

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky



Posouzení nutriční hodnoty píce lupiny a hrachu

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Kateřina Bůžková

Obor studia: Výživa zvířat a dietetika

Vedoucí práce: doc. Ing. Petr Homolka, CSc., Ph.D.

Konzultant: Ing. Filip Jančík, Ph.D.

© 2020 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Posouzení nutriční hodnoty píce lupiny a hrachu" 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:

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat svému vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Petrovi Homolkovi, CSc., Ph.D. za odborné vedení diplomové práce.

Dále bych chtěla poděkovat konzultantovi Ing. Filipu Jančíkovi, Ph.D., Ing. Petře Kubelkové, Ph.D. a paní Vlastě Hladké z Výzkumného ústavu živočišné výroby v Praze Uhřetěvsi za odborné rady, věcné připomínky, pomoc při chemických analýzách vzorků a jejich celkově vstřícný přístup.

Velké díky patří mé rodině, přátelům a spolužákům, kteří mě po dobu studia podporovali, pomáhali mi a zažívali se mnou více i méně radostné okamžiky vysokoškolského dění. Největší díky však patří mému příteli Lubošovi, který mě vždy podržel a byl mi oporou i v těch nejstrastiplnějších chvílích magisterského studia.

Posouzení nutriční hodnoty píce lupiny a hrachu

Souhrn

Teoretická část práce se věnuje charakteristice základních živin obsažených v krmivech (sacharidů, bílkoviny a lipidů) využívaných pro výživu hospodářských zvířat. Zaměřuje se na chemickou stavbu jednotlivých živin, jejich funkci v organismu a také způsoby stanovení jejich obsahu v krmivu. Dále se práce podrobněji věnuje bílkovinným krmivům rostlinného původu, které jsou nepostradatelnou součástí výživy hospodářských zvířat, zejména vysokoužitkových dojnic. Zvláštní pozornost je věnována kvalitě bílkovin v semenech i celé nadzemní biomase luskovin. Vyzdvíženy jsou zejména přednosti zkrmování zelené píce potažmo jednodruhových siláží vyrobených z hrachu a lupiny.

Praktická část se věnuje vzájemnému porovnání nejvýznamnějších nutričních parametrů píce hrachu setého (odrůda Salamanka) a lupiny bílé (odrůda Zulika) vypěstovaných na pozemcích Výzkumného ústavu živočišné výroby, v. v. i. v Praze Uhřetěvesi.

Polní pěstební pokus byl realizován v sezóně 2019. Jednotlivé odběry plodin byly prováděny v červnu a červenci ve čtyřech různých růstových fázích. Při sklizni byla sledována výška porostu a výnos zelené hmoty. Vzorky sklizené píce byly analyzovány na obsah sušiny, popelovin, celkové hrubé vlákniny, neutrálně-detergentní vlákniny (NDF), acido-detergentní vlákniny (ADF), acido-detergentního ligninu (ADL) a obsah dusíkatých látek.

Na obsah hrubé vlákniny byla dle rozborů nejbohatší píce hrachu ve fázi plné zralosti (30,0 %). Pro srovnání, píce lupiny sklizená v téže fázi vegetace vykazovala obsah hrubé vlákniny 23,1 %. V průběhu pokusu (se stupněm zralosti) byl u obou plodin pozorován postupný mírný nárůst podílu NDF z celkového obsahu sušiny, který v konečné fázi dosáhl 41,2 % u hrachu a 38,6 % u lupiny. Při stanovení obsahu ADF nebyly mezi hrachem a lupinou, zvláště v závěrečných fázích vegetace, zjištěny významnější rozdíly (28,8 vs. 29,1 %).

U hrachové píce byl obsah ligninu celkově téměř o polovinu vyšší (5,86 %) oproti lupině (4,09 %), přičemž tyto rozdíly byly zvláště patrné v I. a IV. fázi sklizně (6,61 vs. 3,68 % a 5,89 vs. 3,28 %).

Z hlediska zastoupení dusíkatých látek byly v píci lupiny naměřeny o téměř 9 % vyšší průměrný obsah těchto látek v porovnání s hrachem (25,5 vs. 16,7 % průměrně za celou sledovanou dobu vegetace). Lupina je tedy dle našich výsledků, ve srovnání s hrachem, podstatně bohatší na dusíkaté látky a má celkově nižší obsah hrubé vlákniny. Lze konstatovat, že objemná krmiva na bázi lupiny lze doporučit jako dieteticky vhodnou složku krmných směsí pro výživu mono- i polygastrických hospodářských zvířat.

Klíčová slova: chemické složení, hrách, lupina, píce

Evaluation of lupine and pea forage nutrition value

Summary

The theoretical part deals with the characteristics of basic nutrients contained in feeds (carbohydrates, proteins and lipids) used for livestock nutrition. It focuses on the chemical structure of individual nutrients their function in the organism and also methods of determining their content in feed. Furthermore the work deals in more detail with protein feeds of plant origin which are an indispensable part of livestock nutrition especially high-yielding dairy cows. Special attention is paid to the quality of proteins in seeds and the whole above-ground biomass of legumes. The advantages of feeding green fodder and/or single-species silages made from peas and lupines are highlighted.

The practical part is dedicated to a mutual comparison of the most important nutritional parameters of forage pea (Salamanka variety) and white lupine (Zulika variety) grown on the grounds of the Research Institute of Animal Production in Prague Uhřetěves.

The field cultivation experiment was carried out in the season 2019. Individual crop samples were taken in June and July in four different growth phases. The height of the stand and the yield of green matter were monitored at harvest. Harvested forage samples were analysed for dry matter, ash, total crude fiber, neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), acid detergent lignin (ADL) and crude protein.

According to the analyses the richest pea forage content in terms of crude fiber was at the stage of full maturity (30.0%). For comparison lupine forage harvested at the same stage of vegetation had a crude fiber content of 23.1%. During the experiment (with the degree of maturity) a gradual slight increase in the proportion of NDF in the total dry matter content was observed in both crops which in the final phase reached 41.2% for peas and 38.6% for lupines. When determining the ADF content no significant differences were found between peas and lupines especially in the final stages of vegetation (28.8 vs. 29.1%).

Overall, pea forage was almost half as high (5.86%) as lupine (4.09%) in ADL content, with these differences being particularly noticeable in I. and IV. harvest phase (6.61 vs. 3.68% and 5.89 vs. 3.28%).

In terms of the presence of crude protein almost 9 % higher average content of these substances was measured in the forage of lupines in comparison with peas (25.5 vs. 16.7% on average for the entire monitored vegetation period). Thus according to our results lupine is significantly richer in crude protein compared to peas and has a lower overall content of crude fiber. It can be concluded that roughage based on lupine can be recommended as a dietary suitable component of feed mixtures for the nutrition of mono- and polygastric livestock.

Keywords: chemical composition, forage, lupine, pea

Obsah

1 Úvod	7
2 Vědecká hypotéza a cíle práce	8
3 Literární rešerše.....	9
3.1 Živiny.....	9
3.2 Kvalita píce a její stravitelnost	9
3.3 Dusíkaté látky	11
3.4 Sacharidy	12
3.4.1 Nestrukturální sacharidy	13
3.4.2 Strukturální sacharidy	14
3.4.3 Hrubá vláknina (CF)	16
3.4.4 Neutrálně-detergentní vláknina (NDF).....	17
3.4.5 Acido-detergentní vláknina (ADF).....	17
3.4.6 Acido-detergentní lignin (ADL)	17
3.5 Lipidy	17
3.6 Bílkovinná krmiva.....	18
3.7 Luskoviny.....	19
3.7.1 Morfologická stavba luskovin	21
3.7.2 Rod Lupina	21
3.7.3 Rod Hrách.....	26
4 Metodika	29
4.1 Odrůda hrachu setého Salamanka	31
4.2 Odrůda lupiny bílé Zulika.....	31
4.3 Stanovení obsahu sušiny (DM) a popelovin.....	31
4.4 Stanovení obsahu hrubé vlákniny (CF)	31
4.5 Stanovení obsahu neutrálně-detergentní vlákniny (NDF)	32
4.6 Stanovení acido-detergentní vlákniny (ADF).....	32
4.7 Stanovení obsahu acido-detergetního ligninu (ADL)	33
4.8 Stanovení obsahu dusíkatých látek	33
5 Výsledky.....	35
6 Diskuse	40
7 Závěr	45
8 Literatura.....	46

1 Úvod

Správná výživa je jedním ze základních pilířů úspěšného chovu hospodářských zvířat. Vhodně sestavená krmná dávka s ohledem na potřeby zvířat umožňuje zvířatům udržení dobrého zdravotního stavu, fyzické kondice a poskytovat požadovanou produkci. Zcela nezbytným předpokladem je zajištění příjmu živin v dostatečném množství, kvalitě a vyváženém poměru, odpovídajícímu potřebám zvířete pro danou užitkovost. Živiny zajišťují všechny důležité životní procesy a jsou tedy pro hospodářská zvířata látkami nezbytnými. Zejména v chovu skotu, je v zájmu dosažení vysoké užitkovosti zkrmovat vysoce kvalitní krmiva. Kvalitu krmiva ovlivňuje stravitelnost krmiva, koncentrace živin a jejich vzájemný poměr.

Nepostradatelnou součástí krmné dávky, zejména pro vysokoužitkové dojnice jsou bílkovinná rostlinná krmiva. Obsah bílkovin v krmivu je ovlivňován mnoha faktory, jako například druhem plodiny, odrudou a dále také např. podmínkami pěstování, dobou sklizně (růstovou fází), technologií sklizně, posklizňového zpracování apod. To platí jak pro objemná krmiva, tak pro ostatní bílkovinné zdroje. Hlavní úlohou bílkovinných krmiv je dodat organismu požadované množství aminokyselin, pokud možno v optimálním vzájemném poměru tak, aby došlo k jejich maximálnímu využití pro produkci: tvorbu mléka (mléčné bílkoviny), růst a obnovu tělesných tkání.

Zákaz zkrmování živočišných bílkovin a rybí moučky měl významný vliv na hledání nových surovin pro zajištění dusíkatých látek ve výživě hospodářských zvířat. Nejvíce využívaným zdrojem bílkovin je v dnešní době sójový extrahovaný šrot. Se vzrůstajícím požadavkem na používání „non GMO“ krmiv je sójový šrot nahrazován řepkovým extrahovaným šrotem, avšak jeho zkrmování může mít negativní vliv na zdravotní stav a činnost hormonálního systému zvířat. Z uvedených důvodů jsou vhodnějšími rostlinnými zdroji bílkovin hrách a další luskoviny. Jako velmi perspektivní se jeví semena, ale i celá zelená biomasa kulturních druhů lupin, které mají výrazně nižší obsah antinutričních látek oproti původním druhům. Také kvůli stále se zvyšujícím cenám sóji narůstá zájem o možnosti pěstování tuzemských bílkovinných zdrojů. Výhoda pěstování lupin spočívá v tom, že jsou vhodnou plodinou pro pěstování v podmínkách ČR. Primárním zájmem bylo pěstování lupiny pro produkci lupinových semen, avšak současná výzkumná činnost ukazuje, že je lupinu vhodné využívat rovněž k produkci zelené hmoty, především pro silážování, a tím k produkci velmi kvalitních objemných krmiv s vysokým obsahem bílkovin pro výživu přežvýkavců.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Hlavním cílem práce je získat přesná data popisující nutriční hodnotu píce lupiny a hrachu. Dalším cílem je vzájemné posouzení kvalitativních parametrů píce těchto plodin v různých fázích růstu a určení optimálního termínu sklizně.

Hypotéza: Lupina bílá má vyšší nutriční hodnotu (více dusíkatých látek, méně vlákniny) ve srovnání s hrachem setým.

3 Literární rešerše

3.1 Živiny

Živiny jsou biologické, chemicky definované sloučeniny, nutné pro výživu zvířat a správnou funkci jejich organismu. S krmivem do organismu zvířat vstupují ale také látky, které organismus nevyužije, ale které nejsou škodlivé (např. křemík, chróm, lignin atd.). Živiny zajišťují všechny důležité životní procesy (k samotnému procesu trávení, pohybu, udržení tělesné teploty, růstu, rozmnožování, tvorbě tělesné hmoty, k produkci mléka, atd.), jsou tedy látkami pro zvířata nezbytnými (Straková et al. 2008; Zeman et al. 2006). Slouží jako zdroj energie, stavební prvky a podílí se na procesech v organismu. Mezi energetické živiny patří sacharidy, tuky a bílkoviny, mezi neenergetické živiny patří minerální látky, vitaminy a voda (Zeman et al. 2006).

Tab. 1 Chemické složení krmiv (Zeman et al. 2006)

Voda					
Sušina	N-látky	Bílkoviny	Aminokyseliny	Lys, Met, Thr, Trp	
		Nebílkovinné látky	Močovina		
	Lipidy	Tuky	Linolová k.		
		Vosky			
		Jiné			
	Sacharidy	Vláknina	Celulóza	Hexózy	
			Hemicelulóza	Pentózy	
			Lignin		
		BNLV	Polysacharidy	Škroby	
			Monosacharidy	Cukry	
	Popeloviny	Makroprvky	Ca, P, Na, K, S, Mg, Cl		
		Stopové prvky	Fe, Cu, Mn, Zn, Co, Se, I		

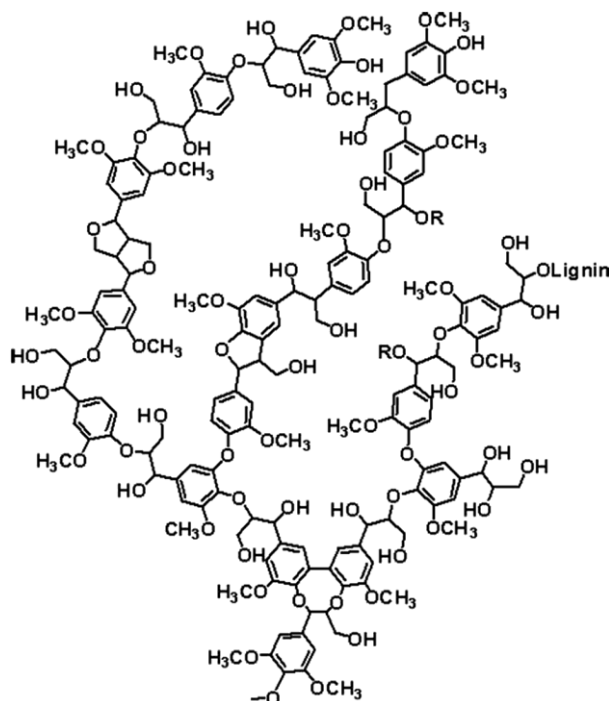
Živiny můžeme rozdělit na stravitelné a nestravitelné. Stravitelné živiny jsou pro organismus přístupné. Naopak nestravitelné živiny odchází z těla ven v podobě výkalů (Mudřík 2006). Podle nenahraditelnosti dělíme živiny na esenciální, které organismus musí přijímat v krmivu, protože není schopen je vytvořit sám, a neesenciální, které organismus dokáže vytvořit sám při látkové výměně. V krmivech mohou být také obsaženy tzv. látky antinutriční, které mohou snižovat příjem daného krmiva, stravitelnost živin a mohou mít i toxické účinky (Straková et al. 2008; Zeman et al. 2006).

3.2 Kvalita píce a její stravitelnost

Pro hospodářská zvířata s vysokou užitkovostí je naprosto klíčová vysoká kvalita a dostatečné množství krmiva. Pokud je požadováno, zejména u skotu, dosáhnout vysoké užitkovosti, je třeba zkrmovat vysoce kvalitní objemná krmiva (Koukolová et al. 2010). Kvalita krmiva je ovlivněna stravitelností krmiva, koncentrací živin a jejich vzájemným poměrem (Mudřík 2006). Stravitelnost je vyjádřena úbytkem živin, organické hmoty nebo energie, k němuž dojde během

průchodu krmiva trávicím ústrojím zvířete. Výpočtem je určována jako rozdíl mezi množstvím živin v krmivu a ve výkalech (Homolka 2006). Základem vhodného objemného krmiva je kvalitní píce. Píci se rozumí nadzemní část rostliny, která je sklizena odpovídajícím způsobem a určena ke zkrmování. Kvalitní píce je taková, která má vysoký obsah živin, minimální obsah antinutričních látek a je sklizena v optimální fázi zralosti (Loučka et al. 2002).

Stravitelnost píce je ovlivněna mnoha faktory, jako je odrůda rostlin, stáří rostlin, mikroskopická stavba rostlin či složení vlákniny. Podle Junga a Engelse (2002) má největší vliv na stravitelnost píce růstová fáze, ve které byla rostlina sklizena. Během růstu dochází k lignifikaci, tedy zvyšování obsahu ligninu, který snižuje celkovou stravitelnost rostliny. Lignin je složitá organická látka obsahující benzenová jádra (chemická struktura je znázorněna na obrázku 1). Na rozdíl od celulózy a ostatních polysacharidů je lignin tvořen alkoholy a aromatickou složkou (Velíšek 2002). Není tedy složen ze sacharidových jednotek, ale je asociován s celulózou stejně tak jako necelulózní strukturní polysacharidy (Velíšek 2002; Novák & Skalický 2017). Lignin doprovází další polymerní fenolové sloučeniny (např. třísloviny), proteiny a polymerní lipidy (Velíšek 2002).



Obrázek 1 Chemická struktura ligninu (Prieur et al. 2017)

S postupující vegetační fází rostlin klesá stravitelnost (stoupá obsah ligninu) využitelných složek vlákniny, snižuje se stavitelnost celé organické hmoty (OH), a tudíž i energetický potenciál krmiva (Janknecht 2000). K rychlejšímu poklesu kvality píce dochází u lodyh, z důvodu ukládání ligninu do buněčných stěn. Naopak u listů je proces lignifikace pomalejší (Jung et al. 2012). Lignin vytváří se sacharidy buněčných stěn pevné vazby, které znemožňují jak využití celulózy, hemicelulóz, tak i sacharidů obsažených v protoplazmě buněk. Proto je obsah ligninu považován za hlavní faktor limitující stravitelnost organických živin (Koukolová et al. 2010).

3.3 Dusíkaté látky

Dusíkaté látky (N-látky) jsou všechny látky, obsažené v krmivu, které v molekule obsahují dusík. Dusíkaté látky jsou ve výživě zvířat nezastupitelné (Zeman et al. 2006). Dělí se na bílkovinné a nebílkovinné. Mezi nebílkovinné patří volné aminokyseliny, amidy, aminy, alkaloidy, glykosidy obsahující dusík, nukleové kyseliny, purinové a pyrimidinové báze, amonné soli, amoniak, močovina, dusičnany a dusitany (Velíšek 2002). Z nebílkovinných N-látek mohou prasata a drůbež využít pouze volné aminokyseliny a jejich amidy. Prežvýkavci mohou díky mikrobiotě předžaludků využít pro syntézu bílkovin rovněž nebílkovinné N-látky (Zeman et al. 2006).

Bílkovinné dusíkaté látky jsou základními stavebními látkami živočišného organismu. Jsou-li v dietě zastoupeny, mohou také sloužit jako zdroj energie v případě nedostatku sacharidů a tuků (Straková et al. 2008; Zeman et al. 2006). To je ale pro organismus méně výhodné, protože se při jejich rozštěpení uvolňuje amoniak (pro všechny organismy vysoce toxický plyn), který musí být v játrech detoxikován přeměnou na močovinu (u ureotelních organismů) a poté vyloučen z těla. Základní stavební složkou bílkovin jsou aminokyseliny. Aminokyseliny jsou organické kyseliny obsahující nejméně jednu aminovou (-NH₂) a karboxylovou (-COOH) skupinu. Biologické vlastnosti bílkovin jsou dány druhem aminokyselin, jejich pořadím a vzájemnými prostorovými vztahy. Obsahují více než 100 aminokyselin vzájemně propojených peptidovou vazbou. Aminokyseliny se z nutričního hlediska dělí na esenciální a neesenciální. Neesenciální aminokyseliny si organismus dokáže vytvořit sám. Naopak v případě esenciálních aminokyselin je organismus odkázán na příjem z krmiva. Mezi esenciální aminokyseliny patří valin, leucin, izoleucin, fenylalanin, tryptofan, lyzin, methionin a threonin (Velíšek 2002).

Metabolismus bílkovin v organismu probíhá v žaludku a začátku tenkého střeva, kde jsou rozštěpeny na oligopeptidy s krátkým řetězcem a následně na volné aminokyseliny. Štěpení je katalyzováno hydrolytickými enzymy (např. pepsinem, trypsinem). Po rozštěpení jsou aminokyseliny absorbovány skrz střevní stěnu a následně lymfou a krví dopraveny buď do svalů, kde mohou být využity k syntéze nových bílkovin kosterní svaloviny nebo do jater, kde probíhá například syntéza nových bílkovin, deaminace aminokyselin (vzniklý amoniak je přeměněn na močovinu, která je následně vyloučena močí) aj. Konečným produktem metabolismu bílkovin jsou voda, oxid uhličitý a amoniak. Z organismu jsou vylučovány močí, výkaly nebo plyny (dýcháním) (Zeman et al. 2006).

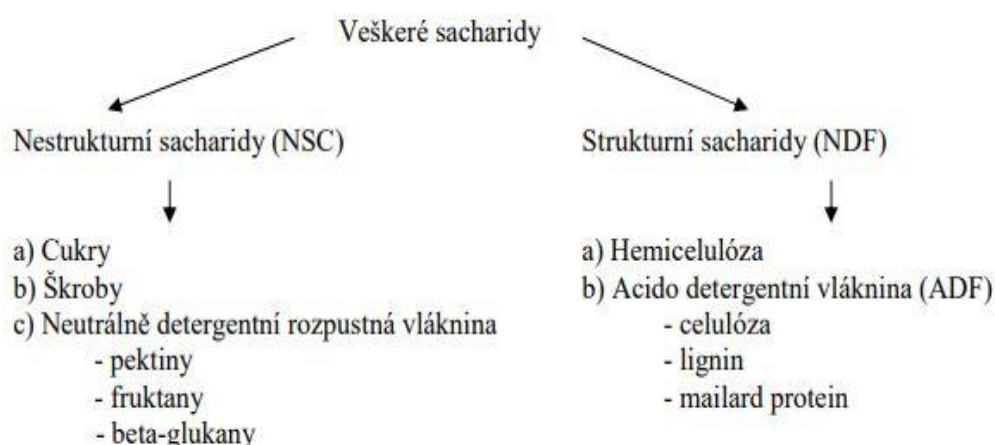
Ve výživě zvířat jsou N-látky nenahraditelnými makromolekulárními látkami. V těle zvířat tvoří až 90 % organických látek. Hlavní nutriční význam bílkovin spočívá v přísunu aminokyselin pro růst, obnovu a látkový metabolismus (Straková et al. 2008). Avšak krmné dávky pro vysokoužitkovou dojnici by měly obsahovat jen množství nezbytné pro potřebu optimálního růstu mikroorganismů v předžaludcích, tvorbu odpovídajícího množství mléčné bílkoviny, pro růst plodu a vlastní záchovu. Často nadměrný příjem N-látek v krmivech vede ke zvýšení fyziologické zátěže organismu. Důležitou roli nehraje pouze množství, ale také i kvalita zkrmovaných N-látek, která je dána především obsahem a vzájemným poměrem

v zastoupení esenciálních aminokyselin. V krmivu pro přežvýkavce se dusíkaté látky dělí na degradovatelné a nedegradovatelné. Degradovatelné N-látky nejsou odbourány mikrobiální činností v batoru a přechází dále do slezu, resp. do tenkého střeva, a jsou přímým zdrojem aminokyselin pro zvíře (Homolka & Kudrna 2007).

Obsah dusíkatých látek v krmivu je stanovován s pomocí Kjeldahlovy metody. Při této metodě je zjištěn celkový obsah dusíku v krmivu, který je následně vynásoben faktorem 6,25, který zohledňuje procentuální zastoupení dusíku v bílkovinách. Celý proces se skládá ze tří fází, kterými jsou mineralizace, destilace a titrace. Obsah dusíku je stanoven titračně alkalimetry nebo acidimetry, po mineralizaci vzorku horkou kyselinou sírovou za přítomnosti katalyzátoru, kdy je přítomný dusík převeden na síran amonný. Následně je z něj hydroxidem sodným vytěsněn amoniak předestilován do kyseliny sírové (alkalimetrická titrace) nebo borité (acidimetrická titrace). Poté se titruje odměrným roztokem hydroxidu sodného nebo kyseliny sírové do barevné změny použitého acidobazického indikátoru (AOAC 2005).

3.4 Sacharidy

Sacharidy tvoří 50 až 80 % sušiny krmiv a pro přežvýkavce jsou hlavním zdrojem energie. Pro výživu hospodářských zvířat jsou nejdůležitějšími sacharidy škrob, cukry a celulóza (Zeman et al. 2006). Sacharidy je možné dělit do několika hlavních skupin: jednoduché sacharidy (cukry), zásobní sacharidy (škrob) a strukturální sacharidy neboli vlákninový komplex (viz obrázek 2). Jednoduché a zásobní sacharidy jsou hlavní součástí zrnin. Sacharidové složky se, stejně jako dusíkaté látky, liší svojí kvalitou, která souvisí s jejich chemickou a fyzikální strukturou. Jednotlivé frakce sacharidů mají rozdílný energetický potenciál, který je navíc různými hospodářskými zvířaty různě využíván v závislosti na jejich dostupnosti. Pro charakterizování sacharidové složky nestačí stanovit pouze obsah hrubé vlákniny, ale je nutné zjistit obsah jednotlivých frakcí vlákniny (acido-detergentní a neutrálně detergentní vlákniny), obsah škrobu, cukrů a poměr mezi těmito složkami (Pozdíšek et al. 2008).



Obrázek 2 Systematické dělení sacharidových frakcí (Van Saun & Koukal 2003)

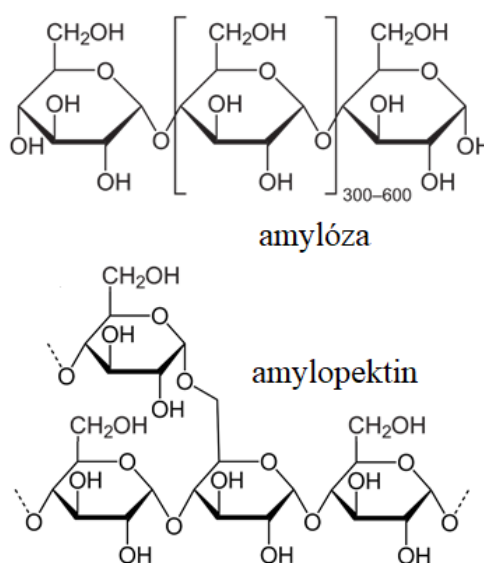
Podrobnější rozčlenění sacharidového komplexu pomocí detergentního systému na neutrálně detergentní vlákninu, acido-detergentní vlákninu a acido-detergentní lignin je nezbytnou součástí predikce nutriční hodnoty krmiv, využitelnosti krmné dávky a produkční úrovně hospodářských zvířat (Koukolová et al. 2010).

3.4.1 Nestrukturální sacharidy

Do nestrukturálních sacharidů jsou zahrnovány:

- organické kyseliny,
- škroby,
- vlákninu rozpustnou v neutrálním detergentu (Kostkan & Hlaváčová 2010a).

Škrob je důležitou sacharidovou frakcí. Je hlavní zásobní živinou sloužící jako pohotovný zdroj glukózy. Je tvořen dvěma různými polymery. Jedním z nich je amyulóza, která je lineárním řetězcem glukózových molekul, vzájemně spojených vazbami α -1,4. Druhým polymerem je amylopektin, který je rovněž tvořen glukózovými jednotkami, jeho molekula je však na rozdíl od amyulózy rozvětvená. Amylopektin je rozvětvený prostřednictvím 1,6-O-glykosidických vazeb (viz obrázek 3). Proto je více hydrofilní a lépe rozpustný ve vodě (Van Saun & Koukal 2003).



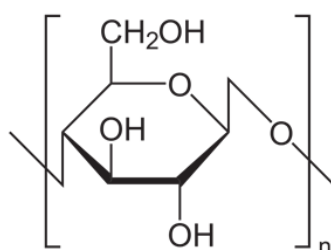
Obrázek 3 Chemická struktura amyulózy a amylopektinu

Vláknina rozpustná v neutrálním detergentu představuje rozpustné pektiny, fruktany a beta-glukany (Van Saun & Koukal 2003). Pektiny mají schopnost absorbovat vodu (bobtnat) a jsou také důležitým prebiotikem. Jsou využívány pozitivními kmeny bakterií v zažívacím traktu (Loučka et al. 2017).

3.4.2 Strukturální sacharidy

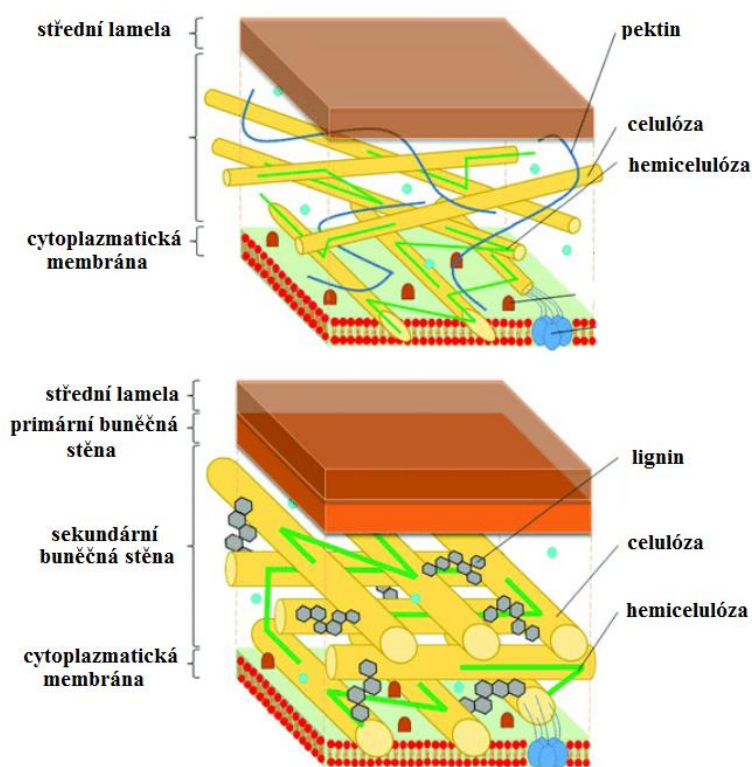
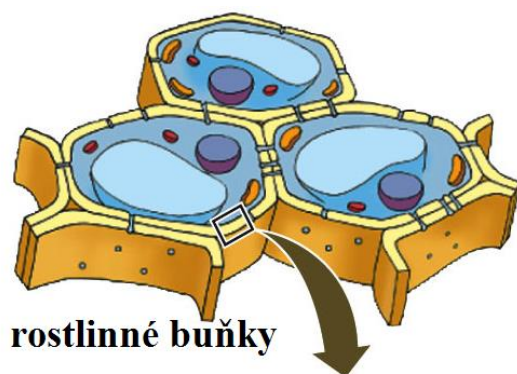
Vlákninový komplex, tedy vláknina je z chemického hlediska uspořádaný soubor látek sacharidového (polysacharidy, oligosacharidy) i nesacharidového (lignin) původu. Součástí vlákniny je tedy celulóza, hemicelulóza a lignin. Dále také kutin, pektin, rostlinné slizy a gumy (Loučka et al. 2017; Kostkan & Hlaváčková 2010b). Stravitelnost vlákniny je ovlivňována vzájemným poměrem sacharidů k ligninu (čím vyšší je zastoupení ligninu, tím nižší je stravitelnost vlákniny). Řetězce jednotlivých polysacharidů mohou mít velmi různorodou strukturu (lineární, větvenou či nevětvenou, případně cyklickou), která má vliv na jejich fyzikálně chemické vlastnosti a na odolnost vůči trávicím procesům v trávicím ústrojí (Loučka et al. 2017; Koukolová et al. 2010).

Celulóza je v přírodě nejrozšířenější organickou sloučeninou. Jde o základní strukturální polysacharid buněčných stěn vyšších rostlin. Chemická struktura celulózy je znázorněna na obrázku 4 (Loučka et al. 2017).



Obrázek 4 Chemická struktura celulózy

Stěny buněk rostlinných pletiv jsou tvořeny náhodně orientovanými celulóзовými mikrofibrilami. Mikrofibrily tvoří základní síť ve stěnách rostlinných buněk, viz obrázek 5 (Loučka et al. 2017).



Obrázek 5 Struktura rostlinných buněčných stěn (Loix et al. 2017; upraveno)

Trávení celulózy u přežvýkavců probíhá s pomocí různých druhů celulólytických bakterií a bacherových anaerobních hub. Hlavní podíl mají tři enzymy: endo-1,4- β -glukanáza, celobiohydroláza a β -glukosidáza (Koukolová et al. 2010; Loučka et al. 2017). Dle Jelínka et al. (2003) probíhá štěpení celulózy ve třech stupních:

1. štěpení celulózy depolymerázou (1,4- β -glukanáza) na menší fragmenty,
2. štěpení těchto fragmentů celobiohydrolázou na celobiózu,
3. štěpení celobiózy celobiázou (β -glukosidáza) na glukózu a její zkvašování na těkavé mastné kyseliny (Koukolová et al. 2010).

Štěpení celulózy je stimulováno mírným zvýšením podílu dusíkatých látek. Naopak tlumení celulolytického procesu je způsobeno vysokými dávkami bílkovin a přísady škrobu (Jančík et al. 2008).

Hemicelulóza je necelulózový polysacharid buněčných stěn rostlin, který vyplňuje prostory mezi celulózovými vlákny. Zatímco celulóza je polysacharidem složeným pouze z glukózových jednotek, hemicelulózy jsou tvořeny širším spektrem monomerních jednotek, jako jsou glukóza, xylóza, manóza, arabinóza, fruktóza, glukuronová či galakturonová kyselina. Je důležitá pro pružnost a elasticitu buněčných stěn. Mezi hemicelulózy jsou řazeny heteroglukany a heteroxylany (Koukolová et al. 2010; Richter et al. 2000). Degradace hemicelulózy probíhá působením endo- a exo-glukanáz, které rozpouštějí hlavní řetězce. Hydrolýzou hemicelulózy vzniká disacharid xylobióza, který je intracelulárním enzymem xylosidázou rozštěpen na xylózu a ostatní pentózy (Jelínek et al. 2003). Obsah hemicelulózy je vypočítávám odečtením ADF od NDF (Loučka et al. 2017).

Vlákninu můžeme stanovit, či definovat několika způsoby. Dříve byl používán výhradně Weendenský způsob hodnocení. Při tomto způsobu byla definována hrubá vláknina jako celulóza a lignin nerozpustný v zásadě. Lignin rozpustný v zásadě a hemicelulóza byly zahrnuty ve frakci bezdusíkatých látek výťažkových (BNLV). Nerozpustná vláknina dokáže čistit střeva a ovlivňuje jejich pohyb, odvádí z těla odpadní a toxické látky. Funguje také jako jakási výplň, čímž zajišťuje pocit sytosti. Zvýšené množství v krmné dávce omezí u zvířat příjem krmiva, resp. sušiny krmiva (Loučka et al. 2017).

Do strukturálních sacharidů zahrnujeme:

- neutrálně-detergentní vlákninu,
- acido-detergentní vlákninu (Pozdíšek et al. 2008).

Z pohledu výživy hospodářských zvířat není u objemných krmiv hlavním kritériem výnos hmoty z hektaru, ale maximální výnos stravitelných živin z hektaru. Maximální výnos se nikdy nerovná maximálnímu výnosu stravitelných živin (Lopatář 2007). Velmi důležitým ukazatelem pro odhad stravitelných živin je obsah NDF a ADF v krmivu. V praxi jsou obě zmíněné sacharidové frakce využívány pro stanovení kvality krmiva (Kostkan & Hlaváčová 2010a), NDF určuje, kolik maximálně je schopno zvíře přijmout daného krmiva a ADF společně s ligninem je ukazatelem pro odhad stravitelnosti daného krmiva (Lopatář 2007).

3.4.3 Hrubá vláknina (CF)

Podle Weendenské analýzy je hrubá vláknina zbytkem stavebních složek buněčných stěn rostlin po dvojstupňové hydrolýze ve slabě kyselém a slabě alkalickém prostředí. Obsah hrubé vlákniny nevyjadřuje celkový obsah vlákniny, protože velká část ligninu a také hemicelulózy není v této frakci stanovena (Pozdíšek et al. 2008). Vzhledem k tomu, že hrubá vláknina nemá potřebnou vypovídající schopnost o zastoupení sacharidů v krmivu, přechází se z klasických rozborů hrubé vlákniny na analýzu NDF a ADF (Kostkan & Hlaváčová 2010a).

3.4.4 Neutrálně-detergentní vláknina (NDF)

Neutrálně-detergentní vláknina vyjadřuje obsah acido-detergentní vlákniny a hemicelulózy. Je nejpřesnějším ukazatelem celkového obsahu vlákniny, resp. stavebních složek buněčných stěn rostlin (Pozdíšek et al. 2008). Představuje zbytek buněčných stěn (celulóza, hemicelulóza, lignin, protein vázaný podle Maillarda, silice, taniny), získaný po mírné hydrolýze za varu v pufrovaném neutrálním roztoku detergentu laurylsulfátu sodného (Janknecht 2000; Kostkan & Hlaváčová 2010a).

U přežvýkavců je podíl NDF v úzkém korelačním vztahu k příjmu sušiny z krmiv, ruminaci a celkové aktivitě přežvykování. Při nadměrném zvyšování obsahu NDF klesá příjem krmiv a živin v krmných dávkách, a proto je stanovení NDF prioritní chemickou analýzou užívanou k predikci příjmu píče hospodářskými zvířaty (Pozdíšek et al. 2008; Van Soest 1991).

3.4.5 Acido-detergentní vláknina (ADF)

Acido-detergentní vláknina vyjadřuje obsah celulózy, ligninu a lignifikovaných dusíkatých složek rostlin. Jde tedy o zbytek buněčných stěn, který zůstane po kyselé hydrolýze v prostředí detergentu (cetyltrimethylamonium bromidu v 1 N kyselině sírové). ADF je tedy podskupinou NDF. Je to vláknina rozpustná v kyselém prostředí (Janknecht 2000; Pozdíšek et al. 2008). Obsah ADF nevyjadřuje celkový obsah buněčných stěn v krmivech, protože není analyticky stanovena frakce hemicelulózy (Pozdíšek et al. 2008). Hemicelulóza je daleko rychleji fermentovatelnou součástí buněčných stěn v porovnání s celulózou (Kostkan & Hlaváčová 2010a). Při odhadu výživné hodnoty krmiv je využíván úzký korelační vztah obsahu ADF ke stravitelnosti organické hmoty, živin a energetické hodnotě krmiv (Pozdíšek et al. 2008).

3.4.6 Acido-detergentní lignin (ADL)

Stanovení acido-detergentního ligninu je nejběžněji užívaná metoda, kterou lze stanovit obsah ligninu (Cherney 2000). Prostřednictvím této metody je lignin stanovován tak, že na ADF je působeno 72% kyselinou sírovou, čímž je rozpuštěna celulóza a jiné organické látky, zbytek je obsah ADL (Faithfull 2002). Při této metodě může být výsledek ovlivněn obsahem kutinu či neligninových látek (Cherney 2000).

3.5 Lipidy

Lipidy jsou v krmivech stanovovány jako zbytek získaný po vysušení diethyletherového nebo petroletherového extraktu. Je možné je rozlišovat na jednoduché a složené. Jednoduché se dále dělí na vosky a glyceridy (glyceridy dále dělíme na tuky a oleje). Mezi složené pak patří fosfolipidy a glykolipidy. Lipidy a lipoproteiny jsou heterogenní skupinou látek. Jsou strukturálně odlišné, ale mají podobné vlastnosti (Zeman et al. 2006).

Lipidy jsou významným zdrojem energie, mají největší obsah energie ze všech energetických živin (38 kJ/g). Jsou stavebními látkami buněčných membrán (Zeman et al. 2006; Velíšek 2002). Slouží také jako rozpouštědlo lipofilních vitaminů (A, D, E, K) a zvyšují tím jejich využitelnost z krmiva (Velíšek 2002).

Mastné kyseliny jsou ve výživě zvířat využívány kromě saturace energetických potřeb organismu také k syntéze tuku v mléčné žláze. MK se rozdělují podle počtu uhlíků a počtu nasycených nebo nenasycených dvojných vazeb (Zeman et al. 2006). Nasycené mastné kyseliny neobsahují ve svém řetězci žádnou dvojnou vazbu. Patří mezi neesenciální mastné kyseliny, protože mohou být syntetizovány v organismu. Mezi nejvýznamnější patří kyselina laurová, myristová, palmitová a stearová. Nenasycené mastné kyseliny ve svém řetězci obsahují jednu nebo více dvojných vazeb. Tyto mastné kyseliny není živočišný organismus schopný syntetizovat, je nutné je dodávat v krmivu, a proto jsou označovány jako esenciální. Jsou to především kyselina linolová, linolenová a arachidonová. Tyto kyseliny jsou mimo jiné prekurzory prostaglandinů, leukotirenů a tromboxanů. Při nedostatku esenciálních mastných kyselin může docházet ke zpomalení růstu, změnám na kůži, degenerativním změnám na varlatech a vaječnicích, snížení odolnosti proti stresu a také k úhynům (Straková et al. 2008; Zeman et al. 2006).

3.6 Bílkovinná krmiva

Nepostradatelnou součástí výživy hospodářských zvířat, zejména vysokoužitkových dojnic, jsou bílkovinné doplňky. Důsledkem rozšíření bovinní spongiformní encefalopatie (BSE) u skotu bylo v Evropské unii v roce 1994 zakázáno do krmných směsí pro přežvýkavce používat živočišné bílkoviny a rybí moučku. Zákaz používání živočišných produktů vyžaduje hledání nových surovin pro zajištění dusíkatých látek ve výživě hospodářských zvířat. (Homolka & Kudrna 2007; Houbá et al. 2009). Z tohoto důvodu bylo nutné začít využívat bílkovinné zdroje rostlinného původu, mikrobiálního původu a syntetické aminokyseliny. Bílkovinné zdroje rostlinného původu jsou především sója, řepka, hrách, slunečnice, luskoviny a produkty tukového průmyslu jako např. extrahované šroty a pokrutiny (Homolka et al. 2008). Jako perspektivní krmivo se jeví semena, ale i celé rostliny kulturních druhů lupin (Homolka & Kudrna 2007).

Tab. 2 Složení bílkovinných zdrojů (Froidmont & Bartiaux-Thill 2004)

	Sójový šrot	Semena lupiny	Semena hrachu
Organická hmota (% sušiny)	92,0	96,04	69,8
Dusíkaté látky (% sušiny)	54,6	35,10	24,2
Hrubá vláknina (% sušiny)	7,71	11,9	9,04
Etherový extrakt (% sušiny)	1,30	9,81	1,32
Škrob (% sušiny)	3,91	7,93	50,5
Mastné kyseliny (MK; % celkových MK)			
C _{10:0} (kaprinová kys.)	5,07	0,54	0,18
C _{10:1} (kaproleová kys.)	2,84	0,29	0,65
C _{12:0} (laurová kys.)	0	0	0
C _{14:0} (myristová kys.)	1,10	0,29	0,45
C _{16:0} (palmitová kys.)	19,3	10,1	14,4
C _{18:0} (stearová kys.)	4,27	1,84	3,06
C _{18:1} (olejová kys.)	11,5	57,2	32,2
C _{18:2} (linolová kys.)	46,8	21,1	45,4
C _{18:3} (linonelová (kys.)	9,03	8,49	3,50
C _{20:0} (arachová kys.)	0	0,05	0
C _{22:0} (behenová kys.)	0	0	0

Charakteristika mastné kyseliny C_{a:b} a = počet uhlíků v řetězci, b = počet dvojných vazeb

3.7 Luskoviny

Luskoviny jsou významné plodiny, patřící do čeledi *Fabacea*, které jsou tradičně už několik století pěstovány v ČR (Mze 2018). Pro luskoviny je charakteristický vysoký obsah bílkovin v semenech i v celé nadzemní biomase a jsou tedy zdrojem rostlinných bílkovin jak pro krmivářský, tak pro potravinářský průmysl (Strydhorst et al. 2008; Mze 2018). Některé druhy se vyznačují vysokým obsahem tuku v semenech (sója, podzemnice olejná, lupina proměnlivá) (Velázquez et al. 2010). Mezi luskoviny, které jsou využívány pro zemědělské účely, patří zejména hrách, fazol, čočka, sója, cizrna, bob, vikev, lupina, podzemnice olejná a další. Nejvíce zastoupenou luskovinou ve světě je sója, která je však z hospodářského hlediska řazena mezi olejninu. V ČR je v současné době pěstováno jen několik druhů luskovin. Nejrozšířenějším druhem luskovin v ČR je hrách, jehož podíl na osevních plochách luskovin pěstovaných na zno představuje kolem 70 %. V menší míře je rozšířena lupina (viz tabulka 3). Mezi ostatní

luskoviny, pěstované v ČR, patří peluška, vikev a čočka. V roce 2018 byly luskoviny vysety na výměře 35 tis. ha, což představuje 1,2 % orné půdy. Produkce hrachu sklizená z plochy 29 087 ha dosáhla výnosu 2,43 t/ha. Lupina sklizená z plochy 2 977 ha dosáhla výnosu 1,62 t/ha (Mze 2018).

Tab. 3 Osevní plochy luskovin v ČR (ČSU 2019)

Plodina	r. 2016 (ha)	r. 2017 (ha)	r. 2018 (ha)	Podíl na o.p. 2017 (%)	Podíl na o.p. 2018 (%)
Luskoviny pěstované na zrna celkem	35 633	42 857	35 153	1,44	0,18
Hrách setý na zrna	26 601	34 793	29 087	1,17	0,98
Lupina na zrna	2 969	4 536	2 977	0,15	0,1
Ostatní luskoviny	6 062	3 527	2 157	0,12	0,07
Jednoleté luskoviny pěstované na zeleno	21 628	15 344	21 280	0,66	0,72
Sója na zrna	10 608	19 628	15 230	0,52	0,51

o.p. = orná půda

Vysoce cenné jsou agronomické vlastnosti luskovin, zejména jejich vysoká předplodinová hodnota (zejména pro obilniny), která je významným faktorem pro udržování a další zvyšování půdní úrodnosti. Největším přínosem je fixace vzdušného dusíku symbiotickými bakteriemi a jeho exkrece do půdy (Houba et al. 2009). Negativní pěstitelské vlastnosti mohou být u luskovin např. výnosová nestabilita (závislost na ročníku), náchylnost k napadání chorobami a škůdci, poléhavost některých druhů, nebo pomalý počáteční růst, s čímž souvisí vysoké riziko možného zaplevelení porostu na počátku vegetace (Novák & Skalický 2017).

Choroby luskovin snižují výnos i kvalitu produkce. Ochrana proti nim spočívá především v pěstování odolných odrůd, uplatnění vhodných pěstebních opatření a případné aplikaci fungicidů. Rozvoj chorob je tedy ovlivněn pěstební technologií, ale také průběhem počasí. Pěstování odolných odrůd je pro pěstitele nejlevnějším způsobem zamezení škodlivosti chorob. Ke snížení rizika rychlého překonání přirozené odolnosti je nezbytné pěstovat více odrůd s různým typem odolnosti (Mezlik 2018).

Semena luskovin jsou důležitým zdrojem bílkovin pro výživu zvířat i lidí. Jako krmivo nalézají luskoviny uplatnění i ve formě zelené hmoty, jako plodina pro výrobu siláží pěstovaná jednak v čisté kultuře, ale častěji ve směsi s obilninami (Strydhorst et al. 2008; Velázquez et al. 2010).

3.7.1 Morfologická stavba luskovin

Základem kořenového systému luskovin je křovitý kořen. Charakter kořenové soustavy ovlivňuje nároky jednotlivých druhů na půdu i agrotechniku. Kořenový systém má pozitivní agronomický vliv na půdu (přispívá ke zlepšování fyzikálního stavu půdy a půdní struktury). Dle kořenového systému rozlišujeme tři základní skupiny luskovin:

- Druhy hluboko kořenící, s málo větveným křovitým kořenem (lupiny),
- Druhy s mohutným, více rozvětveným křovitým kořenem, avšak kratším než u první skupiny (hrách, bob obecný, vikve, cizrna),
- Mělce kořenící druhy, se slabě vyvinutou kořenovou soustavou (fazol, sója) (Hýbl et al. 2011a; Hýbl et al. 2011b; Novák & Skalický 2017).

Od charakteru lodyhy jednotlivých luskovin se odvíjí aplikace různých pěstebních technologií, stejně tak jako odlišné způsoby sklizně. U luskovin rozlišujeme následující typy lodyh:

- Přímá, málo pevná lodyha,
- Přímá nepoléhavá lodyha (bob obecný, lupina, sója),
- Lodyha vystoupavá, která na bázi polehá, ale generativní část rostliny je vzpřímená (intermediární odrůdy hrachu setého),
- Lodyha poléhavá působí největší potíže při sklizni (peluška, vikve). Pěstování těchto luskovin je často vázáno na využívání podpůrných plodin jako jsou oves či ječmen (Houba et al. 2009).

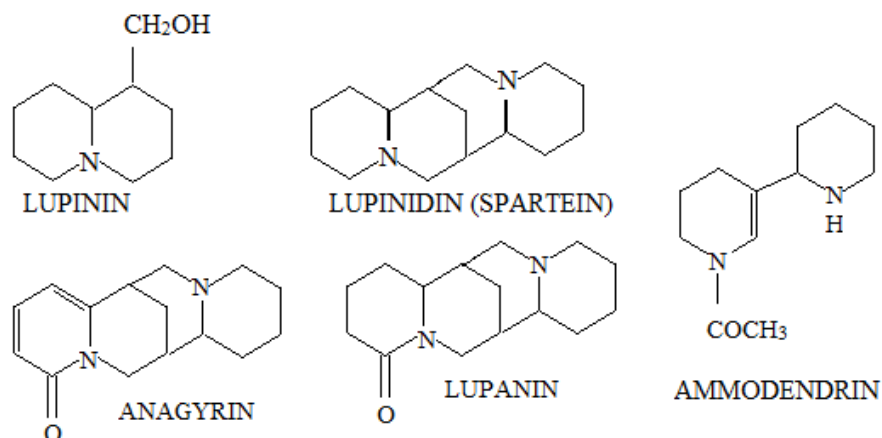
Plodem luskovin je lusk. Sestává se ze dvou chlopní, jejichž negativním znakem může být náchylnost k pukání a s tím související sklizňové ztráty (Novák & Skalický 2017).

3.7.2 Rod Lupina

Lupina (*Lupinus*) je rod rostlin z čeledi bobovité (*Fabaceae*). Celkový počet druhů, uváděných v tomto rodu, je 200 až 250. Většina z nich pochází ze Středomoří, kde byly pěstovány již před staletími (Vrabec 2008; Hýbl et al. 2011c). Rod *Lupinus* zatím patří mezi méně atraktivní kulturní plodiny. Zájem o pěstování byl potlačen zejména levným dovozem sójových bobů a sójového extrahovaného šrotu (z USA, Brazílie a Argentiny), který se stal dominantním zdrojem pro výživu hospodářských zvířat (Suchý et al. 2017).

Lupina je významným zdrojem dusíkatých látek (28 až 42 %) a tuku (4 až 12 %) s vysokým podílem nenasycených mastných kyselin. Většinou má vyrovnaný obsah aminokyselin, který vyhovuje nutričním požadavkům hospodářských zvířat. Na rozdíl od obilovin se vyznačuje nízkým obsahem škrobu, protože zhruba 20 % zrna tvoří slupka, která je tvořena především celulózą a hemicelulózą (Homolka et al. 2008).

Původní odrůdy, tzv. „hořké“, obsahovaly řadu antinutričních látek, především tzn. chinolizidinových alkaloidů jako jsou lupanin, lupinin, spartein, angustifolin a další (Homolka & Kudrna 2007; Ryšavý 2009). Chemická struktura některých alkaloidů, vyskytujících se v lupinách, je znázorněna na obrázku 6.



Obrázek 6 Chemická struktura alkaloidů vyskytujících se v tzv. „hořkých“ odrůdách lupin (Patočka & Hon 2008)

Přítomnost těchto alkaloidů v lupinách je natolik charakteristická, že jsou označovány jako lupininové alkaloidy (Lee et al. 2008). Alkaloidy u zvířat působí toxicky, jelikož ovlivňují acetylcholinové receptory, poškozují ledviny, srdce, nervový systém a jaterní tkáň. Intoxikace je doprovázena tachykardií, oboustrannou mydriázou a v těžkých případech dochází k ochrnutí dýchacích orgánů a následné smrti (Di Grande et al. 2004). Obsah alkaloidů v rostlině je ovlivněn především odrůdou a klimatickými podmínkami. V semenech těchto původních hořkých odrůd se obsah alkaloidů pohybuje okolo 2 % až 3 %. Kromě alkaloidů obsahovaly staré odrůdy taniny neboli třísloviny, které snižovaly chutnost, a proto bylo využití lupiny omezeno především na zelené hnojení. Šlechtěním byly tyto látky takřka zcela odstraněny, což má negativní dopad na odolnost porostů vůči škůdcům. Taniny totiž svou charakteristickou svíravou chutí snižují chutnost a při příjmu vysokých dávek mohou dráždit výstelku střev (Tichá & Vyzínová 2006).

V 70. letech 20. století byly vyšlechtěny odrůdy, označované jako „sladké“, se sníženým obsahem alkaloidů, hořkých látek (od 0,001 do 0,05 %) a s vysokým obsahem bílkovin (až 45 %), které mají také zanedbatelné množství fytoestrogenů. Tyto odrůdy se tedy dají využít ve výživě zvířat i lidí (Homolka & Kudrna 2007; Ryšavý 2009; Arnoldi et al. 2011). Avšak ani tyto sladké odrůdy není doporučeno zařazovat do krmných dávek ve větším množství. U nosnic mohou způsobit zhoršení chuti vajec a u dojnic chuti mléka (Tyrolová & Výborná 2009). Významné druhy jsou:

- lupina bílá (*Lupinus albus* L.),
- lupina žlutá (*Lupinus luteus* L.),
- lupina úzkolistá (*Lupinus angustifolius* L.),
- lupina proměnlivá (*Lupinus mutabilis* Sweet) (Hýbl et al. 2011c).

U lupin existují značné rozdíly v živinovém složení (viz tabulka 4), ale obecně se dá říct, že nutriční hodnota semene lupiny je velmi vysoká. Nicméně jsou zřetelné rozdíly mezi jednotlivými druhy lupin. Liší se především v obsahu dusíkatých látek, tuku, ale i dalších živin. U úzkolistých odrůd je obecně v semenu nižší obsah bílkovin (32 až 36 %), ve srovnání s bílými odrůdami (36 až 38 %) (Homolka et al. 2008; Ryšavý 2009). Nejvíce bílkovin obsahují

semena žlutých lupin, kdy jejich obsah u některých odrůd dosahuje až 50 %. Obsah celkového tuku (lupinového oleje) je pak nižší u lupin úzkolistých a žlutých (do 5 %), ve srovnání s bílými lupinami, u kterých dosahuje obsah tuku, u některých odrůd, až 10 % (Straková & Suchý 2017).

Tab. 4 Chemické složení hlavních druhů lupin (g/kg) (Petterson 2000)

Název	Lupina bílá (<i>L. albus</i>)	Lupina úzkolistá (<i>L. angustifolius</i>)	Lupina žlutá (<i>L. luteus</i>)
Sušina	914,2	910,8	915,0
Dusíkaté látky	357,6	320,1	382,8
Popeloviny	32,8	27,1	34,8
Tuk	94,9	59,0	56,4
Vláknina	105,7	153,5	162,5
ADF	146,3	196,5	248,7
NDF	176,3	235,3	343,0
Lignin	7,0	8,6	7,3
Škrob	-	-	-
Vápník	2,0	2,2	2,2
Fosfor	3,6	3,0	4,3
Síra	2,5	2,3	4,6
Brutto energie (MJ)	18,7	18,4	19,6

Moderní kultivary mají velmi vysoký koeficient stravitelnosti bílkovin, u většiny odrůd > 90 % a obsahují zanedbatelné množství inhibitoru trypsinu na rozdíl od původních odrůd lupin, které před zkrmováním musely být tepelně upravovány. Avšak dnes právě díky nízké koncentraci tohoto inhibitoru není nutné tyto nové odrůdy lupiny před zkrmováním tepelně upravovat. Zmíněný inhibitor snižuje aktivitu enzymu trypsinu, který se podílí na trávení proteinů (Homolka et al. 2008).

Obecně pro luskoviny je typický nízký obsah aminokyselin methioninu (0,22 %) a lysinu (1,46 %), u lupiny tomu není jinak, a proto je při nahrazování sójového šrotu nebo hrachu nutné v krmné dávce udržet dostatečnou úroveň lysinu, methioninu a stravitelné energie (Petterson 2000). Lupinový protein je naopak charakteristický vysokým zastoupením argininu, který je esenciální aminokyselinou především pro drůbež. Je důležitý pro růst, opeření, syntézu bílkovin a další biologické funkce (Straková & Suchá 2017). Vysoký obsah neškrobových sacharidů má za následek nízkou stravitelnost energie (60 %) (Homolka et al. 2008). Semena „sladkých“ odrůd lupiny obsahují 40 % neškrobových polysacharidů a zanedbatelné množství škrobu. Díky nízkému obsahu škrobu je vynikající složkou krmných dávek pro skot, neboť riziko vzniku acidózy je velmi nízké (Petterson 2000).

V posledních letech množství pěstované lupiny stoupá. Největším pěstitelem lupiny je Austrálie, kde bylo za posledních 10 let vypěstováno 85 % veškeré produkce. Hlavními pěstiteli

v Evropě jsou Rusko (15 tis. ha), Španělsko (13 tis. ha), Francie (11 tis. ha) a Portugalsko (10 tis. ha). V České republice je pěstována na ploše asi 7 tis. ha. Nejvíce zastoupena je v České republice lupina bílá, lupina úzkolistá a velmi málo lupina žlutá (Homolka & Kudrna 2007; Tyrolová & Výborná, 2009). Český statistický ústav (ČSU) zahrnuje osevní plochy lupiny do kategorie „ostatní luskoviny“. Kromě lupiny do této skupiny patří peluška, vikev, luskovino-obilné směsky a čočka (Tyrolová & Výborná 2009).

Vhodné půdní podmínky pro pěstování jsou lehké písčité půdy s kyselým až neutrálním pH. Podobně jako jiné bobovité rostliny obohacuje půdu dusíkem, jelikož získává značnou část dusíku, potřebnou k růstu, prostřednictvím hlízkových bakterií rodu *Rhizobium* na kořenech. Proto je vhodná i do ekologického zemědělství. Nevyžaduje velké vstupy hnojiv, zúrodňuje půdu, je výbornou předplodinou a má schopnost potlačovat určité plevele (Homolka et al. 2008). Mezi další přednosti lupiny patří nízký obsah látek, které vyvolávají alergické reakce a je ceněna mezi lidmi, kteří požadují výrobky, neobsahující GMO. Složením je blízko sóji, je bohatá na bílkoviny, ale obsahuje nižší procento škrobu. Má méně oleje než sója a není nutné ji tepelně zpracovávat, protože neobsahuje inhibitor trypsinu (Vrabec 2008). Vláknina ze semen potlačuje chuť k jídlu, má vliv na snížení hladiny cholesterolu a příznivě působí na střeva, zlepšuje peristaltiku a zkracuje dobu průchodu střevního obsahu trávicím traktem (Archer et al. 2004; Hall et al. 2005) Pro krmení přežvýkavců je možné využívat i celé rostliny lupiny jako pícninu k produkci zelené hmoty, především pro konzervaci (silážování), a tím k produkci kvalitních objemných krmiv. (Homolka et al. 2008; Suchý et al. 2017).

3.7.2.1 Lupina bílá

Lupina bílá (*Lupinus albus*) je 75 až 100 cm vysoká, barva květu je bílá nebo modrobílá. Semena jsou velká, žlutobílá, zploštělá až čtyřhranná. Vytváří nepukavé lusky a je sklízena v plné zralosti. Hmotnost tisíce semen (HTS) je 350 až 400 g (Homolka et al. 2008; Hýbl et al. 2011c;). Lupina bílá vyžaduje včasný termín setí, protože má dlouhou vegetační dobu (130 až 180 dní). Ze všech druhů je nejvíce náročná na teplotní a vláhové podmínky. Je citlivá na teploty pod -3 °C (Homolka & Kudrna 2007). Lupina bílá je vhodnou meziplodinou. Jako luskovina zlepšuje zásobení půdy dusíkem. Hlízkové bakterie (*Bradyrhizobium lupini*) na kořenech mohou v příznivých podmínkách poutat až 200 kg dusíku na hektar, z čehož 80 až 90 kg dusíku zůstává pro následné plodiny (Tyrolová & Výborná 2009; Hýbl et al. 2011c; Faligowska et al. 2014).

Díky svému vysokému zastoupení bílkovin v zrna je lupina bílá vhodným bílkovinným krmivem pro přežvýkavce v intenzivním zemědělství (Huyghe 1997). Dle Strakové a Suchého (2017) je v ČR pro pěstování na krmivářské účely skupina bílých lupin nejvhodnější, protože má srovnatelný obsah bílkovin se sójovými boby. Navíc na rozdíl od žlutých lupin, které mají vysoký obsah bílkovin v semenu, bílým lupinám více vyhovují půdní a klimatické podmínky České republiky a také jsou odolnější vůči houbovým chorobám (Suchý et al. 2006; Straková & Suchý 2017).

3.7.2.2 Lupina úzkolistá

Někdy také zvaná modrá je vyššího vzrůstu než lupina žlutá (80 až 130 cm). Květy má modré, růžové, nebo bílé. Lístky čárkovité, celokrajné, někdy slabě ochlupené. Semena jsou kulovitá až oválná, šedá s bílou kresbou. HTS je 140 až 200 g. Na rozdíl od ostatních druhů je méně náročná na teplotní podmínky. Semena lupiny úzkolisté obsahují 30 až 40 % N-látek a 3 až 7 % tuku. Průměrný výnos semen se pohybuje okolo 2 až 3 tun na hektar a výnos zelené hmoty 45 až 48 tun na hektar v hodnotě čerstvé hmoty (Hýbl et al. 2011c).

3.7.2.3 Lupina žlutá

Oproti lupině bílé je méně náročná na teplotu. Optimální pH pro růst je v rozmezí 4,5 až 6. Obsahuje vysoké množství bílkovin (38 %). Sklízí se před plnou zralostí, jelikož utváří pukavé lusky, a tudíž hrozí nebezpečí vysokých sklizňových ztrát. Je možné zkrmovat celé rostliny díky pozdní lignifikaci pletiv. U nás známé odrůdy jsou například Juno a Teo (Homolka et al. 2008).

3.7.2.4 Silážování lupiny

Lupinu je možné, kromě pěstování na semeno, využít také jako silážní plodinu. Voytekhovich (2000) ve svém výzkumu uvádí, že z hlediska výživy je siláž z lupiny úzkolisté kvalitnější než z lupiny bílé. Lupina úzkolistá dříve dozrává, má z pravidla vyšší obsah sušiny v píce díky tomu je lépe silážovatelná (Fraser et al. 2005a). Lupina na siláž je sklizena v době přibližně 3 až 4 týdny pod odkvětu, ale velmi záleží na průběhu počasí příslušného roku, když jsou semena v mléčně těstovité zralosti. Není vhodné sklízet v dřívějším termínu kvůli nízkému obsahu sušiny a nižší nutriční hodnotě. Ovšem pozdější sklizeň také není vhodná kvůli zvýšenému nebezpečí lignifikace stonku, a tedy ztrátě stravitelnosti organických živin (Tyrolová & Výborná 2009).

Po sklizni je vhodné nechat píci zavadnout z důvodu zvýšení podílu sušiny. Vyšší obsah sušiny pozitivně ovlivňuje růst žádoucích mikroorganismů a rychlost fermentace (Borreani et al. 2006). Po zavadnutí je sklizena sběrací rezačkou. Délka řezanky lupiny by měla být 1,5 až 2 cm, protože je důležité, aby došlo k dokonalému narušení semen. Následně je, jako u všech siláží, nutné řádné udusání a zakrytí naskladněné řezanky (Tyrolová & Výborná 2009). Z výzkumu Tyrolové a Výborné (2009) vyplývá, že siláž z celé rostliny lupiny je možné zařadit mezi alternativní bílkovinná krmiva. Silážování lupiny je velmi závislé na počasí z důvodu obtížného zavádání této plodiny. Pro úspěšné silážování je také v případě lupin, ale i hrachu, dle Borreani et al. (2009) vhodné přidání bakterií mléčného kvašení, které urychlí tvorbu kyseliny mléčné. Tyrolová a Výborná (2009) uvádí, že pokud je sušina vstupního materiálu nižší než 28 % je nutné použít chemický konzervant. Dále je nutné sledovat výskyt houbových chorob, především kvůli napadení rostlin antraknózou (Tyrolová & Výborná 2009).

3.7.3 Rod Hrách

Hrách setý (*Pisum sativum*) je celosvětově významnou, nejvíce pěstovanou luskovinou. Patří do čeledi bobovitých (*Fabaceae*) a pochází ze Středomoří. V České republice má pěstování této plodiny dlouholetou tradici (Tyrolová 2012). Je to jednoletá plodina s přímou a vystoupavou či popínavou lodyhou. Ta je 30 až 120 cm dlouhá, dutá, sivá nebo žlutozelená. Listy mají 1 až 3 páry lístků a jsou zakončené větvenou popínavou úponkou. Palisty bývají velké, srdčité a objímavé (cca 3 až 7 cm dlouhé). Plodem jsou lusky s 3 až 10 semeny, která jsou oválná, kulovitá, žlutozelená (Hosnedl et al. 1998).

Mezi významné kladné agronomické vlastnosti hrachu, stejně jako u lupiny, patří schopnost fixace vzdušného dusíku symbiotickými bakteriemi a jeho exkrece do půdy. Dokáže také resorbovat živiny i z obtížněji přijatelných forem. Díky těmto vlastnostem zlepšuje pěstování hrachu fyzikální stav půdy. Hrách má významné pozitivní postavení v osevním postupu. Zvláště v osevních postupech s vysokým podílem obilovin vytváří příznivé podmínky pro vysokou produktivitu celého osevního postupu. Nicméně hrách není vhodné pěstovat na stejném pozemku dva roky za sebou. Minimální doba jsou 4 roky, ale doporučován je i šestiletý cyklus pěstování (Hosnedl et al. 1998; Suchý et al. 2009).

Z důvodu stále se zvyšující ceny dovozové sóji roste uplatnění hrachu pro krmné účely (Tyrolová 2012). Je využíván jak k výživě hospodářských zvířat, tak k výživě člověka. Pro výživu člověka je však spotřebováno méně než 10 % produkce (Šťastný 2009). Jako krmná plodina je výborným zdrojem bílkovin. V sušině hrachu je obsaženo průměrně 21 až 24 % hrubých bílkovin (79 % z celkového obsahu bílkovin je u krav degradováno v bacheru) (Tyrolová 2012). Dle výzkumu Suchého et al. (2009) je kvalita hrachového proteinu, při hodnocení na základě aminokyselinového spektra, srovnatelná se sójovým proteinem. Hrách je, jako bílkovinné krmivo, velmi vhodnou alternativou právě k sóji. Obsahy jednotlivých aminokyselin hrachu, sóji a lupiny jsou uvedeny v tabulce 5. Oproti sójovému proteinu je v hrachovém proteinu více zastoupen threonin, lysin a arginin. Naopak je v něm menší zastoupení valinu, methioninu, isoleucinu a leucinu. Proto je nutné při sestavování krmných směsí s vysokým zastoupením hrachu počítat s nedostatečným obsahem methioninu a případně jej doplnit z jiných zdrojů (Suchý et al. 2009; Tyrolová 2012;).

Tab. 5 Porovnání obsahu aminokyselin v semenech hrachu setého, lupiny bílé a sóji luštinaté (hodnoty uvedeny v gramech na 16 gramů dusíku; Moss et al. 2001; Velíšek, 2002; upraveno)

Aminokyselina	Hrách setý	Lupina bílá	Sója luštinatá
Alanin	4,1	3,4	4,3
Arginin	9,5	11,1	7,2
Cystein	1,1	1,7	1,3
Glycin	4,0	4,1	4,2
Histidin	2,3	2,4	2,5
Isoleucin	4,3	3,8	4,5
Leucin	6,8	7,7	7,8
Lysin	7,5	4,6	6,4
Methionin	0,9	0,6	1,3
Prolin	3,9	4,4	5,5
Serin	4,3	6,0	5,1
Treonin	4,1	4,3	3,9
Tryptofan	1,4	-	1,3
Tyrosin	2,7	4,7	3,1
Valin	4,7	3,7	4,8
Fenylalanin	4,6	4,0	4,9

Hrách také, stejně jako lupina, obsahuje některé antinutriční látky. Jde o inhibitory trypsinu a chymotrypsinu, lektiny, taniny a hemaglutininy. Avšak nové odrůdy hrachu se již vyznačují redukováním obsahem antinutričních faktorů (Tyrolová 2012).

Hrách je kromě bílkovin významným zdrojem vitaminů B a komplexu sacharidů. Na rozdíl od lupiny, obsahuje až 50 % škrobu, to je hodnota velmi srovnatelná se sójou (46 %). Hrách má v porovnání s lupinou nižší zastoupení vlákniny (6,45 vs. 16,4 %) a tuku (1,75 vs. 7,86 %). Vláknina obsažená v hrachu je pouze 6,45 %. U lupiny je to 16,6 %. Přehled o obsahu jednotlivých živin hrachu a lupiny je uveden v tabulce 6.

Tab. 6 Porovnání obsahu jednotlivých živin hrachu a lupiny (Vyskočil et al. 2008)

Živina	Hrách (%)	Lupina (%)
N-látky	24,5	39,4
Tuk	1,75	7,86
Vláknina	6,45	16,4
ADF	3,23	20,0
NDF	12,9	28,2
BNLV	63,6	31,6
Škroby	50,0	11,5
Cukry	5,91	6,51

Hrách je celosvětově pěstován především na zrno. Je však možné jej pěstovat v monokulturách nebo ve směsích také pro produkci zelené píce (Azo et al. 2012; Jacobs & Ward 2012). Právě hrách je často pěstován v podobě směsí s různými obilninami: pšenicí obecnou, jednozrnkou,

dvouzrnkou, špaldou (Uher et al. 2007; Mihailović et al. 2011; Jacobs & Ward 2012), triticales (Uher et al. 2007; Jacobs & Ward 2012; Seydosoglu & Bengisu 2019), ovsem (Kocer & Albayrak 2012; Płaza et al. 2019), žitem (Uher et al. 2007) a ječmenem (Mihailović et al. 2011; Kocer & Albayrak 2012). Mezi výhody pěstování směsí patří lepší odolnost a snazší sklizeň krmných luskovin, menší pozdní zaplevelení, vyšší výnosová stabilita, efektivnější využití živin, vody a světla (Mustafa & Seguin 2004; Jacobs & Ward 2012). Je však nutné zvolit vhodnou kombinaci plodin, protože není možná libovolná kombinace komponent směsky vzhledem k rozdílnému termínu zrání. Také je dosahováno nižšího výnosu bílkovin na hektar než při úspěšném pěstování v monokultuře (Mustafa & Seguin 2004; Miller et al. 2018).

Pro zemědělce je hrách sklízený „na zeleno“ výhodnou plodinou, kdy v krátkém intervalu zajišťuje značné množství krmiva s vysokou výživovou hodnotou a chutností (Koivisto et al. 2003). Je vhodný pro zkrmování přežvýkavcům (z hlediska výživy přežvýkavců je doporučována výroba a zkrmování hrachových siláží) i monogastrickým zvířatům (Mustafa & Seguin 2004).

3.7.3.1 Silážování hrachu

Kromě využití na semeno je velmi výhodné silážování celých rostlin hrachu (Mustafa & Seguin 2004; Tyrolová 2012). Stejně jako u ostatních plodin, klesá se stárnutím rostlin hrachu obsah dusíkatých látek a stoupá množství vlákniny. Podle obsahu vodorozpustných cukrů je hrách řazen mezi středně silážovatelné plodiny. Je tedy nutné správně vystihnout nejvhodnější dobu sklizně. Nejlepším termínem pro sklizeň na siláž je ve stádiu mléčně-voskové zralosti. V této fázi se však sušina rostlin pohybuje kolem 22 % což je pro silážování nedostačující. Proto je nutné po posekání nechat hrachovou píci zavadnout na sušinu cca 33 % (Tyrolová 2012). Zvířata hrachové siláže přijímají bez problémů a ekonomika pěstování hrachové siláže je velice příznivá. Hrachová siláž je přínosem pro krmivovou základnu podniku a současně zlepšující plodinou. Hrách je možné využívat k silážování v kombinaci s další plodinou např. s vojtěškou. Především bezlisté (tzv. semileafless) odrůdy hrachu s velmi dobrou odolností k polehání přispěly k rozšíření hrachu jako krycí plodiny. Tyto bezlisté formy (listy jsou nahrazeny úponky) nemají silný stínící účinek a díky nepoléhavosti nepotlačují v růstu vojtěšku (Šťastný 2009).

4 Metodika

Byla sledována kvalita zelené píce hrachu setého (odrůda Salamanka) a lupiny bílé (odrůda Zulika) pěstovaných na pozemcích VÚŽV, v.v.i. v Praze Uhříněvsi (50.0339083N, 14.6216467E). Na těchto pozemcích je hlinitá hnědozem.

Obě plodiny byly vysety 28.03.2019. Výsevek činil pro hrách (odrůda Salamanca) 280 kg/ha, pro lupinu (odrůda Zulika) 250 kg/ha. Osivo lupiny bylo před výsevem inokulováno (použitý inokulant HiStick lupina). Veškerá ošetření a hnojení viz. tabulka 7.

Tab. 7 Přehled veškerých ošetření a hnojení plodin

Plodina	Datum ošetření/hnojení	Přípravek	Dávkování
Hrách + lupina	10.03.2019	Amofos	1,5 q/ha
	20.03.2019	DAM	100 l/ha
	20.03.2019	Stomp 400 SC	4 l/ha
Hrách	25.05.2019	Markete 50	0,1 l/ha
Lupina	20.06.2019	Mirador xtra	1 l/ha

Sklizeň byla prováděna v červnu a červenci roku 2019 (viz tabulka 8) v provozních podmínkách, každý odběr vždy ze tří míst pěstební plochy, charakterizujících průměrný porost sledované plodiny. Každý odběr zahrnoval sklizeň z plochy 1 m². Sklizeň píce proběhla u každé plodiny ve čtyřech růstových fázích (termínech sklizně):

- I. Plný květ, začínající tvorba lusků;
- II. Konec kvetení, plnicí se lusky;
- III. Vosková zralost, bez květů;
- IV. Plná zralost, opadávající listy.

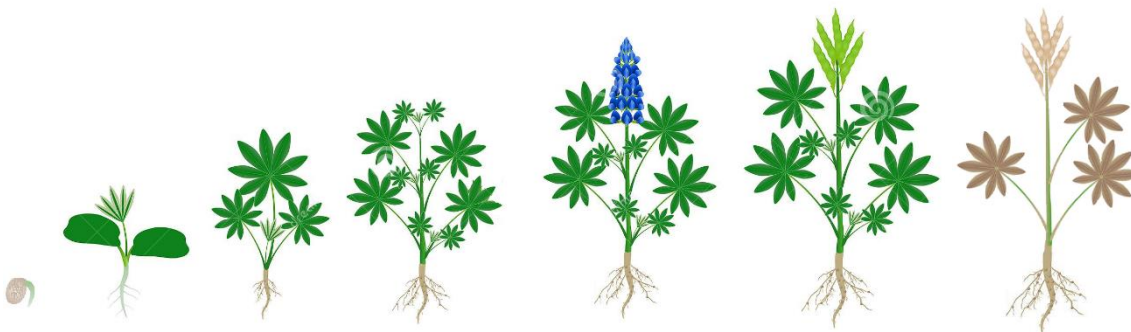
Tab. 8 Termíny sklizní píce lupiny a hrachu

Sklizeň	Hrách		Lupina	
	Datum sklizně	Délka vegetace (dny)	Datum sklizně	Déla vegetace (dny)
I.	13.06.2019	77	18.06.2019	82
II.	20.06.2019	84	02.07.2019	96
III.	26.06.2019	90	09.07.2019	103
IV.	02.07.2019	96	25.07.2019	119

Vegetační fáze hrachu a lupiny jsou znázorněny na obrázcích 7 a 8.



Obrázek 7 Vývojové fáze rostliny hrachu (*Pisum* spp.) (shutterstock, Inc)



Obrázek 8 Vývojové fáze rostliny lupiny (*Lupinus* spp.) (Dreamstime; upraveno)

Při sklizni byla sledována výška porostu a výnos zelené hmoty. Píce z každého odběrného místa byla uzavřena do plastového pytle, označena, zvážena a následně převezena na další zpracování.

Vzorky sklizené píče byly nejprve usušeny v sušárnách s aktivním větráním při teplotě 50 °C po dobu 48 hod dle metodiky Harazima et al. (1999). Následně byly vzorky sešrotovány na velikost částic 1 mm. Takto zpracované vzorky v příslušných vzorkovnicích byly řádně označeny a následně byly v laboratořích podrobeny analýzám na chemické složení. U vzorků píče byl zjišťován obsah sušiny, popelovin, celkové hrubé vlákniny, neutrálně-detergentní vlákniny (NDF) dle Van Soesta et al. (1991), acido-detergentní vlákniny (ADF), acido-detergentního ligninu (ADL) a obsah dusíkatých látek dle AOAC (2005).

Statistická analýza byla provedena v programu SAS. Byla využita analýza GLM (Obecný lineární model) kde plodina, sklizeň a jejich interakce byly v modelu použity jako vlivy pevné a opakování jako vliv náhodný. Průkazné rozdíly byly posouzeny pomocí Tukeyho analýzy. Závěry statistického šetření jsou dále v kapitole 5. Výsledky vyznačeny s pomocí malých psacích písmen. Hodnoty jednotlivých parametrů s totožnými písmeny nebyly vyhodnoceny jako statisticky průkazně rozdílné (resp. různá písmena značí existenci statisticky průkazného rozdílu).

4.1 Odrůda hrachu setého Salamanka

Odrůda Salamanca je žlutozrný, středně raný hrách typu semi-leafless, určený pro potravinářské i krmné využití. Má rychlý počáteční růst. Rostliny jsou středně vysoké až vysoké, s odolností proti polehání před sklizní. Zrno je ideálně středně veliké. Vyznačuje se vysokým výnosem dusíkatých látek a aktivita inhibitoru trypsinu je nízká až středně vysoká. Salamanka je středně odolná proti napadení plísní hrachu, hnědé skvrnitosti, komplexu kořenových chorob a proti napadení komplexem virových chorob. Hmotnost tisíce semen je přibližně 259 g. Tuto odrůdu lze pěstovat jak pro výnos zrna, tak i jako hrách pro výrobu siláží. Je rozšířená také jako komponenta luskovinoobilných směsí, určených k silážování (Saated Union 2018).

4.2 Odrůda lupiny bílé Zulika

Odrůda lupiny bílé Zulika je poloraná odrůda s determinantním růstem a s nízkým obsahem hořkých látek. Rostliny jsou středně vysoké, odolné vůči polehání, barva květů modrobílá a barva semen je bílá. Odrůda je relativně odolná k napadení antraknózou (v porovnání se stávajícím sortimentem odrůd), přesto je doporučována účinná chemická ochrana. Obsah N-látek je středně vysoký (Hýbl et al. 2011c).

4.3 Stanovení obsahu sušiny (DM) a popelovin

Hmotnostní podíl sušiny je stanoven z úbytku hmotnosti vzorku po jeho vysušení při 105 °C do konstantní hmotnosti. Zhomogenizované (rozemleté) vzorky píce byly naváženy v množství 3 g (s přesností na 0,0001 g) do předem zvážených keramických misek. Následně byly vysušeny při 105 °C do konstantní hmotnosti. Poté byly přeneseny do exsíkátoru a po vytemperování na laboratorní teplotu zváženy.

Po zvážení byly vysušené vzorky v keramických miskách spáleny při teplotě 550 °C po dobu 6 hodin. Po spálení a vychladnutí v exsíkátoru byl odečtením hmotnosti zjištěn obsah popelovin.

4.4 Stanovení obsahu hrubé vlákniny (CF)

Metoda stanovení CF spočívá ve dvoustupňové hydrolyze kyselinou a zásadou. Analýza byla prováděna na přístroji Ankom 220 Fiber Analyser.

Použité chemikálie:

- kyselina sírová (96%)
- hydroxid sodný (33% vodný roztok)
- aceton (p.a.)

Upravené vzorky byly naváženy v množství 0,5 g (s přesností 0,0001 g) do speciálních filtračních sáčků (F57 Filter bags). V první fázi probíhala kyselá hydrolyza v $0,255 \pm 0,005$ N roztoku kyseliny sírové, (připraveném z 13,66 ml 96% H₂SO₄ doplněné do 2 l destilovanou vodou), po dobu 30 minut a teplotě 100 °C. Poté byly filtrační sáčky promývány horkou destilovanou vodou 3krát po sobě po dobu 5 minut.

V druhé fázi probíhala zásaditá hydrolýza v $0,313 \pm 0,005$ N roztoku hydroxidu sodného, (připraveném z 25,04 g 33% NaOH rozpuštěném ve 2 l destilované vody), po dobu 30 minut a teplotě 100 °C. Poté byly sáčky opět promyty horkou destilovanou vodou 3krát po dobu 5 minut.

Po hydrolýze byly filtrační sáčky promývány v acetonu, vysušeny při teplotě 105 °C (3 hodiny) a po zchladnutí v exsikátoru zváženy. Po zvážení byly filtrační sáčky umístěny do keramických kelímků a spáleny při teplotě 550 °C po dobu 6 hodin. Po spálení a vychladnutí v exsikátoru byl zjištěn obsah popelovin.

4.5 Stanovení obsahu neutrálně-detergentní vlákniny (NDF)

Tato metoda spočívá v hydrolýze rostlinného vzorku v neutrálním prostředí (pH 7) roztoku činidla laurylsulfátu sodného. Nezhydrolyzovanými zbytky zůstávají celulóza, hemicelulóza a lignin. Analýza byla prováděna na přístroji Ankom 220 Fiber Analyser.

Upravené vzorky pícnin byly naváženy v množství 0,5 g (s přesností 0,0001 g) do filtračních sáčků a byla provedena hydrolýza neutrálním roztokem (připraveným rozpuštěním za horka: 60 g laurylsulfátu sodného, 37,22 g ethylen diamin-tetraoctové kyseliny (EDTA), 13,62 g tetraboritanu sodného, 23,16 g hydrogenfosforečnanu sodného, 10 ml ethylenglykolu a doplněném do 2 l destilovanou vodou) po dobu 60 minut při teplotě 100 °C. Před analýzou NDF bylo v připraveném roztoku rozpuštěno 20 g Na₂SO₄ a do nádoby Ankomu byly přidány 4 ml amylázy. Po hydrolýze byly sáčky 3krát promyty horkou destilovanou vodou po dobu 5 minut. Při prvním a druhém promývání byly do vody přidány 4 ml amylázy. Dále byly 5 minut promývány v acetonu a vysušeny (3 hodiny) při 105 °C. Poté byly sáčky nechány zchladnout v exsikátoru, zváženy a následně spáleny při 550 °C (6 hodin) a opět zváženy.

4.6 Stanovení acido-detergentní vlákniny (ADF)

Vzorek je v kyselém prostředí kyseliny sírové hydrolyzován činidlem cetyl-trimetylamonium bromidem, kdy zbytkem po kyselé hydrolýze je ligninocelulózový komplex. Analýza byla prováděna na přístroji Ankom 220 Fiber Analyser.

Použité chemikálie:

- cetyl-trimetylamonium bromid (CTAB)
- kyselina sírová (96%)
- aceton (p.a.)

Upravené vzorky byly naváženy v množství 0,5 g (s přesností 0,0001 g) do filtračních sáčků a byla provedena hydrolýza kyselým roztokem H₂SO₄, ((připraveném z 55,8 ml H₂SO₄ doplněném do 2 l destilovanou vodou) s přidaným detergentním činidlem cetyl-trimetylamonium bromidem (40 g rozpuštěných při přibližně 30 °C)), po dobu 60 minut při 100 °C. Poté byly sáčky 3krát promyty destilovanou vodou po dobu 5 minut. Poté byly promývány 5 minut v acetonu a vysušeny při 105 °C po dobu 3 hodin. Dále byly po vychladnutí v exsikátoru zváženy, spáleny v peci při 550 °C po dobu 6 hodin pro zjištění obsahu popelovin po hydrolýze.

4.7 Stanovení obsahu acido-detergetního ligninu (ADL)

Lignin je stanovován jako zbytek z ligninocelulózového komplexu po oxidaci kyselinou sírovou za studena. Takto stanovený lignin je označován jako S-lignin. Analýza byla prováděna na přístroji Ankom 220 Fiber Analyser.

Použité chemikálie:

- 72% roztok kyseliny sírové
- cetyl-trimetylamonium bromid (CTAB)
- kyselina sírová (96%)
- aceton (p.a.).

Upravené vzorky byly naváženy v množství 0,5 g (s přesností na 0,0001 g) do filtračních sáčků a byla provedena hydrolýza kyselým roztokem (popsáno v kapitole 4.5 ADF). Dále byly po kyselé hydrolýze a usušení (3 h při teplotě 105 °C) vloženy do 72% roztoku kyseliny sírové a při pokojové teplotě (20 °C) extrahovány po dobu 3 hodin, přičemž na počátku extrakce a potom v intervalu 30 minut s nimi bylo min. 30krát zamícháno. Po extrakci byly sáčky propláchnuty horkou destilovanou vodou do hodnoty min. pH 5,5, vysušeny při teplotě 105 °C, vychlazeny v exsikátoru a zváženy. Po zvážení byly sáčky spáleny při teplotě 550 °C po dobu 6 hodin, a po vychladnutí v exsikátoru byl zjištěn obsah popelovin.

4.8 Stanovení obsahu dusíkatých látek

Obsah dusíkatých látek ve vzorcích lupiny a hrachu byl stanoven Kjeldahlovou metodou. Tato metoda využívá toho, že bílkoviny obsahují 16 % dusíku. Touto metodou je určen celkový dusík (bílkovinný i nebílkovinný dusík) a poté je přepočtem získán obsah bílkovin v testovaném vzorku.

Použité chemikálie:

- Indikátor methylčerveně
Příprava: 100 mg methylčerveně rozpustit ve 100 ml ethanolu
- Indikátor bromkresolová zeleň
Příprava: 100 mg bromkresolové zeleně rozpustit ve 100 ml ethanolu
- Hydroxid sodný (1,17 kg/l dd H₂O)
- Kyselina sírová (96%)
- Roztok kyseliny borité, 10 g/l až 40 g/l dle použitého přístroje

Příprava: k 700 ml vody je přidáno 10 až 40 g kyseliny borité, dále 7 ml roztoku methylčerveně a 10 ml roztoku bromkresolové zeleně. Pro snadnější rozpuštění je využita magnetická míchačka. Po úplném rozpuštění se doplní do 1 litru

Hmotnost navážky je při stanovování dusíkatých látek 0,5 g vzorku s přesností 0,0001 g. Každý vzorek je analyzován dvakrát, kdy výsledek analýzy je aritmetický průměr. Vzorek byl navážen do předem zvážené navažovací lodičky. Po navážení byl vzorek vložen do mineralizační tuby.

K naváženému vzorku v tubě byla pinzetou přidána jedna mineralizační tableta, 10 ml kyseliny sírové (96%) a 5 ml peroxidu vodíku (33%). Obsah byl promíchán a po skončení pění bylo přidáno dalších 5 ml peroxidu vodíku (33%). Poté byl vložen do mineralizačního bloku. Doba mineralizace činila 45 minut při teplotě 420 °C (ekv. při 400 °C 60 minut). Správně mineralizovaný vzorek by měl mít tyrkysovou až zelenou barvu.

Po zchlazení bylo přidáno 10 ml destilované vody a destilovalo se do kyseliny borité. Automatické destilační jednotky vzorek zároveň titrují. V případě manuální titrace je titrováno s pomocí 0,1 N HCl. Titrace je prováděna do bodu ekvivalence, který je indikován změnou zbarvení obsahu do růžova. Nakonec je odečten objem spotřebovaného titračního činidla (s přesností na 0,05 ml), který je použit pro konečný přepčet.

5 Výsledky

V průběhu vegetačního období sezony 2019 byly sledovány porosty lupiny bílé a hrachu setého. V porostech byly prováděny odběry v různých růstových fázích, jelikož právě stupeň zralosti nejvíce ovlivňuje nutriční kvalitu sklizené zelené píce (Azo et al. 2012). Ve sklizeném rostlinném materiálu byl nejprve stanoven obsah sušiny a na základě těchto údajů vypočítán průměrný hektarový výnos, vyjádřený v tunách suché hmoty na hektar (t suš./ha). Všechny ostatní sledované parametry jsou dále vyjádřeny jako procentuální podíl na sušině píce. Usušený materiál byl podroben mineralizaci pro stanovení obsahu popelovin (resp. obsahu organické hmoty). Z organických látek byl stanoven obsah dusíkatých látek (NL) a zvláštní pozornost byla věnována obsahu vlákniny a dále jejím nejvýznamnějším frakcím: hrubé vlákniny (CF – crude fiber), neutrálně detergentní vlákniny (NDF – neutral detergent fiber), acido-detergentní vlákniny (ADF – acid detergent fiber) a acido-detergentního ligninu (ADL – acid detergent lignin). Výsledky byly statisticky vyhodnoceny a prezentovány formou tabulek a grafů. Tabulka 9 popisuje vývoj výšky rostlin a hektarového výnosu hrachu i lupiny, dále obsah sušiny a podíl popelovin, organické hmoty, CF, NDF a NL postupně v jednotlivých termínech sklizně. Tabulka 10 potom shrnuje průměrné hodnoty těchto parametrů u hrachu a lupiny za celou dobu vegetace. Sloupcové grafy dále podrobněji znázorňují kvalitativní složení NDF resp. procentuální zastoupení celulózy, hemicelulózy a ADL v hrachu a lupině v jednotlivých termínech sklizně (graf 2) a v hrachu a lupině souhrnně za celou sledovanou dobu vegetace (graf 1). Malá písmena uvnitř sloupců v grafech a horní indexy číselných údajů v tabulkách představují výsledky statistického hodnocení průkaznosti rozdílů v rámci konkrétního parametru.

Tab. 9 Vývoj výšky rostlin, hektarového výnosu, obsah sušiny a podíl popelovin, organické hmoty, CF, NDF a NL v píci hrachu i lupiny postupně v jednotlivých termínech sklizně

Pícnina	Odběr	Výška [cm]	Výnos [t suš./ha]	Sušina [%]	Popeloviny [% suš.]	OH [% suš.]	CF [% suš.]	NDF [% suš.]	NL [% suš.]
Hrách	I.	93,0±1,00 ^a	7,38±0,93 ^{bc}	17,21±0,41 ^{cd}	9,65±0,09 ^a	90,3±0,09 ^e	27,2±1,31 ^{ab}	38,5±1,99 ^{ab}	18,0±0,58 ^b
	II.	91,3±4,62 ^a	7,87±1,24 ^b	19,43±1,79 ^{bc}	7,66±0,26 ^{cd}	92,3±0,26 ^{bc}	25,0±1,93 ^{bc}	35,6±1,68 ^b	16,5±1,37 ^{bc}
	III.	88,7±8,39 ^a	16,0±3,55 ^a	23,9±0,81 ^b	7,92±0,42 ^{bc}	92,1±0,42 ^{cd}	24,9±2,58 ^b	37,7±0,54 ^b	17,1±1,23 ^{bc}
	IV.	87,0±0,00 ^a	11,1±0,94 ^b	46,8±3,99 ^a	8,77±0,05 ^{ab}	91,2±0,05 ^{de}	30,0±1,74 ^a	41,2±0,42 ^a	15,3±0,14 ^c
Lupina	I.	52,7±4,62 ^{bc}	2,99±0,48 ^c	14,0±0,44 ^d	9,50±0,47 ^a	90,5±0,47 ^e	18,0±1,43 ^d	28,2±0,46 ^c	26,3±0,20 ^a
	II.	60,3±1,53 ^b	7,28±0,88 ^{bc}	14,3±0,71 ^d	7,56±0,49 ^{cd}	92,4±0,49 ^{bc}	20,8±2,29 ^{cd}	31,1±1,83 ^c	25,3±0,55 ^a
	III.	45,3±2,31 ^{cd}	5,68±0,37 ^{bc}	17,0±0,64 ^{cd}	6,90±0,37 ^d	93,1±0,37 ^b	23,8±0,26 ^{bc}	36,1±0,77 ^b	24,3±0,56 ^a
	IV.	40,0±0,00 ^d	5,64±0,28 ^{bc}	32,2±1,61 ^b	5,33±0,04 ^e	94,7±0,04 ^a	23,1±0,31 ^{bc}	38,6±0,63 ^{ab}	26,1±0,59 ^a

Tab. 10 Průměrné hodnoty výšky rostlin, hektarového výnosu, obsahu sušiny, podíl popelovin, organické hmoty, CF, NDF a NL u hrachu a lupiny za celou dobu vegetace

	Výška	Výnos	Sušina	Popel	OH	CF	NDF	NL
Hrách	90,0±2,32 ^a	10,6±3,4 ^a	26,8±11,80 ^a	8,5±0,78 ^a	91,5±0,78 ^a	26,8±2,10 ^a	38,3±2,00 ^a	16,7±0,96 ^b
Lupina	49,6±7,66 ^b	5,4±1,54 ^b	19,4±7,51 ^b	7,3±1,49 ^b	92,7±1,49 ^b	21,4±2,27 ^b	33,5±4,07 ^b	25,5±0,79 ^a

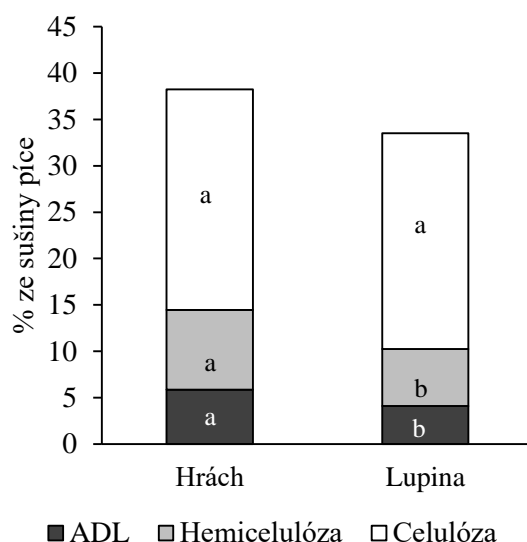
Pokusné porosty se na první pohled významně lišily svou výškou i hektarovým výnosem, kdy hrách dosáhl průměrné výšky 90,0 cm a výnosu suché hmoty 10,6 t/ha, zatímco výrazně nižší porost lupiny (průměrně 49,6 cm) poskytl zhruba pouze poloviční množství sklizené píce (5,4 t suš./ha). Z hlediska hektarového výnosu se jako nejperspektivnější jevila píce hrachu setého odrůdy Salamanca sklizená ve fázi voskové zralosti při hektarovém výnosu 16,0 t suš./ha. Ranější fáze této plodiny dosáhly produkce 7,38 t suš./ha (I. fáze tj. plný květ) a 7,87 t suš./ha (II. fáze tj. konec kvetení, počátek plnění lusků). V případě pozdější sklizně, tedy v plné zralosti lusků, se hektarový výnos snižoval (11,1 t suš./ha), což bylo pravděpodobně důsledkem opadávání postupně usychajících listů. Naproti tomu u porostu lupiny bílé byl nejvyšší hektarový výnos zelené píce zaznamenán při druhém odběru (7,28 t suš./ha). Pozdější, tedy III. a IV. růstová fáze porostu této plodiny již dosahovaly hektarových výnosů o více než 20 % nižších (tj. 5,68 a 5,64 t suš./ha). Pozorovaný pokles byl pravděpodobně opět převážně dílem senescence rostlin, spojené s usycháním a opadáváním vegetativních částí.

Procento sušiny zelené píce obou plodin dle očekávání vzrůstalo v čase od prvního k poslednímu odběru, u hrachu od 17,2 do 46,8 % (průměrně 26,8 %), v případě lupiny pak od 14,0 do 32,2 % (průměrně 19,4 %). Celkově tak lze říci, že píce hrachu vykazovala postupně ve všech fázích sklizně vyšší podíl suché hmoty, který byl zvláště patrný v závěru vegetace (rozdíl 14,6 %).

Ve sklizeném materiálu byl sledován rovněž obsah popelovin stanovený gravimetricky po spálení v muflové peci při 550°C. V píci hrachu v průběhu sledovaného období představovaly popeloviny průměrně 8,50 % (resp. tvořily od 7,66 do 9,65 %). V píci lupiny byl během sledovaných vegetačních fází pozorován postupný klesající obsah popelovin od 9,50 do 5,33 %, celkem tedy průměrně 7,32 %.

Z hlediska celkové stravitelnosti krmiva je významným parametrem obsah vlákniny, jelikož právě její podíl limituje stravitelnost organické hmoty. Pojem vláknina zahrnuje celulózu, hemicelulózu a nestravitelné inkrustující látky jako například lignin, který v tomto směru hraje zcela zásadní roli. Obecně platí, že čím je vyšší obsah vlákniny v krmivu, tím je zpravidla rozložitelnost organické hmoty v trávicím traktu nižší (Zeman et al. 2006). Na obsah hrubé vlákniny byla dle rozborů nejbohatší píce hrachu ve fázi plné zralosti (30,0 %), průměrně za celé sledované období pak 26,8 %. Pro srovnání, píce lupiny sklizená v téže fázi vegetace obsahovala o bezmála 7 % hrubé vlákniny méně (23,1 %) s celkovým průměrem za všechny odběry 21,4 %.

V průběhu pokusu (se stupněm zralosti) byl u obou plodin pozorován postupný mírný nárůst podílu NDF z celkového obsahu sušiny, který v konečné fázi dosáhl 41,2 % u hrachu a 38,6 % u lupiny, průměrně potom 38,3 a 33,5 %, jak je patrné z grafu 1. Při stanovení obsahu ADF, jež zpravidla tvoří majoritní podíl z NDF, nebyly mezi hrachem a lupinou, zvláště v závěrečných fázích vegetace, zjištěny významnější rozdíly. Uvedená frakce vlákniny totiž v konečné fázi vegetace představovala 28,8 a 29,1 % z celkového obsahu sušiny zelené píce.



Graf 1 Porovnání průměrného obsahu NDF a jejích základních složek mezi hrachem a lupinou

Z hlediska obsahu celulózy nebyly mezi pokusnými plodinami celkově ani mezi jednotlivými fázemi sklizně nalezeny významnější rozdíly. U hrachu se obsah celulózy pohyboval v rozmezí od 22,9 do 25,8 % (průměrně 23,8 %) v případě lupiny potom od 20,9 do 25,9 % (průměrně 23,3 %). Uvedený polysacharid tak byl nejvíce zastoupenou složkou NDF, jak je zřejmé z grafu 2.

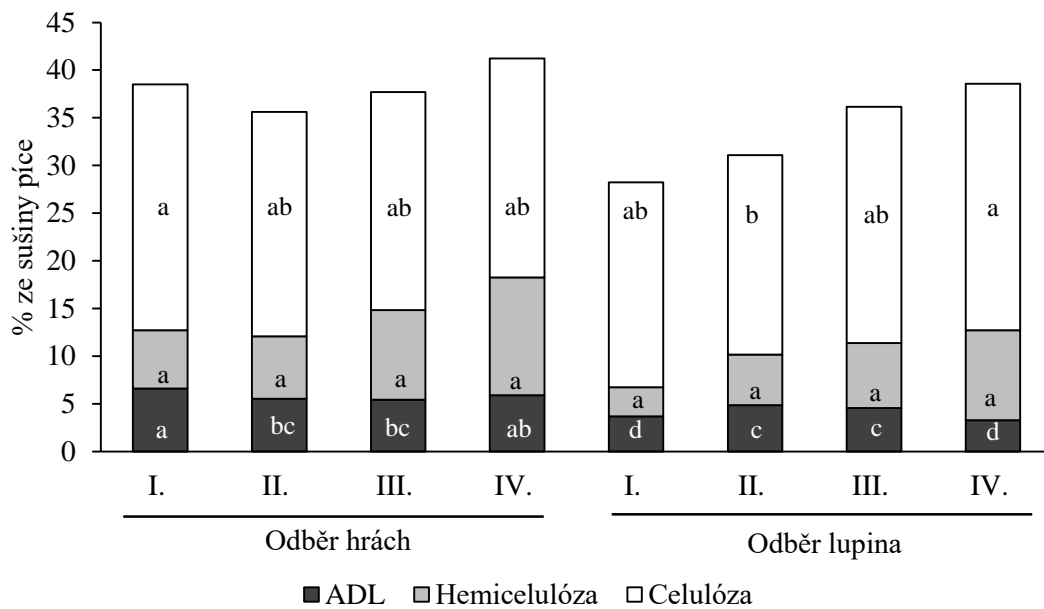
Rozdíl v chemické struktuře sledovaných sacharidů (celulózy a hemicelulóz) spočívá v zastoupení monomerních jednotek. Zatímco celulóza je polysacharidem složeným pouze z glukózových jednotek, hemicelulózy jsou tvořeny širším spektrem monomerů, jako jsou glukóza, xylóza, manóza, arabinóza, fruktóza, glukuronová či galakturonová kyselina (Koukolová et al. 2010).

Hrachová píče byla v porovnání s lupinou rovněž bohatší na obsah hemicelulóz (8,62 vs. 6,15 %). Podíl této složky NDF na celkovém obsahu sušiny píče obou plodin vykazoval významný vzrůstající trend v průběhu vegetace. Zastoupení hemicelulózy v hrachu a lupině od fáze plného květu po plnou zralost postupně narostlo až na dvoj- a trojnásobek, přesněji od 6,12; přes 6,53 a 9,41 % na 12,4 % v případě hrachu a od 3,07, přes 5,29 a 6,81 % po 9,44 % u lupiny.

Lignin je vysokomolekulární sloučeninou fenolického charakteru, jehož úloha spočívá v příčném spojování celulózových vláken ve stěnách rostlinných buněk. Vznik těchto komplexů omezuje působení trávicích enzymů. Obsah ligninu, který je tak zcela zásadním faktorem limitujícím stravitelnost organických živin v krmivech rostlinného původu, byl celkově téměř o polovinu vyšší v hrachu (5,86 %) oproti lupině (4,09 %), přičemž tyto rozdíly byly zvláště patrné v I. a IV. fázi sklizně (6,61 vs. 3,68 % a 5,89 vs. 3,28 %).

Z hlediska obsahu N-látek byl nalezen statisticky průkazný rozdíl mezi oběma sledovanými plodinami, přičemž píče lupiny bílé vykazovala o téměř 9 % vyšší průměrný obsah N-látek v porovnání s hrachem setým (25,5 vs. 16,7 % průměrně za celou sledovanou dobu vegetace).

V průběhu daného období bylo zaznamenáno u obou plodin mírné kolísání obsahu N-látek v rozmezí 15,3 až 18,0 % u hrachu a 24,3 až 26,3 % u lupiny.



I. plný květ, začínající tvorba lusků
 III. vosková zralost, bez květů

II. konec kvetení, plnicí se lusky
 IV. plná zralost, opadávající listy

Graf 2 Obsah NDF v zelené píči hrachu a lupiny
 Římské číslice označují termíny sklizně v jednotlivých růstových fázích porostu.

6 Diskuse

Průměrná výška rostlin hrachu setého v našem experimentu dosahovala 90 cm. V porovnání s průměrnou výškou rostlin hrachu dle zjištění Frasiera et al. (2001), kdy rostliny v jednotlivých termínech sklizně dosahovaly výšky od 88 do 123 cm. Výška rostlin v porostu hrachu polního je velmi variabilní záležitostí, jelikož různé typy (listnaté a úponkové) se vyznačují odlišnou náchylností k poléhání. I proto je, mimo výhody modifikace výsledných nutričních parametrů sklizené píce, hrách často pěstován ve směsi s obilninami (Mihailović et al. 2011; Kocer & Albayrak 2012; Seydosoglu & Bengisu 2019;) Tyto směsi jsou schopné lépe využívat světlo, dostupné minerální živiny i vodu, či potlačovat růst nežádoucích plevelů (Neugschwandtner & Kaul 2014).

Průměrný hektarový výnos sušiny píce hrachu dosáhl 10,6 tuny z hektaru (t/ha), což je hodnota mírně vyšší, než uvádí Mikić et al. (2013) 9,6 t/ha a téměř dvakrát vyšší v porovnání s výsledky dalších autorů, zabývajících se danou problematikou (Frasier et al. 2001; Borreani et al. 2007;). Borreani et al. (2007) uvádí průměrný hektarový výnos zelené píce hrachu 5,23 t/ha. Frasier et al. (2001) pak 5,8 t/ha, což odpovídá 34,9 tuny z hektaru v hodnotě čerstvé rostlinné hmoty. Tedy cca poloviční výnos oproti odpovídajícím údajům, které uvádí Płaza et al. (2019) pro hrách odrůdy Roch (64,6 tuny čerstvé hmoty z hektaru). Výnosovým potenciálem hrachu sklizeného na zeleno se podrobně zabývali například Uzun et al. (2017). Z dvouletého pokusu provedeného se čtyřmi odrůdami hrachu, v pěti různých hustotách setí vyvozují, že rostoucí počet rostlin na metr čtvereční (až do 150 kusů) zvyšuje finální hektarový výnos, který byl stanoven na průměrných 7,64 t/ha, resp. v rozmezí 5,74-9,79 t/ha dle konkrétní odrůdy a ročníku. Dané zjištění potvrzuje, že průměrný hektarový výnos sušiny hrachové píce je záležitostí genetickou (odrůdovou) i působení přírodních a agrotechnických faktorů (ročníku, hustoty setí, aj.).

Stejně jako v našem experimentu, rovněž Frasier et al. 2001 uvádí vzrůstající procentuální obsah sušiny v období od 10. do 14. týdne stáří rostlin hrachu ($15,2 < 15,4 < 20,6$ %), což odpovídá I., II. a III. fázi sklizně v našem experimentu, kde však byly zaznamenány mírně vyšší obsahy sušiny ($17,2 < 19,4 < 23,9$ %), přičemž v poslední sklizňové fázi dosáhl daný parametr hodnoty až 46,8 %. Frasier et al. (2001) již ale hodnoty odpovídající této růstové fázi neuvádí. Stanovení obsahu sušiny, resp. dosažení určitého procenta je důležité zejména pro správný průběh silážování, vedle sušení dalšího významného způsobu konzervace píce (objemných krmiv pro skot). Silážování je procesem fermentace rostlinného materiálu působením epifytní mikroflóry (s možným přidavkem různých inokulantů). Tímto anaerobním procesem dochází zejména k přeměně jednoduchých sacharidů na tzv. těkavé mastné kyseliny (mléčnou, octovou a propionovou) a tím k žádoucímu poklesu hodnoty pH (Tyrolová & Výborná 2009; Borreani et al. 2006).

Lupina, druhá luskovina zařazená do našeho experimentu, i pro svůj výrazně nižší vzrůst (průměrně 49,6 cm) dosáhla hektarového výnosu průměrně pouhých 5,4 tuny. Podobné hodnoty uvádí Frasier et al. (2005b) 6,0 t/ha nebo Faligowska et al. (2014) 5,7 t/ha. Nižšího výnosu (4,8 t/ha) dosáhli Borreani et al. (2009). Naopak o více než 60 % vyšší průměrný výnos (8,8 a 8,9 t/ha) zjistili Mikić et al. (2013) a Azo et al. (2012). K vyšším hodnotám dospěli i Płaza et al. (2015), během tříletého pokusu s lupinou úzkolistou zjistili průměrnou produkci

suché hmoty 8,1 t/ha (resp. vlivem ročníku a období sklizně představovalo sklizené množství 6,4-9,1 t/ha). Celkové množství produkce se přirozeně do značné míry odvíjí od růstové fáze plodiny, ve které byla provedena sklizeň. Płaza et al. (2015) uvádí až téměř trojnásobný nárůst hmotnosti sklizené produkce úzkolisté lupiny v počáteční fázi tvorby lusků (12,0 t/ha) oproti sklizni kvetoucího porostu (4,3 t/ha). Sklizeň v pozdější vegetační fázi na jednu stranu přináší vyšší množství hmoty obvykle s vyšším procentem sušiny, na druhou stranu však dochází k poklesu obsahu dusíkatých látek a mnohdy i ke snížení stravitelnosti píce v důsledku postupné lignifikace stárnoucích rostlinných pletiv (Tyrolová & Výborná 2009).

Obsah popelovin v hrachové píci, stanovený jako hmotnost zbytku po spálení vzorku v muflové peci, činil průměrně za celou dobu sledování 8,5 % z hmotnosti sušiny. Stanovený obsah minerálních látek tak představuje o 0,3; 0,6 a 1,0 % více v porovnání s výsledky autorů Seydosoglu a Bengisu (2019), Płaza et al. (2019) a Borreani et al. (2009), kteří stanovili obsah popelovin v hrachové píci na 8,2; 7,9 a 7,5 %.

V suché hmotě píce lupiny byl stanoven obsah popelovin o 1,2 % nižší v porovnání s hrachem, tedy 7,3 %. Srovnatelných hodnot dosahuje dle Płazy et al. (2017) lupina úzkolistá, průměrně 8,0 % (obsah se v rámci dvouletého pokusu pohyboval v rozmezí 7,2-8,4 %). Na minerální látky mírně bohatší lupinu bílou (9,1 %) vypěstovali Borreani et al. (2009). Naopak nižším zastoupením popelovin (6,6 %) se vyznačovaly odrůdy lupiny úzkolisté Borweta a Bordako, analyzované Fraserem et al. (2005a). Z našich výsledků dále plyne značný rozdíl obsahu popelovin v lupině mezi jednotlivými sklizňovými termíny. Od fáze plného květu, přes konec kvetení, voskovou zralost semen až po plnou zralost byl sledován postupný výrazný pokles (9,5 > 7,6 > 6,9 > 5,3 %). Pokles obsahu popelovin, i když poněkud mírnější (kvetení 8,5 %, počátek tvorby lusků 7,5 %), rovněž zjistili Płaza et al. (2017).

Zjištěný průměrný obsah hrubé vlákniny v hrachové píci 26,8 % velmi dobře odpovídá výsledkům (24,7 %) autorů Płaza et al. (2019). Náš průměrný údaj byl vypočten ze čtyř sklizňových termínů, kde se obsah CF pohyboval v rozmezí od 24,9 % až do 30,0 %, přičemž nebyl jednoznačně potvrzen postupný nárůst podílu CF v průběhu vegetace, jak tvrdí například právě autoři Płaza et al. (2019). Datum sklizně je dle Płazy et al. (2019) v případě pěstování pícnin určených na zelené krmení zcela klíčovým faktorem, ovlivňujícím výslednou kvalitu píce. S postupující vegetační fází rostliny totiž vzrůstá podíl hrubé vlákniny i dalších jejích frakcí, čímž je negativně ovlivněna výsledná stravitelnost, a tedy kvalita produkovaného krmiva.

Obsah celkové vlákniny v píci lupiny se pohyboval v rozmezí 18,0 až 23,8 % (průměrně 21,4 %), což je cca o 5 % méně v porovnání s hrachem (26,8 %). Lupina úzkolistá je dle rozborů Płazy et al. (2017) relativně bohatší na hrubou vlákninu (průměrně 26,8 %) oproti lupině bílé z našeho pokusu. Výsledky těchto polských autorů opět pocházejí z tříletého pokusu, kde bylo zjištěno rozmezí obsahu CF od 25,7 do 27,5 %. Jejich dalším zjištěním byla i skutečnost, že dříve sklizená píce (kvetoucí rostliny vs. počátek tvorby lusků) se vyznačovala pouze mírně nižším podílem CF (26,2 vs. 27,3 %).

Ke stanovení CF je využívána dvoustupňová hydrolyza (slabě kyselá a slabě zásaditá). Výsledky této analýzy jsou často užívány k popisu nutriční kvality krmiv, ačkoliv nezahrnují hemicelulózu a část ligninu a nepostihují tedy všechny složky vlákniny (Pozdíšek et al. 2008). Pro komplexní charakteristiku sacharidových složek krmiv moderního systému výživy

hospodářských zvířat (zejména skotu) je tedy vhodnější detailnější a přesnější chemický rozbor, kterým je stanovení NDF, ADF, obsahu škrobu, cukrů a poměru mezi zmíněnými složkami (Pozdíšek et al. 2008; Kostkan & Hlaváčová 2010a; Płaza et al. 2019).

Sušina hrachové píce (odrůdy Salamanca) byla, dle našich rozborů, průměrně z 38,3 % tvořena složkami neutrálně detergentní vlákniny. Na obsah NDF významně chudší píci (29,5 %) sklidili Borreani et al. (2009) při pokusu se semi-leafless odrůdou Alembo. O více než 5 % vyšší podíl NDF (43,7 a 44,3 %) z celkové suché hmoty hrachu dále uvádí například autoři Seydosoglu a Bengisu (2019) a Płaza et al. (2019). Naprostá většina jiných vědeckých pokusů však došla k výsledkům srovnatelným s našimi, nebo i vyšším. Kocer a Albayrak (2012) experimentovali s odrůdou Kirazli a v průběhu dvouletého pokusu došli k průměrné hodnotě obsahu NDF 38,3 % sušiny. K mírně vyšším hodnotám (40,4 %) dospěli Fraser et al. (2001) pěstováním hrachu odrůdy Magnus. Uzun et al. (2017) uvádí průměrnou hodnotu z pokusů se čtyřmi tureckými odrůdami hrachu (typu listového – Urunlu, Golyazi a typu semi-leafless – Ulubatli, Kirazli) 36,7 %. Jelikož se jednalo o dvouletý pokus, stejně jako v případě Kocera a Albayraka (2012), pohybují se jimi publikované hodnoty v relativně širokém rozmezí od 30,2 do 43,6 %.

Vezmeme-li v potaz jednotlivé odběry našeho pokusu, pak byl nejvyšší podíl NDF (suma celulózy, hemicelulózy a ligninu) zaznamenán při posledním vzorkování, tedy ve fázi plné zralosti lusků (41,2 %). Tento nárůst byl zapříčiněn především výrazným zvýšením obsahu hemicelulózy. Procentuální podíl této složky na sušině sklizené hmoty hrachu se za dobu sledování zdvojnásobil (z 6,1 % ve fázi plného květu po 12,4 % v plné zralosti lusků). Podíl celulózy během stejného období spíše klesl (z 25,8 na 23,0 %) a zastoupení ligninu se po celou dobu pohybovalo v úzkém rozmezí 5,4 až 6,6 %. Z hlediska výživy hospodářských zvířat se jedná o zcela klíčový parametr krmiv (zejména objemných), jelikož jak konstatuje například Uzun et al. (2017), s rostoucím podílem NDF v krmivu obvykle klesá příjem krmiva zvířetem a prodlužuje se doba zdržení krmiva v batoru.

Lupina bílá (odrůda Zulika) se v porovnání s hrachem vyznačovala nižším podílem NDF (33,5 vs. 38,3 %). Dříve publikované výsledky vědeckých prací jiných autorů se v tomto parametru značně rozcházejí. Borreani et al. (2009) uvádí relativně podobné hodnoty analýz rovněž píce lupiny bílé (odrůdy Gamma) 36,3 %. Publikované výsledky jiných výzkumníků (Fraser et al. 2005b; Faligowska et al. 2014) se vztahují k lupině úzkolisté. Fraser et al. (2005b) uvádí, na základě pokusů s odrůdami Arthur a Nelly, průměrný obsah NDF 39,6 %, zatímco Faligowska et al. (2014) naměřili v témže druhu lupiny (blíže nespecifikované odrůdy) ve svém tříletém polním pokusu podíl NDF na sušině píce pouze 27,9 %. Současně mezi jednotlivými odběry neshledali statisticky průkazný rozdíl v obsahu NDF (27,3 vs. 28,5 %). Ke zcela odlišným výsledkům však dospěli Fraser et al. (2005b), kdy byl s postupující vegetační fází (od 12,5 týdne vždy s dvoutýdenním odstupem) pozorován významně rostoucí podíl NDF (31,7 < 37,5 < 43,9 < 45,2 %). Tento trend byl zaznamenán rovněž v našem experimentu od I. ke IV. odběru 28,2 < 31,1 < 36,1 < 38,6 %. Navýšení podílu NDF bylo zapříčiněno zřejmým nárůstem obsahu celulózy (z 21,5 % na konečných 25,9 %) a především pak hemicelulózy (z 3,1 na 9,4 %) podobně jako v případě hrachu. Vzrůstající podíl složek NDF je s vysokou pravděpodobností záležitostí zpevnování buněčných stěn rostlinných pletiv s postupující vegetační fází.

Fraser et al. (2001) naměřili relativně velmi podobné hodnoty ADF v píce hrachu (odrůdy Magnus) v období od 10. do 14. týdne vegetace (30,4; 31,0; 31,4 %), což velmi dobře odpovídá výsledkům našich analýz hrachu odrůdy Salamanca (32,4; 29,1; 28,3 %) v odpovídajícím období (tj. I., II. a III. odběr). V obsahu ADF nebyla zaznamenána výrazná změna (28,8 %) ani při následujícím odběru o týden později ve fázi plné zralosti. Ke srovnatelným hodnotám (29,9 %) dospěli v pokusech s hrachem odrůdy Gap Pink rovněž Seydosoglu a Bengisu (2019) nebo Uzun et al. (2017), kteří za dvouletý pokus se čtyřmi odrůdami hrachu uvádí průměrně podíl ADF 29,2 %, pohybující se v relativně úzkém rozpětí hodnot (27,5-31,5 %). Mírně nižší obsah (25,8 %) byl naměřen během jiného pokusu v Turecku, provedeného Kocerem a Albayrakem (2012). Sklizeň však byla provedena v době, kdy byl porost teprve v polovině kvetení. Výsledky tak mohou být částečně ovlivněny i dřívější sklizní oproti experimentům jiných pokusníků. Významně nižší zastoupení ADF (22,0 %) v polovině dozrání hrachu naměřili Borreani et al. (2009).

Z hlediska průměrného obsahu ADF byl mezi hrachem a lupinou nalezen pouze minimální rozdíl (29,6 vs. 27,4 %). Podobné hodnoty (30,8 %) uvádí rovněž Borreani et al. (2009). Rozsáhlý výzkum pro objasnění vlivu genetického základu a vlivu lokality na kvalitu píce lupiny bílé byl uskutečněn ve Virginii v USA. Bhardwaj et al. (2010) na třech lokalitách s různými půdními i teplotními podmínkami prostředí pěstovali celkem dvacet genotypů lupiny. Na základě naměřených dat právě lokalitu a její specifické klimatické i půdní podmínky označili za nejvýznamnější faktor, ovlivňující výslednou kvalitu sklizené píce (zvláště pak obsah ADF). Průměrné stanovené hodnoty obsahu ADF 23,7 % se v rámci celého souboru vzorků pohybovaly ve značně širokém rozmezí 17 až 41 %. Při porovnávání jednotlivých lokalit mezi sebou došli k závěru, že v chladnější oblasti (Orange) představovala ADF 18,9 % sušiny píce, zatímco v teplejší oblasti (Suffolk) tvořila ADF téměř třetinu suchého podílu (30,4 %).

Acidodetergentní lignin v hrachové píce v průběhu pokusu (mezi jednotlivými odběry) představoval velmi stabilní podíl na celkové sušině (od 5,4 do 6,6 %), průměrně potom 5,9 %. Zjištěné hodnoty jsou tak více než 2,5krát vyšší ve srovnání s výsledky (2,2 %) analytických měření, které uskutečnili Borreani et al. (2009). Fyziologický význam ligninu pro rostliny spočívá ve vytváření pevných vazeb s polysacharidy rostlinných buněčných stěn (podstata příčných propojení celulóзовých vláken), čímž zvyšuje jejich pevnost i chemickou odolnost (Heldt & Piechulla 2011). Ve výživě zvířat je potom přítomnost, resp. podíl ligninu v rostlinném materiálu zásadním faktorem, ovlivňujícím celkovou stravitelnost objemného krmiva přežvýkavci, jelikož snižuje využitelnost organických živin, jako jsou celulóza, hemicelulóza, ale i sacharidy obsažené v buněčné protoplazmě (Koukolová et al. 2010).

Obsahem ligninu hrachová píce převyšovala píci lupinovou (5,9 > 4,1 %). Borreani et al. (2009) v lupině naměřili ještě menší podíl ADL (3,6 %). V uvedené studii zařadili pro srovnání ještě fazol, který se svým obsahem ligninu 5,9 % vyrovnal hrachu.

Lupina a hrách nebo luskoviny obecně jsou celosvětově hojně využívány jako rostlinná bílkovinná krmiva (náhrada krmiv živočišného původu) pro výživu hospodářských zvířat. Vedle krmivářského významu jsou ceněné z pohledu agronomického, jelikož díky fixaci vzdušného dusíku zprostředkované symbiózou s tzv. hlízkovými bakteriemi v pozitivním smyslu ovlivňují půdní úrodnost (Borreani et al. 2009; Faligowska et al. 2014). Celkový obsah

dusíkatých látek stanovený metodou dle Kjeldahla se u hrachové píce pohyboval v rozmezí 15,3 až 18,0 % (průměrně 16,7 %). Naše výsledky jsou tak v těsné shodě s dřívějšími zjištěními Fräsera et al. (2001), který uvádí průměrnou hodnotu 17,3 % či Uzuna et al. (2017) průměrně 17,1 % resp. v rozmezí od 15,6 do 18,7 %. K podobným výsledkům (16,0 a 16,1 %) dospěli rovněž Seydosoglu a Bengisu (2019) nebo Kocer a Albayrak (2012). Fraser et al. (2001) navíc uvádí mírně vyšší obsah dusíkatých látek v dřívějších růstových fázích (10. týden od vysetí; 20,3 %) oproti fázím pozdějším (12. a 14. týden od vysetí; 15,7 a 15,9 %). Obdobný trend byl pozorován rovněž v našem experimentu, kde fáze odběru a výsledky měření odpovídaly 11.; 12.; 13. a 14. týdnu vegetace (18,0; 16,5; 17,1 a 15,3 %). Mírný pokles obsahu NL mezi fází tvorby lusků (16,4 %) a mléčnou zralostí (15,6 %) u hrachu zaznamenali též Seydosoglu a Bengisu (2019).

Lupina je dle našich výsledků, ve srovnání s hrachem, podstatně bohatší na dusíkaté látky. Zatímco sušina zelené píce lupiny byla z celé čtvrtiny (25,5 %) tvořena dusíkatými látkami, v sušině hrachu tvořily cca jednu šestinu (16,7 %). K mírně nižším obsahům dusíkatých látek v lupině (23,9 a 21,7 %) dospěli Borreani et al. (2009) nebo Azo et al. (2012). Dále pak Fraser et al. (2005a) 19,4 % a již významně nižší hodnoty (15,8 a 15,0 %) vycházející z tříletých polních pokusů s lupinou úzkolistou uvádí Faligowska et al. (2014) či Płaza et al. (2017). Yeheyis et al. (2012) na základě analýzy rozsáhlého souboru různých odrůd lupiny pěstovaných na čtyřech lokalitách v Etiopii, uvádí velmi podobné obsahy hrubého proteinu pro lupinu bílou 20,5 % (od 15,8 do 30,2 %), žlutou 22,2 % (od 17,2 do 27,3 %) i úzkolistou 23,2 % (od 17,9 do 28,6 %). Široká rozpětí hodnot jsou dána odrůdovými charakteristikami a pěstebními podmínkami jednotlivých lokalit. Významně nižší hodnoty (průměrně 15,0 %; v rozmezí od 14,2 do 15,6 %) v lupině úzkoliste potom zaznamenali polští autoři Płaza et al. (2015). V obsahu dusíkatých látek byl některými autory pozorován zcela opačný trend oproti NDF, resp. Fraser et al. (2005b) zjistili trend mírně klesajícího obsahu NL s postupující vegetační fází v píci lupiny úzkoliste (odrůd Arthur a Nelly, měřeno 24 hod po zavadnutí) $21,1 > 19,5 > 18,7 > 18,6$ %. K podobnému zjištění (rozdíl mezi dřívější a pozdější sklizní) došli i Faligowska et al. (2014). Ve fázi počátku plnění lusků lupiny úzkoliste (odpovídající našemu II. odběru) uvádí průměrně 17,7 %, přičemž do fáze zelených semen (odpovídá našemu III. odběru) došlo k poklesu NL na 13,9 %. Obdobné výsledky uvádí také Płaza et al. (2017) od fáze kvetení 15,2 % po počátek plnění lusků 14,7 %. Pokles obsahu hrubého proteinu v pozdějších růstových fázích byl dále pozorován tímto výzkumným týmem (Płaza et al. 2015) rovněž u lupiny úzkoliste (kvetení 15,3 % > počátek plnění lusků 14,7 %). Bhardwaj et al. (2010) uvádí obsah hrubého proteinu 18,7 %, který byl získán jako průměr z naměřených hodnot pohybujících se v rozmezí 13 až 29 %. Ve srovnání s ADF byl obsah hrubého proteinu podmínkami lokality ovlivněn méně (přesto však byl rozdíl patrný), jelikož průměrné hodnoty za všechny tři oblasti pěstování představovaly 16,7; 21,3 a 18,1 %. Jistý vliv environmentálních podmínek potvrzují též Faligowska et al. (2014) v jejichž studii byly ve třech po sobě jdoucích letech zaznamenány různé průměrné obsahy hrubého proteinu (18,6; 14,7 a 14,1 %). Jejich výsledky tak naznačují, že nejenom celkový výnos suché hmoty, ale i obsah hrubého proteinu je z určité části ovlivněn ročníkem, resp. průběhem počasí.

7 Závěr

Lupina bílá a hrách setý nebo luskoviny obecně jsou využívány jako rostlinná bílkovinná krmiva. Jsou vhodnou náhradou živočišných bílkovinných krmiv a možnou alternativou k sójovému a řepkovému extrahovanému šrotu. Lupinová i hrachová semena nalézají uplatnění ve výživě prasat, drůbeže, i ryb. Obě tyto plodiny je však možné sklízet a využívat rovněž jako pícniny, tedy pro produkci objemných krmiv (zkrmovat tzv. na zeleno nebo ve formě siláží) s vysokým obsahem bílkovin, vhodných pro přežvýkavce. Mimo krmivářského účelu jsou luskoviny ceněné také z agronomického pohledu. Díky symbióze s tzv. hlízkovými bakteriemi pozitivně ovlivňují půdní úrodnost a není nutná aplikace dusíkatých hnojiv.

Tyto plodiny představují pro zemědělce možnost, jak v relativně krátkém intervalu získat značné množství kvalitního krmiva s vysokou výživovou hodnotou a chutností. Nicméně pro získání kvalitní zelené píce pro silážování je důležité správně vystihnout termín sklizně, kdy píce obsahuje dostatečné množství sušiny vhodné pro silážování a zároveň optimální množství dusíkatých látek.

Z předložených výsledků se u obou plodin (lupiny bílé odrůdy Zulika a hrachu setého odrůdy Salamanca) jeví jako nejvhodnější fáze voskové zralosti (III. růstová fáze, bez květů). Hrách dosáhl v této fázi nejvyššího množství dusíkatých látek (17,1 %) a dostatečného podílu sušiny (23,9 %). Ve IV. fázi, tedy ve fázi plné zralosti a opadávajících listů, již obsah dusíkatých látek klesal, a naopak sušina dosahovala hodnot až 46,8 %. Tato hodnota vypovídá již o velmi suchém porostu, kdy docházelo k velkým ztrátám hmoty opadáváním odumírajících listů, které se projevilo snížením výnosu (16,0 vs. 11,1 t suš./ha).

Lupina vykazovala ve III. růstové fázi nižší podíl dusíkatých látek proti IV. fázi (24,3 vs. 26,1 %), nicméně tuto IV. fázi již není vhodné doporučit z důvodu zvyšujícího se podílu NDF, který by negativně limitoval množství přijatého krmiva zvířaty. Spolu se zvyšováním NDF dochází také k lignifikaci rostlinných pletiv, a tedy zvýšení podílu ligninu, který by měl negativní vliv na konečnou stravitelnost krmiva.

Výsledky dále dokládají celkově nižší obsah hrubé vlákniny v zelené píci lupiny oproti hrachu (21,4 vs. 26,8 %), který byl patrný a statisticky průkazný zejména v poslední fázi (23,1 vs. 30,0 %), stejně tak jako podíl NDF (průměrně 33,5 vs. 38,3 %). Z hlediska obsahu dusíkatých látek lupina významně převyšovala hrách, a to v průběhu celého sledovaného vegetačního období (průměrně 25,5 vs. 16,7 %), což potvrzuje stanovenou hypotézu. Objemná krmiva na bázi lupiny, sklizená ve fázi voskové zralosti, tak lze doporučit jako dieteticky vhodnou složku krmných směsí pro výživu mono- i polygastrických hospodářských zvířat.

8 Literatura

Archer BJ, Johnson SK, Devereux HM, Baxter AL. 2004. Effect of fat replacement by inulin or lupin-kernel fibre on sausage patty acceptability, post-meal perceptions of satiety and food intake in ment. *British Journal of Nutrition* **91**:591-599.

Arnoldi A, Boschin G, Resta D, Scigliuolo G, Sirtori E. 2011. The nutraceutical properties of lupin seed: focus on proteins and peptides. In: Abstract of the 13th International lupin conference. Lupin crops – an opportunity for today, a promise for the future. Poland.

Association of Official Analytical Chemists. 2005. *Official Methods of Analysis*, 18th ed. AOAC International, Gaithersburg, USA.

Azo WM, Lane GPF, Davies WP, Cannon ND. 2012. Bi-cropping white lupins (*Lupinus albus* L.) with cereals for wholecrop forage in organic farming: The effect of seed rate and harvest dates on crop yield and quality. *Biological Agriculture & Horticulture* **28**:86-100.

Bhardwaj HL, Starner DE, van Santen E. 2010. Preliminary Evaluation of White Lupin (*Lupinus albus* L.) as a Forage Crop in the Mid-Atlantic Region of the United States of America. *Journal of Agricultural Science* **2**:13-17.

Borreani G, Cavallarin L, Antoniazzi S, Tabacco E. 2006. Effect of the stage of growth, wilting and inoculation in field pea (*Pisum sativum* L.) silages. I. Herbage composition and silage fermentation. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **86**:1377-1382.

Borreani G, Chion AR, Colombini S, Odoardi M, Paoletti R, Tabacco E. 2009. Fermentative profiles of field pea (*Pisum sativum*), faba bean (*Vicia faba*) and white lupin (*Lupinus albus*) silages as affected by wilting and inoculation. *Animal Feed Science and Technology* **151**:316-323.

Borreani G, Peiretti PG, Tabacco E. 2007. Effect of harvest time on yield and pre-harvest quality of semi-leafless grain peas (*Pisum sativum* L.) as whole-crop forage. *Field Crops Research* **100**:1-9.

ČSÚ. 2019. Český statistický úřad. Definitivní údaje o sklizni zemědělských plodin – 2018. Available from:

<https://www.czso.cz/documents/10180/91232919/2701411902.pdf/1a71970d-4b50-4e54-a961-957378051f80?version=1.0> (accessed February 2020).

Di Grande A, Paradiso R, Amico S, Fulco G, Fantauzza B, Noro P. 2004. Anticholinergic toxicity associated with lupin seed ingestion: case report. *European Journal of Emergency Medicine* **2**:119-120.

Dreamstime. 2020. Life cycle of blue lupine plant on a white background. Available from <https://www.dreamstime.com/life-cycle-blue-lupine-plant-white-background-beautiful-illustration-life-cycle-blue-lupine-plant-white-background-image135471862> (accessed March 2020).

Faithfull NT. 2002. *Methods in Agricultural Chemical Analysis: a Practical Handbook*. CABI publishing. 38-40.

- Faligowska A, Selwet M, Panasiewicz K, Szymańska G, Smiatacz K. 2014. The Effect of Forage Harvest Date and Inoculation on the Yield and Fermentation Characteristics of Narrow-Leaved Lupin (*Lupinus angustifolius*) When Ensiled as a Whole Crop. *Legume Research* **37**:621-627.
- Fraser MD, Fychan R, Jones R. 2001. The effect of harvest date and inoculation on the yield, fermentation characteristics and feeding value of forage pea and field bean silages. *Grass and Forage Science* **56**:218-230.
- Fraser MD, Fychan R, Jones R. 2005a. Comparative yield and chemical composition of two varieties of narrow-leaved lupin (*Lupinus angustifolius*) when harvested as whole-crop, moist grain and dry grain. *Animal Feed Science and Technology* **120**:43-50.
- Fraser MD, Fychan R, Jones R. 2005b. The effect of harvest date and inoculation on the yield and fermentation characteristics of two varieties of white lupin (*Lupinus albus*) when ensiled as a whole-crop. *Animal Feed Science and Technology* **119**:307-322.
- Froidmont E, Bartiaux-Thill N. 2004. Suitability of lupin and pea seeds as a substitute for soybean meal in high-producing dairy cow feed. *Animal Research* **53**:475-487.
- Hall RS, Johnson SK, Baxter AL, Ball MJ. 2005. Lupin kernel fibre-enriched foods beneficially modify serum lipids in men. *European Journal of Clinical Nutrition*, **59**:325-333.
- Harazim J, Pavelek L, Čerešňáková Z, Homolka P, Třináctý J, Jambor V, Pozdíšek J, Zeman L. 1999. Metodika pro stanovení degradovatelnosti dusíkatých látek a aminokyselin krmiv v bachoru přežvýkavců (Metoda „in situ, nylon bag“). Sborník mezinárodní vědecké konference. „Stanovení využitelnosti živin u přežvýkavců“. Opava: Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský v Brně.
- Heldt H-W, Piechulla B. 2011. *Plant Biochemistry: Phenylpropanoids comprise a multitude of plant secondary metabolites and cell wall components*. Academic Press. Cambridge.
- Homolka P, Koukolová V, Kudrna V, Jančík F, Skřivanová V. 2008. Využití lupiny ve výživě skotu. Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i., Praha, Metodika.
- Homolka P, Kudrna V. 2007. Uplatnění lupiny ve výživě přežvýkavců. Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i., Praha, Vědecký výbor výživy zvířat.
- Homolka P. 2006. Systém hodnocení energie a dusíkatých látek pro skot. In: Mudřík Z, Kodeš A, Kacerovská, L, Hučko B, Zeman L, Doležal P, Koukal, P, Krása A, Zemanová D, Homolka P, Veselý P. 2006. *Základy moderní výživy skotu*. ČZU. Praha.
- Hosnedl, V. - Vašák, J. – Mečiar, L. 1998. *Rostlinná výroba II: (luskoviny, olejniny)*. Praha: Česká zemědělská univerzita.
- Houba M, Hochman M, Hosnedl V. 2009. *Luskoviny pěstování a užití*. 1. vyd. České Budějovice: Kurent.
- Huyghe Ch. 1997. White lupin (*Lupinus albus* L.). *Field Crops Research* **53**:147-160.

- Hýbl M, Bubeník J, Ondřej M, Ponížil A. 2011a. Hrách setý. Pages 52-55 in Moudrý J. Alternativní plodiny. Profi Press s. r. o., Praha.
- Hýbl M, Bubeník J, Ondřej M, Ponížil A, Seidenglanz M, Vaculík A. 2011b. Pages 60-63 in Moudrý J. Alternativní plodiny. Profi Press s. r. o., Praha.
- Hýbl M, Ondřej M, Seidenglanz M, Vaculík A. 2011c. Metodika pěstování lupiny bílé, žluté a úzkolisté: certifikovaná metodika. 1. vyd. Šumperk: Agritec.
- Cherney DJR. 2000. Characterization of Forages by Chemical Analysis. In: Givens, D. I., Owen, E., Axford, R. F. E., Omed, H. M. (eds). Forage Evaluation in Ruminant Nutrition. CABI Publishing. UK. **6**:281-300.
- Jacobs JL, Ward GN. 2012. Effect of intercropping forage peas (*Pisum sativum* L.) with winter wheat (*Triticum vulgare* L.) or triticale (*Triticale hexaploide* Lart.) on DM yield, nutritive characteristics when harvested at different stages of growth. *Animal Production Science* **52**:949-958.
- Jančík F, Homolka P, Koukolová V. 2008. Optimální sklizně trav z pohledu trávení buněčné stěny. *Metodika. Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i. Praha Uhřetěves*.
- Janknecht G. 2000. Americké hodnocení krmiv s NDF a ADF. *Úspěch ve stáji* **3**:3-4.
- Jelínek P, Koudela K, Doskočil J, Illek J, Kotrbáček V, Kovářů F, Kroupová V, Kučera M, Kudláč E, Trávníček J, Valent M. 2003. *Fyziologie hospodářských zvířat. Mendlova zemědělská a lesnická univerzita v Brně*, 414 p.
- Jung HG, Engels FM. 2002. Cell wall deposition, composition, and degradability. *Crop Science* **42**:524-534.
- Jung HG, Samac DA, Sarath G. 2012. Modifying crops to increase cell wall digestibility. *Plant Science* **185**:65-77.
- Kocer A, Albayrak S. 2012. Determination of forage yield and quality of pea (*Pisum sativum* L.) mixtures with oat and barley. *Turkish Journal of Field Crops* **17**: 96-99.
- Koivisto JM, Benjamin LR, Lane GPF, Davies WP. 2003. Forage potential of semi-leafless grain peas. *Grass Forage Science* **58**:220-223.
- Kostkan J, Hlaváčová A. 2010a. Stravitelnost vlákniny (II.). *Krmivářství* 3/2010, 30.
- Kostkan J, Hlaváčová A. 2010b. Stravitelnost vlákniny (I.). *Krmivářství* 2/2010, 27.
- Koukolová V, Homolka P, Kudrna V. 2010. Vliv strukturálních sacharidů na bachorovou fermentaci, zdraví zvířat a kvalitu mléka. *Vědecký výbor výživy zvířat, VUZV Praha Uhřetěves*.
- Lee ST, Panter KE, Pfister JA, Gardner DR, Welch KD. 2008. The effect of body condition on serum levels of two teratogenic alkaloids (anagryne and ammodendrine) from lupines (*Lupinus* spp.) that cause „crooked calf disease“. *Journal of Animal Science* **86**:2771-2778.
- Loix Ch, Huybrechts M, Vangronsveld J, Gielen M, Keunen E, Cyupers A. 2017. Reciprocal Interactions between Cadmium-Induced Cell Wall Responses and Oxidative Stress in Plants. *Frontiers in Plant Science* **8**:1867.

- Lopatář A. 2007. Efektivní výživa dojníc v období rostoucích cen jadrných krmiv. VVS Verměřovice, informační magazín **2**:6-7.
- Loučka R, Homolka P, Jančík F, Kubelková P, Koukolová V, Tyrolová Y, Výborná A. 2017. Metody stanovení a hodnocení efektivní vlákniny krmiv pro přežvýkavce. Certifikovaná metodika. Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i. Praha Uhřetěves.
- Loučka R, Macháčová E, Tyrolová Y. 2002. Metody konzervace píce pro ekologické zemědělství. Ministerstvo zemědělství ČR v ÚZPI. Praha.
- Mezlík T. 2018. Seznam doporučených odrůd/ Přehled odrůd 2018. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský Brno, Národní odrůdový úřad. Brno.
- Mihailović V, Mikić A, Kobiljski B, Čupina B, Antanasović S, Krstić Đ, Katanski S. 2011. Intercropping pea with eight cereals for forage production. *Pisum Genetics* **43**:33-35.
- Mikić A, Čupina B, Mihailović V, Krstić Đ, Antanasović S, Zorić L, Đorđević V, Perić V, Srebrić M. 2013. Intercropping white (*Lupinus albus*) and Andean (*Lupinus mutabilis*) lupins with other annual cool season legumes for forage production. *South African Journal of Botany* **89**: 296-300.
- Miller P, Glunk E, Holmes J, Engel R. 2018. Pea and Barley Forage as Fallow Replacement for Dryland Wheat Production. *Agronomy Journal* **110**:833-841.
- Moss AR, Deaville ER, Givens DI. 2001. The nutritive value for ruminants of lupin seeds from determinate and dwarf determinate plants. *Animal Feed Sciences Technology* **94**:187-198.
- Mudřík Z. 2006. Fyziologické předpoklady výživy skotu. In: Mudřík Z, Kodeš A, Kacerovská, L, Hučko B, Zeman L, Doležal P, Koukal, P, Krása A, Zemanová D, Homolka P, Veselý P. 2006. Základy moderní výživy skotu. ČZU. Praha. s. 16-46.
- Mustafa AF, Seguin P. 2004. Chemical composition and in-vitro digestibility of whole-crop pea and pea-cereal mixture silages grown in South-western Quebec. *Journal of Agronomy and Crop Science* **190**:416-421.
- Mze. 2018. Situační a výhledová zpráva luskoviny. Ministerstvo zemědělství. Praha. Available from: http://eagri.cz/public/web/file/626568/SVZ_Luskoviny_12_2018.pdf (accessed February 2020).
- Neugschwandtner RW, Kaul HP. 2014. Sowing ratio and N fertilization affect yield and yield components of oat and pea in intercrops. *Field Crops Research* **155**:159-163.
- Novák J, Skalický M. 2017. Botanika: cytologie, histologie, organologie a systematika. 4rd ed. Powerprint. Praha.
- Patočka J, Hon Z. 2008. Lupina a lupininové alkaloidy: Máme se jich bát?. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. *Prevence úrazů, otrav a násilí*. **2**:194-197.
- Peterson DS. 2000. The use of lupins in feeding systems – Review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* **13**:861-882.

- Płaza A, Gąsiorowska B, Makarewicz A. 2015. Protein content in mixtures of blue lupine with oat grown for green forage. *Acta Scientiarum Polonorum Agricultura* **14**:63-73.
- Płaza A, Gąsiorowska B, Rżazewska E. 2019. Yield and chemical composition of field pea/oat (*Pisum sativum* L./*Avena sativa* L.) mixtures grown for green matter. *Applied ecology and environmental research* **17**:10267-10276.
- Płaza A, Makarewicz A, Gąsiorowska B, Cybulska A. 2017. Zawartość składników pokarmowych w zależności od udziału komponentów oraz terminu zbioru w mieszance łubinu wąskolistnego z owsem. *Polish Journal of Agronomy* **28**:35-42.
- Pozdíšek J, Mikyska F, Loučka R, Bjelka M. 2008. Metodická příručka pro chovatele k výrobě konzervovaných krmiv (siláží) z víceletých píceňin a trvalých travních porostů. Výzkumný ústav pro chov skotu. Rapotín.
- Prieur B, Meub M, Wittemann M, Klein R, Bellayer S, Fontaine G, Bourbigot S. 2017. Phosphorylation of lignin: characterization and investigation of the thermal decomposition. *Royal Society of Chemistry* **7**:16866-16877.
- Richter M, Třináctý J, Harazim J. 2000. Vývoj hodnocení obsahu vlákniny. *Krmivářství* **3**:28-30.
- Ryšavý P. 2009. Alkaloidy lupiny a využití lupiny v krmivářské praxi. Bulletin. Available from www.ukzuz.cz/Uploads/71664-7-Bulletin+NRL+12009pdf.aspx (accessed December 2019).
- Saaten Union. 2018. Hrách setý Salamanca. Available from <https://www.saaten-union.cz/index.cfm?m=varieties&p=330,1727.html> (accessed January 2020).
- Seydosoglu S, Bengisu G. 2019. Effects of different mixture ratios and harvest periods on quality of triticale (×*Triticosecale* Wittmack) – Forage pea (*Pisum sativum* L.) intercrop. *Applied Ecology and Environmental Research* **17**:13263-13271.
- Shutterstock, Inc. 2020. Pea *Pisum sativum* cultivation agriculture Growth stages vector illustration. Available from <https://www.shutterstock.com/cs/image-vector/pea-pisum-sativum-cultivation-agriculture-growth-674652751> (accessed March 2020).
- Straková E, Suchý P, Herzig I, Suchý P, Tvrzník P. 2008. Výživa a dietetika, I. Díl – obecná výživa. Veterinární a farmaceutická univerzita Brno. Brno.
- Straková E, Suchý P. 2017. Pages 7-9 in *Lupina 2017*. Straková E, Suchý P, editors. *Lupina jako perspektivní tuzemský zdroj proteinu pro výživu zvířat*. Tribun s.r.o., Brno.
- Strydhorst SM, King JR, Lopetinsky KJ, Harker KN. 2008. Forage Potential of Intercropping Barley with Faba Bean, Lupin, or Field Pea. *Agronomy Journal* **100**:182-190.
- Suchý P, Koupa L, Macháček M, Straková E. 2017. Pages 19-22 in *Lupina 2017*. Straková E, Suchý P, editors. *Lupina bílá jako významná kulturní plodina z hlediska produkce zelené hmoty*. Tribun s.r.o., Brno.

- Suchý P, Straková E, Herzig I. 2006. Nutriční a dietetická hodnota tuzemských proteinových krmiv jako alternativa sóji a sójových produktů: Část I - lupina. Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i., Praha.
- Suchý P, Straková E, Herzig I. 2009. Nutriční a dietetická hodnota tuzemských proteinových krmiv jako alternativa sóji a sójových produktů. Část III – hrách. Výzkumný ústav živočišné výroby. v.v.i., Praha.
- Šťastný J. 2009. Hrachová siláž – řešení bílkovinné výživy dojnic. *Krmivářství* **2**:22-23.
- Tichá M, Vyzínová P. 2006. Multimediální učební texty: Polní plodiny. In: Veterinární a farmaceutická univerzita v Brně Available from <http://cit.vfu.cz/vegetabilie/plodiny/index.htm> (accessed January 2020).
- Tyrolová Y, Výborná A. 2009. Silážování lupiny bílé. Certifikovaná metodika. Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i., Praha Uhřetěves.
- Tyrolová Y. 2012. Silážování hrachu. Certifikovaná metodika, Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i., Praha Uhřetěves.
- Uher D, Dubravko M, Zlatko S. 2007. The effect of harvest date on forage production and crude protein yield of forage pea and small grain cereal mixtures. *Cereal Research Communications* **35**:1237-1240.
- Uzun A, Asik BB, Acikgoz E. 2017. Effects of different seeding rates on forage yield and quality components in pea. *Turkish Journal of Field Crops* **22**:126-133.
- Van Saun RJ, Koukal P. 2003. Výživa přežvýkavců – trávení sacharidů. *Farmář* **1**:40-42.
- Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA. 1991. Methods of dietary fiber neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition, *Journal of Dairy Science* **7**:3583-3597.
- Velázquez E, Silva LR, Peix Á. 2010. Legumes: A Healthy and Ecological Source of Flavonoids. *Current Nutrition & Food Science* **6**:106-144.
- Velíšek J. 2002. *Chemie potravin 1*. OSSIS. Tábor.
- Voytekhovich I. 2000. Ensilage of narrow-leaved lupin. *Vestsi Akademii Agrarnykh Nauk Respubliki Belarus* **3**:46-49.
- Vrabec M. 2008. Charakteristika a metodika pěstování lupin na základě výsledků výzkumu a šlechtění ve světě, s přihlédnutím k podmínkám v ČR. Francotcheque Agricole, spol. s r.o., Sadová 242, 294 41 Dobruška Available from http://selgen.cz/sprava/wpcontent/uploads/2012/01/2008_01_25_metodika_lupina.pdf (accessed November 2019).
- Vyskočil I, Zeman L, Kratochvílová P, Večerek M, Vašátková A. 2008. Kapesní katalog krmiv. Mendlova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. Brno.
- Yeheyis L, Kijora C, van Santen E, Wink M, Danier J, Peters KJ. 2012. Crude Protein, Amino Acid and Alkaloid Contents of Annual Sweet Lupin (*Lupinus* spp. L.) Forages and Seeds Grown in Ethiopia. *Experimental Agriculture* **48**:414-427.

Zeman L, Veselý P, Ryant P, Skládanka J, Zelenka J. 2006. Živiny. Pages 11-31 in: Zeman L a kolektiv. Výživa a krmení hospodářských zvířat. Profi Press, Praha.