou 77 %. V roce 2018 můžeme sledovat menší kolísání hodnot s minimem 49 % ve třetí seči.

Statistické vyhodnocení vlivu sledovaných faktorů na parametry přehledu vývoje porostu v průběhu dvouletého období je uvedeno v tabulce 5.

**Tab. 5: Vliv ročníku a pořadí seče na parametry hustoty lodyh, výnosu sušiny a výnosu listů.**

		suma počtu lodyh/m <sup>2</sup>	výnos sušiny [g/m <sup>2</sup> ]	výnos listů (J+V) [g/m <sup>2</sup> ]
<b>Rok</b>	2017	696 <sup>b</sup>	598	270 <sup>b</sup>
	2018	593 <sup>a</sup>	549	188 <sup>a</sup>
	<b>P</b>	<b>0,048</b>	<b>0,388</b>	<b>0,007</b>
<b>Seč</b>	1	812 <sup>c</sup>	766 <sup>b</sup>	284 <sup>b</sup>
	2	651 <sup>b</sup>	524 <sup>a</sup>	209 <sup>ab</sup>
	3	471 <sup>a</sup>	430 <sup>a</sup>	195 <sup>a</sup>
	<b>P</b>	<b>&lt; 0,001</b>	<b>&lt; 0,001</b>	<b>0,030</b>

Poznámka: Rozdílné písmenné indexy vyjadřují statisticky průkazné rozdíly (Tukey HSD test;  $\alpha = 0,05$ ).

Ročník významně ovlivňoval celkový počet lodyh i produkci listů, přičemž vyšší hodnoty byly zaznamenány v roce 2017. Seč měla významný vliv na všechny sledované parametry, přičemž nejvyšší hodnoty u všech parametrů byly zaznamenány v první seči. Nej hustší porost dosáhl hodnoty 812 lodyh/m<sup>2</sup> a celkový výnos listů z jetele i vojtěšky dosáhlo nejvyšší hodnoty 284 g/m<sup>2</sup> při celkové produkci sušiny 766 g/m<sup>2</sup>.

Statistické vyhodnocení vlivu ročníku na parametr celkové roční produkce porostu je uveden v tabulce 6.

**Tab. 6: Vliv ročníku na parametry produkce porostu.**

		výnos sušiny [g/m <sup>2</sup> ]	vojtěška [g/m <sup>2</sup> ]	jetele [g/m <sup>2</sup> ]	celkem [g/m <sup>2</sup> ]
<b>Rok</b>	2017	1794	361	450 <sup>b</sup>	811 <sup>b</sup>
	2018	1648	495	118 <sup>a</sup>	613 <sup>a</sup>
	<b>P</b>	<b>0,523</b>	<b>0,063</b>	<b>0,002</b>	<b>0,022</b>

Poznámka: Rozdílné písmenné indexy vyjadřují statisticky průkazné rozdíly (Tukey HSD test;  $\alpha = 0,05$ ).

V průběhu sledovaného dvouletého období byl zaznamenán významný vliv ročníku na výnos listů jetele a na celkový výnos listů, přičemž vyšší hodnoty byly zaznamenány v roce 2017. U výnosu listů jetele bylo zaznamenáno meziroční snížení 74 %.

## 5.2 Srovnání kvality testovaných jetelovin

V tabulce 7 je uvedeno statistické zhodnocení vlivu sledovaných parametrů na kvalitativní parametry v hodnocení listů.

**Tab. 7: Vliv ročníku, pořadí seče a druhu jeteloviny na kvalitativní parametry listů.**

		NL (g/kg)	hrubá vláknina (g/kg)	Thr (g/100g)	Lys (g/100g)	Cys (g/100g)	Met (g/100g)
<b>Rok</b>	2017	248	163	0,921	1,127	0,247	0,363
	2018	260	180	0,971	1,239	0,265	0,379
	P	0,397	0,486	0,265	0,091	0,2	0,355
<b>Seč</b>	1	257	209	0,885 <sup>a</sup>	1,081	0,244	0,377
	2	254	152	1,035 <sup>b</sup>	1,291	0,268	0,388
	3	250	154	0,918 <sup>ab</sup>	1,177	0,255	0,347
	P	0,900	0,129	<b>0,048</b>	0,055	0,376	0,185
<b>Druh</b>	jetel	227 <sup>a</sup>	203 <sup>b</sup>	0,841 <sup>a</sup>	1,018 <sup>a</sup>	0,194 <sup>a</sup>	0,311 <sup>a</sup>
	vojtěška	281 <sup>b</sup>	141 <sup>a</sup>	1,051 <sup>b</sup>	1,347 <sup>b</sup>	0,317 <sup>b</sup>	0,430 <sup>b</sup>
	P	<b>0,004</b>	<b>0,027</b>	<b>0,002</b>	<b>0,001</b>	<b>&lt; 0,001</b>	<b>&lt; 0,001</b>

Poznámka: NL (hrubý protein v absolutní sušině), Thr (threonin), Lys (lysin), Cys (cystein), Met (methionin). Rozdílné písmenné indexy vyjadřují statisticky průkazné rozdíly (Tukey HSD test;  $\alpha = 0,05$ ).

Ročník výrazně neovlivnil žádný ze sledovaných parametrů. Pořadí seče významně ovlivňovalo obsah threoninu, přičemž nejvyšší hodnota tohoto parametru byla zaznamenána v druhé seči (1,035 g). Jetel se od vojtěšky významně odlišoval ve všech hodnocených parametrech, přičemž poskytoval celkově nižší koncentraci dusíkatých látek (227 vs. 281 g/kg) s nižším zastoupením threoninu (0,841 vs. 1,051 g/100g), lysinu (1,018 vs. 1,347 g/100g), cystinu (0,194 vs. 0,317 g/100g) i methioninu (0,311 vs. 0,430 g/100g). V porovnání s vojtěškou jetel v listech dosahoval významně vyššího množství vlákniny.



V tabulce 8 je uvedeno statistické zhodnocení sledovaných parametrů na kvalitativní parametry v hodnocení lodyh.

**Tab. 8: Vliv ročníku, pořadí seče a druhu jeteloviny na kvalitativní parametry lodyh.**

		NL (g/kg)	hrubá vláknina (g/kg)	Thr (g/100g)	Lys (g/100g)	Cys (g/100g)	Met (g/100g)
<b>Rok</b>	2017	132	342 <sup>a</sup>	0,41	0,514	0,115	0,141
	2018	122	382 <sup>b</sup>	0,393	0,496	0,112	0,137
	P	0,108	<b>0,009</b>	0,529	0,709	0,616	0,708
<b>Seč</b>	1	128	359	0,350 <sup>a</sup>	0,417	0,105	0,124
	2	130	371	0,458 <sup>b</sup>	0,565	0,12	0,154
	3	122	356	0,397 <sup>ab</sup>	0,533	0,116	0,139
	P	0,485	0,513	<b>0,031</b>	0,07	0,107	0,084
<b>Druh</b>	jetel	132	297 <sup>a</sup>	0,414	0,45	0,108	0,143
	vojtěška	121	427 <sup>b</sup>	0,389	0,51	0,119	0,135
	P	0,069	<b>&lt; 0,001</b>	0,373	0,825	0,073	0,451

Poznámka: NL (hrubý protein v absolutní sušině), Thr (threonin), Lys (lysin), Cys (cystein), Met (methionin). Rozdílné písmenné indexy vyjadřují statisticky průkazné rozdíly (Tukey HSD test;  $\alpha = 0,05$ ).

Ročník významně ovlivňoval obsah vlákniny, přičemž nižší hodnoty byly zaznamenány v roce 2017 (342 vs. 382 g/kg). Seč měla významný vliv na množství threoninu, přičemž nejvyšší hodnota tohoto parametru byla zaznamenána v druhé seči (0,458 g/100g). Druh jeteloviny významně ovlivňoval množství vlákniny, přičemž vojtěška dosahovala významně vyšší hodnoty oproti jeteli (427 vs. 297 g/kg). U lodyh nebyl u obsahu aminokyselin zaznamenán mezi druhy významný rozdíl.

## 6 Diskuze

### 6.1 Srovnání produktivity druhů jetelovin

Prezentované výsledky ukázaly, že vojtěška dosahovala vyššího výnosu než jetel, a to jak v celkovém výnosu, tak i ve výnosu listů. Vojtěška je po celém světě oceňována především za svojí vysokou výnosnost (Mueller et al., 2008) a v určitých podmínkách dokáže výnosově překonat jetel luční (Marley et al., 2003). V celkovém podílu listů avšak dosahovala nižších hodnot oproti jeteli, což by mohlo být ovlivněno dosaženou vyšší délkou lodyh u vojtěšky, v souladu s negativní korelací mezi těmito parametry, kterou uvádějí Hakl et al. (2016). Jetel v experimentu dosáhl nejvyšších výnosů v prvním roce, a poté jeho výnos velmi výrazně klesl, pravděpodobně díky nižší vytrvalosti jetele v porovnání s vojtěškou. Toto se shoduje s tvrzením Marshalla et al. (2017), kteří uvádějí, že značnou nevýhodou jetele je, že v současné době dostupným odrůdám chybí potřebná vytrvalost. Blair (2007) rovněž uvádí, že vojtěška má zhruba tří až pětiletou životnost, oproti krátkodobé životnosti jetele, a je tedy pro dlouhodobější pěstování mnohem vhodnější v porovnání s jetelem. Propad výnosů jetele v druhém užitkovém roce dokládá i Marley et al. (2003).

Na produkci listů se dále projevil vliv vytrvalosti obou sledovaných píceň, kdy v roce 2017 nebyly rozdíly tak vysoké, jako v roce následujícím. U jetele se produkce listů i jeho zastoupení v porostu v druhém užitkovém roce výrazně snížily, a to hlavně díky vysokým teplotám a dlouhodobě přetrvávajícímu suchu, které se na porostu projevilo velmi negativně, díky nižší odolnosti jetele. To se shoduje s tvrzením Hejduka (2006), který uvádí, že jeden z nejzávažnějších problémů jetele lučního v porostech je právě jeho příliš nízká perzistence. Vzhledem k tomu, že úbytek orné půdy a plochy trvalých travních porostů stále roste, stává se odolnost pěstovaných píceň neustále významnějším faktorem. Teoreticky lze předpokládat, že pokud by byly více humidní podmínky během růstu porostu, tak by se jeteli dařilo více, než za těchto horkých a suchých podmínek. Carter et Sheaffer (1982) k tomuto tématu uvádějí, že mnoho studií zaznamenalo zvýšení výnosu vojtěšky v důsledku zavlažování. Autoři se dále zabývali vlivem deficitu vody na růst vojtěšky, kvalitu píče i výnos píče. Při mírném vodním stresu bylo zaznamenáno snížení průměrného tempa růstu porostu. Snížená dostupnost vody v půdě vedla ke zvýšení poměru hmotnosti listů ke stonkům.

Výsledky dále prokázaly vyšší hustotu porostu u vojtěšky oproti jeteli, což mohlo být, kromě vyšší vytrvalosti, způsobeno morfologií hlubokého kořenového systému vojtěšky. Díky těmto výhodám pak vojtěška lépe reagovala na letní suché a teplé období a tvořila snáže i rychleji nové lodyhy v porovnání s jetelem. Shodně s předešlým tvrzením uvádí Doležal

a Skládanka (2008), že vojtěška má hluboký kořenový systém, díky kterému se tato pícnina stává více odolnou a je schopna vynášet důležité živiny i z hlubších vrstev půdy a ukládat je do svých kořenů. Hakl et al. (2012) také potvrzují, že kořenový systém pícnin je obecně považován za velmi důležitý faktor a dále uvádějí, že vojtěška má unikátní systém hlubokého kořene, který může dosahovat i několika metrové hloubky. Díky této morfologii kořenů je vytrvalost i produktivita vojtěšky mnohem vyšší oproti jeteli, který nemá tak hluboké kořeny.

Lze tedy shrnout, že pro účely Biofarmy v Sasově by se poměr pěstovaných druhů pícnin ve směsi měl změnit z původního poměru 50:50 na vyšší podíl vojtěšky. Žádoucí je získat porost, který bude produkovat kvalitní krmnou směs alespoň po dobu tří let a bude odolný vůči horkým a suchým létům, se kterými je potřeba počítat i do budoucna.

Vojtěška se jeví jako lepší volba ve většině sledovaných produktivních parametrů. Má vyšší odolnost, lépe zvládá letní extrémní podmínky a z hlediska vytrvalosti má mnohem lepší předpoklady oproti jeteli, u kterého byl po prvním roce pěstování zaznamenán rychlý a významný propad. Jetel překonal vojtěšku pouze ve vyšším podílu listů, ale zároveň měl kratší lodyhy. Z těchto produkčních důvodů by měla být vojtěška ve směsi upřednostněna před jetelem a to přibližně v poměru 75:25, který se rovněž osvědčil ve studii, kterou uvádějí Marley et al. (2003).

## 6.2 Porovnání kvality jetelovin

Prezentované výsledky ukázaly, že listy vojtěšky ve všech žádoucích parametrech překonaly kvalitu listů jetele a to v některých případech i o 30%. To je v souladu s výsledky Xionga et al. (2017), kteří uvádí, že obsah hrubého proteinu u vojtěšky může dosáhnout přibližně 16 – 22 %, zatímco u jetele lučního Marshall et al. (2017) uvádí hodnoty pouze 18 – 19 % obsahu hrubého proteinu. Listy jetele obsahovaly více nežádoucí vlákniny. Blair (2007) obecně uvádí, že kvalitativní nevýhodou vojtěšky je fakt, že obsahuje více vlákniny, což však platí pouze u lodyh, kde vojtěška v tomto experimentu dosahovala významně vyššího obsahu hrubé vlákniny oproti jeteli. U listů ale takové hodnoty zjištěny nebyly a výsledky naopak ukázaly významně vyšší hodnoty hrubého proteinu se zároveň nižšími hodnotami hrubé vlákniny v porovnání s jetelem.

Výsledky týkající se kvality vojtěškových lodyh ukázaly překvapivě výrazně horší kvalitu v porovnání s jetelem. Blair (2007) ve své studii uvádí, že obsah hrubého proteinu v celé píce vojtěšky se pohybuje kolem 120 – 220 g/kg a obsah hrubé vlákniny kolísá od 250 – 300 g/kg. Samac et al. (2006) uvádějí, že usušené listy vojtěšky obsahují průměrně 260 g/kg surového proteinu, zatímco méně kvalitní stonky obsahují pouze 100 - 120 g/kg. Toto tvrzení je ve

shodě s našimi výsledky, kde množství hrubého proteinu v listech vojtěšky bylo ve zjištěných výsledcích ještě o 21 g/kg vyšší. Podobně výrazné rozdíly mezi listy a lodyhami vojtěšky v obsahu hrubého proteinu uvádějí i Hakl et al. (2016).

U vojtěšky byly zjištěny velmi významné rozdíly mezi kvalitou listů a stonků ve srovnání s jetelem, u kterého nebyly zjištěné rozdíly tak výrazné. Z tohoto důvodu je při práci s vojtěškou nutné mít dobře zvládnutou technologii separace listů, protože při kontaminaci listů lodyhami může rychle dojít k výraznému zhoršení kvality separovaného materiálu. Také Digman et al. (2013) zdůrazňují, že využití bílkovin by mohlo být výrazně lepší, pokud by části bohaté na bílkoviny, kterými jsou listy, byly účinně separovány a konzervovány bez lodyh, které obsahují příliš vysoké množství vlákniny, a při smíchání těchto dvou částí může rychle dojít ke kvalitativnímu znehodnocení materiálu.

Carter a Sheaffer (1982) se zabývali vlivem rostlinné vody na koncentraci surového proteinu ve vojtěšce a bylo zjištěno, že množství vody nemělo vliv na koncentraci proteinu. Djukic et al. (2008) uvádí, že vojtěška je charakterizována kvalitním složením esenciálních i neesenciálních aminokyselin v sušině, s výjimkou poněkud nižšího obsahu methioninu. V naší studii byla u cysteinu zjištěna hodnota nižší, než tomu bylo u methioninu a to v listech i lodyhách.

U listů i lodyh bylo obecně v pozdějších sečích větší množství threoninu i lysinu, přičemž nejvyšší hodnoty byly zaznamenány vždy ve druhé seči. Blair (2007) uvádí, že vojtěška obsahuje poměrně vysoké množství esenciální aminokyseliny lysinu, což se shoduje i s prezentovanými výsledky. Ve vojtěškových listech i lodyhách bylo z vybraných aminokyselin největší množství právě lysinu a hned poté threoninu. Stejně tomu tak bylo i u jetele, kdy množství threoninu v lodyhách bylo dokonce ještě vyšší, než u vojtěšky. Girousse et al. (1996) tvrdí, že nejvyšší koncentrace ze všech aminokyselin připadá na asparagovou kyselinu, což se shoduje se získanými výsledky, kdy tato aminokyselina tvořila přibližně 12 % z celkového množství aminokyselin.

Ročník neovlivňoval kvalitu listů ani lodyh, kromě obsahu vlákniny u lodyh, kdy v roce 2018 bylo zaznamenáno větší množství vlákniny. Bylo to způsobeno délkou lodyh, kdy v roce 2018 bylo průměrná délka lodyh téměř o 10 cm delší v porovnání s předchozím rokem.

Také Xie et al (2008) se ve své studii zabývali sledováním množství aminokyselin v listech vojtěšky. Získané výsledky z jejich studie jsou porovnány s výsledky této práce v tabulce 9, kdy zastoupení jednotlivých aminokyselin je vyjádřeno procentuálním podílem z jejich celkového množství.

**Tab. 9: Porovnání zastoupení aminokyselin (%).**

	naše studie	Xie et al. (2008)		naše studie	Xie et al. (2008)
<b>Thr</b>	5,12	4,40	<b>Val</b>	6,40	6,50
<b>Lys</b>	6,56	6,75	<b>Phe</b>	5,89	6,08
<b>Cys</b>	1,54	1,73	<b>Leu</b>	8,97	8,96
<b>Met</b>	2,09	1,84	<b>Pro</b>	5,78	4,31
<b>Asp</b>	11,92	10,13	<b>Glu</b>	11,33	13,31
<b>Ser</b>	4,38	4,14	<b>His</b>	2,70	2,94
<b>Gly</b>	5,44	5,42	<b>Ala</b>	7,16	6,21
<b>Arg</b>	5,77	7,05	<b>Ile</b>	5,25	5,56
<b>Tyr</b>	3,70	4,67			

Poznámka: Thr (threonin), Lys (lysin), Cys (cystein), Met (methionin), Asp (asparagová kyselina), Ser (serin), Gly (glycin), Arg (arginin), Tyr (tyrosin), Val (valin), Phe (fenylalanin), Leu (leucin), Pro (prolin), Glu (glutamová kyselina), His (histidin), Ala (alanin), Ile (izoleucin).

Vyhodnoceno bylo celkově 17 aminokyselin, ale statistickému šetření byly podrobeny pouze 4 nejvíce významné aminokyseliny s ohledem na chov prasat (Thr, Lys, Cys, Met). Xie et al (2008) uvádí, že z celkového množství aminokyselin se v listech vojtěšky nejvíce vyskytovala glutamová kyselina, což není ve shodě s prezentovanými výsledky, ze kterých vyplývá, že nejvyšší množství bylo asparagové kyseliny. Naopak nejnižší množství bylo zjištěno u cysteinu a ze 4 vybraných aminokyselin bylo největší množství lysinu a threoninu, což potvrzuje i Xie et al (2008). Také Chen et Qiu (2003) shodně uvádí, že listy z vojtěšky byly vyhodnoceny jako potenciální zdroj vysoce kvalitních proteinů, které jsou nejen poměrně snadno dostupné, ale také mají vysokou nutriční hodnotu.

Lze tedy shrnout, že pro výrobu proteinových krmiv se z celkového hlediska daleko více hodí listy vojtěšky, která dosahuje nejen vyšších výnosů píče i listů, ale také je z nutričního hlediska kvalitnější, oproti jeteli. Zároveň je ale potřeba upozornit, že vojtěška nutričně vyniká pouze v listech a možná kontaminace méně kvalitními lodyhami může její kvalitu rychle snížit.

## 7 Závěr

Na základě získaných výsledků z této práce lze konstatovat, že testované píce druhy pěstované ve směsi se významně lišily nejen v produktivitě, ale také v kvalitě sklizené píce.

Vojtěška dosáhla v porovnání s jetelem vyšších výnosů píce i konkrétně listů, pravděpodobně z důvodu vyšší vytrvalosti a suchovzdornosti. Vojtěška byla vyhodnocena jako nutričně kvalitnější, ale pouze v listech. U lodyh vojtěšky naopak bylo zjištěno ještě horší kvalitativní složení, než tomu bylo u lodyh jetele. U listů vojtěšky bylo významně vyšší zastoupení hrubého proteinu a cílových aminokyselin se zároveň nižším množstvím hrubé vlákniny.

Výzkum ukazuje, že listy jetelovin mohou sloužit jako kvalitní alternativní zdroj proteinů v ekologickém chovu prasat. Pro farmáře bude výhodné v nově vysévaných porostech více upřednostnit produktivnější vojtěšku, v poměru cca 75:25. Při vývoji technologie pro separaci listů však bude třeba klást důraz na precizní oddělení listů, neboť u vojtěšky představuje kontaminace lodyhami výrazně vyšší riziko snížení kvality než u jetele.

## 8 Seznam literatury

Adeola O, Xue PC, Cowieson AJ, Ajuwon KM. 2016. Basal endogenous losses of amino acids in protein nutrition research for swine and poultry. *Animal Feed Science and Technology* **221**:274-283.

Blair R. 2007. *Nutrition and Feeding of Organic Pigs*. CABI Publishing. Wallingford.

Blair R. 2017. *Nutrition and Feeding of Organic Pigs* (2. vydání). CABI Publishing. Canada.

Carter PR, Sheaffer CC. 1982. Alfalfa response to soil water deficits. I. Growth, forage quality, yield, water use, and water-use efficiency. *Crop Science* **23**:669-675.

Dhamala NR, Eriksen J, Carlsson G, Søgaard K, Rasmussen J. 2017. Highly productive forage legume stands show no positive biodiversity effect on yield and N<sub>2</sub>-fixation. *Plant and Soil* **417**:169-182.

Digman MF, Runge TM, Shinnors KJ, Hatfield RD. 2013. Wet Fractionation for Improved Utilization of Alfalfa Leaves. *Biological Engineering Transactions* **6**:29-42.

Djukic D, Stevovic V, Djurovic D, Ilic O, Jerkov M. 2008. Yield, nutritional and medicinal properties of alfalfa. *Acta Agriculturae Serbica (Serbia)* **13**:85-95.

Doležal P, Skládanka J. 2008. The effect of the stage of maturity of alfalfa (*Medicago sativa* L.) on the chemical composition and in sacco digestibility. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* **56**:55-64.

Girousse C, Bournoville R, Bonnemain JL. 1996. Water Deficit-Induced Changes in Concentrations in Proline and Some Other Amino Acids in the Phloem Sap of Alfalfa. *Plant Physiology* **111**:109-113.

Hakl J, Mášková K, Šantrůček J, Hrevušová Z. 2012. Development of root morphology traits of the Czech lucerne varieties in chernozem over a three year period. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* **3**:25–34.

Hakl J, Fuksa P, Konečná J, Šantrůček J. 2016. Differences in the crude protein fractions of lucerne leaves and stems under different stand structures. *Grass* **71**:413-423.

Hejduk S. 2006. The persistency evaluation of Czech varieties of Red (*Trifolium pratense* L.) and Alsike Clover (*Trifolium hybridum* L.). *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* **54**:133– 138.

Houseman RA, Connel J. 1976. Utilization of products of green-crop fractionation by pigs and ruminants. *The Proceedings of the Nutrition Society* **35**:213-220.

Chen W, Qiu Y. 2003. Leaf protein's utilization status and its prospect. *Food Science* **24**:158-161.

Jørgensen U, Lærke PE. 2016. Perennial grasses for sustainable European protein production. In: Barth S, Murphy-Bokern D, Kalinina O, Taylor G, Jones M. (eds.). *Perennial biomass crops for a resource – constrained World*. Springer International Publishing.

Kaewtapee C, Mosenthin R, Nenning S, Eklund M, Rosenfelder-Kuon P, Wiltafsky M, Schäffler M. 2017. Standardized ileal digestibility of amino acids in European soya bean and rapeseed products fed to growing pigs. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* **102**:695-705.

Kammes KL, Bals BD, Dale BE, Allen MS. 2011. Grass Lea protein a coproduct of cellulosic ethanol production, as a source of protein for livestock. *Animal Feed Science and Technology* **164**:79-88.

Kornegay ET, Harper AF. 1997. Environmental nutrition: nutrient management strategies to reduce nutrient excretion of swine. *The Professional animal scientists (USA)* **13**:99-111.

Krön M, Bittner U. 2015. Danube Soya – Improving European GM-free soya supply for food and feed. *Oilseeds and fats, crops and lipid* **22**:10-10.

Lewis AJ, Lee Southern L. 2000. *Swine Nutrition: Edition 2*. CRC Press. Boca Raton.



- Liao SF, Wang T, Regmi N. (2015). Lysine nutrition in swine and the related monogastric animals: Muscle protein biosynthesis and beyond. *SpringerPlus* **4**:1-12.
- Mahaffey H, Taheripour F, Tyner WE. 2016. Evaluating the Economic and Environmental Impacts of a Global GMO Ban. *Annual Meeting* **7**:1522-1546.
- Mailman D. 2015. Digestive tract (comparative anatomy). *Salem Press Encyclopedia of Science* **13**:87-88.
- 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.
- Marshall AH, Collins RP, Vale J, Lowe M. 2017. Improved persistence of red clover (*Trifolium pratense* L.) increases the protein supplied by red clover/grass swards grown over four harvest years. *European Journal of Agronomy* **89**:38-45.
- McKenna P, Cannon N, Conway J, Dooley J. 2018. Review: The use of red clover (*Trifolium pratense*) in soil fertility-building. *Field Crops Research* **221**:38-49.
- Mueller SC, Undersander DJ, Putnam DH. 2008. Alfalfa for Industrial and Other Uses. In: Summers GCh, Putnam HD (ed.). *Irrigated alfalfa management in Mediterranean and Desert zones*. ANR Publication. California.
- Nykänen A, Granstedt A, Laine A, Kunttu S. 2000. Yields and Clover Contents of Leys of Different Ages in Organic Farming in Finland. *Biological Agriculture and Horticulture* **18**:55-66.
- Parajuli R, Dalgaard T, Jorgensen U, Adamsen AP, Knudsen MT, Birkved M, Gylling M, Schjorring JK. 2015. Biorefining in the prevailing energy and materials crisis: a review of sustainable pathways for biorefinery value chaos and sustainability assessment methodologies. *Renew Sustain Energy* **43**:244- 263.
- Qaim M, Klümper W. 2014. A Meta-Analysis of the Impacts of Genetically Modified Crops. *PLOS one* **9**:1-7.

Ravindran V, Hew LI, Ravindran G, Bryden WL. 1999. A comparison of ileal digesta and excreta analysis for the determination of amino acid digestibility in food ingredients for poultry. *British Poultry Science* **40**:266-274.

Reece WO. 2010. *Fyziologie a funkční anatomie domácích zvířat*. Grada Publishing. Praha.

Regmi N, Wang T, Crenshaw MA, Rude BJ, Liao SF. 2017. Effects of dietary lysine levels on the concentrations of selected nutrient metabolites in blood plasma of late-stage finishing pigs. *Journal of Animal Physiology* **102**:403-409.

Samac DA, Jung HJG, Lamb JFS. 2006. *Development of Alfalfa (Medicago sativa L.) as a Feedstock for Production of Ethanol and Other Bioproducts*. CRC Press 79-97.

Shinners KJ, Herzmann ME, Binversie BN, Digman MF. 2007. Harvest fractionation of alfalfa. *Transactions of the ASABE* **50**:713-718.

Stein HH, Sève B, Fuller MF, Moughan PJ, de Lange CFM. 2007. Invited review: Amino acid bioavailability and digestibility in pig feed ingredients. *Journal of animal science* **85**:172-180.

Stonebrook S. 2013. GMOs: The Controversy Builds. *Mother Earth News* **260**:16-16.

Swinton SM, Lupi F, Robertson GP, Hamilton SK. 2007. Ecosystem services and agriculture: Cultivating agricultural ecosystems for diverse benefits. *Ecological Economics* **64**:245-252.

Taylor NL. 2008. A Century of Clover Breeding Developments in the United States. *Crop Science* **48**:1-13.

Wang T, Crenshaw MA, Regmi N, Armstrong T, Blanton JR, Liao SF. 2015. Effect of dietary lysine fed to pigs at late finishing stage on market-value associated carcass characteristics. *Journal of Animal and Veterinary Advances* **14**:232–236.

Wlcek S, Zollitsch W. 2004. Sustainable pig nutrition in organic farming: By-products from food processing as a feed resource. *Renewable Agriculture and Food Systems* **19**:159-167.

Xie Z, Huang J, Xu X, Jin Z. 2008. Antioxidant activity of peptides isolated from alfalfa leaf protein hydrolysate. *Food chemistry* **111**:370-376.

Xiong J, Sun Y, Yang Q, Tian H, Zhang H, Liu Y, Chen M. 2017. Proteomic analysis of early salt stress responsive proteins in alfalfa roots and shoots. *Proteome Science* **15**:1-19.

Zilberman D, Holland TG, Trilnick I. 2018. Agricultural GMOs—What We Know and Where Scientists Disagree. *Sustainability* **10**:1514-1514.

Zollitsch W. 2007. Challenges in the nutrition of organic pigs. *Journal of the science of food and agriculture* **87**:2747-2750.