

Petr Homolka a kol.

MOŽNOSTI ZAŘAZENÍ FAREMNÍCH BÍLKOVINNÝCH KRMIV V KRMNÝCH DÁVKÁCH SKOTU



2026

CERTIFIKOVANÁ METODIKA

ISBN: 978-80-7403-35



CERTIFIKOVANÁ METODIKA

MOŽNOSTI ZAŘAZENÍ FAREMNÍCH BÍLKOVINNÝCH KRMIV V KRMNÝCH DÁVKÁCH SKOTU

Autoři:

doc. Ing. Petr Homolka, CSc., Ph.D.^{1,2},

Ing. Filip Jančík, Ph.D.¹, Ing. Radko Loučka, CSc.¹, Ing. Petra Kubelková, Ph.D.¹,
Ing. Veronika Koukolová, Ph.D.¹, Ing. Václav Jambor, CSc.³, Ing. Hanka Synková³,
Ing. Marie Gaislerová, Ph.D.¹, Ing. Luděk Bartoň, Ph.D.¹, doc. Ing. Daniel Bureš, Ph.D.¹, Ing. Nicole
Lebedová, Ph.D.¹, Ing. Magdaléna Štolcová, Ph.D.¹

¹Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i. (VÚŽV)

²Česká zemědělská univerzita Praha, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů,
Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky (ČZU)

³NutriVet s.r.o., Pohořelice

Oponenti:

Ing. Luboš Zábranský, Ph.D., Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích,
Fakulta zemědělská a technologická, Katedra zootechnických věd

Ing. Jan Vodička, Ph.D., Ministerstvo zemědělství, Odbor živočišných komodit a ochrany zvířat,
Oddělení hospodářských zvířat

Dedikace:

Metodika je výsledkem řešení výzkumného projektu MZe (NAZV) QK21010344
a podpory na rozvoj výzkumné organizace MZE-RO0723.

Smlouva o uplatnění metodiky:

Mayline Investment Corporation Limited s.r.o.

Zástupcem autorského týmu je doc. Ing. Petr Homolka, CSc., Ph.D.^{1,2}

Leden 2026



Ministerstvo zemědělství
Těšnov 65/17
110 00 Praha 1

v y d á v á

OSVĚDČENÍ

č. MZE-91365/2025-13141

o uznání metodiky v souladu s podmínkami Metodiky hodnocení výzkumných organizací a programů účelové podpory výzkumu, vývoje a inovací, schválené usnesením vlády dne 8. února 2017, číslo 107 a její samostatné přílohy č. 4 schválené usnesením vlády dne 29. listopadu 2017 č. 837.

Název metodiky: Možnosti zařazení faremních bílkovinných krmiv v krmných dávkách skotu

Autoři: doc. Ing. Petr Homolka, CSc., Ph.D., Ing. Filip Jančík, Ph.D., Ing. Radko Loučka, CSc.,
Ing. Petra Kubelková, Ph.D., Ing. Veronika Koukolová, Ph.D., Ing. Václav Jambor, CSc.,
Ing. Hanka Synková, Ing. Marie Gaislerová, Ph.D., Ing. Luděk Bartoň, Ph.D.,
doc. Ing. Daniel Bureš, Ph.D., Ing. Nicole Lebedová, Ph.D.,
Ing. Magdaléna Štolcová, Ph.D.

Názvy organizací: Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i.
Česká zemědělská univerzita Praha, Fakulta agrobiologie, potravinových
a přírodních zdrojů, Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky
NutriVet s.r.o., Pohořelice

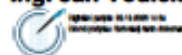
Místo vydání: Praha

Rok vydání: 2025

ISBN: ISBN 978-80-7403-355-1

Metodika je výsledkem řešení výzkumného projektu MZe (NAZV) QK21010344 a podpory na rozvoj výzkumné organizace MZE-RO0723.

Ing. Jan Vodička, Ph.D.



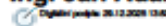
.....
podpis zástupce odborného útvaru státní správy
v z. Ing. Jan Vodička, Ph.D.

Jméno a funkce zástupce odborného útvaru státní správy:

Ing. Pavel Hakl
ředitel Odboru živočišných komodit
a ochrany zvířat MZe

Souhlas ředitele Odboru precizního zemědělství, výzkumu a vzdělávání MZe:

Ing. Jan Adamec



.....
Mgr. Jan Radoš

Obsah

1. Cíl metodiky	4
2. Vlastní popis metodiky	4
2.1. Úvod	4
2.1.1. Význam faremních bílkovinných krmiv v krmných dávkách skotu	4
2.1.2. Současné poznání a výzkumné mezery	5
2.1.3. Hrách setý	6
2.1.4. Bob polní	7
2.1.5. Lupina	8
2.2. Experimentální část metodiky	10
2.2.1. Stanovení stravitelnosti semene luskovin na přežvýkavcích	10
2.2.2. Porovnání typů a odrůd hrachu setého pro silážování	15
2.2.3. Porovnání odrůd bobu obecného pro silážování	19
2.2.4. Využití semene lupiny bílé a lupiny žluté ve výkrmu býků	24
3. Srovnání novosti postupů s jinými již známými (resp. dostupnými) postupy	28
4. Popis uplatnění certifikované metodiky v praxi	29
5. Ekonomické aspekty certifikované metodiky	29
6. Seznam použité související literatury	30
7. Seznam publikací, které předcházely metodice	33
8. Jména oponentů a názvy jejich organizací	33
9. Dedikace na projekt	33
10. Seznam zkratk	34

1. Cíl metodiky

Tato metodika si klade za cíl poskytnout zemědělské praxi aktuální a komplexní informace o možnostech zařazení faremních bílkovinných krmiv – konkrétně hrachu setého, bobu polního a lupiny – v krmných dávkách skotu. Metodika shrnuje výsledky experimentálního výzkumu zaměřeného na porovnání výživných hodnot, silážovatelnosti a stravitelnosti různých typů a odrůd těchto luskovin, a zároveň poskytuje praktická doporučení pro volbu vhodných odrůd, optimalizaci termínu sklizně a technologie silážování. Cílem je přispět ke snížení závislosti českého zemědělství na dovážených proteinových krmivech a podpořit efektivnější využití domácích zdrojů kvalitních bílkovin.

2. Vlastní popis metodiky

2.1. Úvod

2.1.1. Význam faremních bílkovinných krmiv v krmných dávkách skotu

Pěstování domácích bílkovinných plodin nabývá v České republice na významu zejména v kontextu snahy o snížení závislosti na dovážených proteinových krmivech a zvýšení soběstačnosti v produkci kvalitních bílkovin pro výživu hospodářských zvířat. Podle údajů Českého statistického úřadu bylo v roce 2024 vyseto rekordních 58 677 ha zrnových luskovin, což představuje meziroční nárůst a potvrzuje rostoucí zájem zemědělců o tuto skupinu plodin. Největší výměru již dlouhodobě zaujímá hrách, který byl v roce 2024 vyset na 52 795 ha, což je téměř 90 % všech ploch luskovin.

Z hlediska krajů jsou luskoviny a bílkovinné plodiny na zrno nejvíce pěstovány ve Středočeském kraji (13 936 ha) a v Jihomoravském kraji (10 460 ha), následuje Kraj Vysočina (5 447 ha). Vedle luskovin na zrno je patrný i nárůst ploch luskovin pěstovaných na zeleno a směsí plodin poutajících dusík, které byly v roce 2024 zasety na 23 603 ha. Tento trend odráží rostoucí zájem o luskoviny nejen jako zdroj zrna, ale i jako kvalitní objemné krmivo pro přežvýkavce.

Luskoviny jsou v České republice významnou proteinovou plodinou jak pro výživu lidí, tak pro výživu zvířat. V krmných dávkách přežvýkavců má kromě množství bílkovin velký význam také model jejich využití – poměr mezi v bachoru degradovatelným proteinem a nedegradovaným dietním proteinem. Krmení nadbytečného množství dusíkatých látek může vést ke zbytečným výdajům na krmivo bez návratnosti ve výnosu mléka nebo mléčných bílkovin, přičemž většina přebytečného dusíku je vylučována v moči, která je environmentálně nejlabilnější formou.

Siláže z jednoletých luskovin, jako jsou hrách nebo bob, jsou v České republice tradičním, i když v posledních letech méně využívaným krmivem. Tyto luskoviny pěstované na siláž mohou být vhodným doplněním víceletých bílkovinných plodin, jako jsou vojtěška nebo další jeteloviny. V kontextu velkých výkyvů v počasí, které přinášejí delší období sucha, je nutné hledat potenciální alternativy v dalších plodinách. Jednou z nich může být lupina, která je zdrojem kvalitních bílkovin a vyznačuje se odolností vůči suchu díky hlubokému kořenovému systému.

Luskoviny přispívají k udržitelnosti systémů pěstování obilovin a poskytují řadu agronomických výhod: rozmanitost plodin v osevním sledu, narušení cyklů chorob a plevelů, biologickou fixaci atmosférického dusíku prostřednictvím symbiotických bakterií a lepší zadržování vody v půdě. Rostliny bobovitých hluboce zakořeňují, přispívají ke koloběhu živin a jejich posklizňové zbytky obohacují půdu organickou hmotou, což zlepšuje podmínky pro následně pěstované rostliny.

V posledních letech narůstá v konvenčním i ekologickém zemědělství zájem o uplatnění luskovino-obilných směsek i směsek s jinými rostlinami – zejména kvůli jejich pozitivnímu vlivu na půdu, schopnosti zvyšovat a stabilizovat výnosy, omezovat růst plevelů, podporovat výskyt užitečných hmyzích predátorů a zlepšovat zdravotní stav porostů. Ve směsce se luskoviny využívají několika způsoby: jako hlavní plodina, jako krycí plodina, nebo z ekologických důvodů jako meziplodina či do ochranných nebo medonosných pásů.

2.1.2. Současné poznání a výzkumné mezery

Přestože jsou luskoviny v České republice tradičně pěstovány, současný stav poznání jejich výživné hodnoty, silážovatelnosti a možností využití v krmných dávkách skotu je v mnoha ohledech nevyhovující. Tabulkové hodnoty stravitelnosti živin jsou často zastaralé, stanovení stravitelnosti není jednotné a hodnocení kvality silážování musí být významně přehodnoceno s ohledem na moderní silážní přípravky a nové odrůdy. Chybí komplexní a aktualizované údaje o výživných hodnotách a silážovatelnosti jednotlivých typů a odrůd hrachu, bobu a lupiny.

V Evropské unii se ročně pěstuje hrách na výměře přibližně 770 tisíc ha. Ve Společném katalogu odrůd je zapsáno kolem 370 odrůd hrachu polního, které se mohou pěstovat v EU, ale chybí podrobné informace o jejich vhodnosti pro silážování a výživných hodnotách pro účely krmení skotu. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský sice provádí zkoušení odrůd dle Metodiky pro zkoušky užitné hodnoty, ale tato metodika je zaměřena hlavně na využití zrna hrachu a neobsahuje informace o výživových hodnotách pro účely silážování.

U lupiny je situace ještě složitější. V registru odrůd České republiky je nyní pouze 7 odrůd lupin (2 odrůdy lupiny bílé a 5 odrůd lupiny úzkolisté), zatímco lupina žlutá, která vykazuje vysokou odolnost vůči suchu a může být pěstována na marginálních půdách, není v České republice téměř známa. Informace o možnostech pěstování lupiny žluté a očekávatelných výsledcích, ať už kvantitativních nebo kvalitativních, prakticky chybí. Možnost využití syrových či tepelně upravených semen lupiny žluté jako proteinového krmiva v krmné dávce pro vykrmovaný skot nebyla dosud systematicky experimentálně sledována.

Živiny v krmivu přijímaném přežvýkavci podléhají mikrobiální degradaci v jejich batoru. Produkty mikrobiálního rozkladu jsou látky využívané k syntéze mikrobiální biomasy. Následně se tato mikrobiální biomasa a endogenní protein spolu s krmivou uniklými z batorové degradace dostávají do tenkého střeva a jsou zdrojem energie a bílkovin. Rozsah poskytování v batoru degradovatelného proteinu a nedegradovaného dietního proteinu je předmětem mnoha vědeckých studií, ale dostupnost těchto údajů pro konkrétní typy a odrůdy luskovin pěstovaných v České republice je omezená.

2.1.3. Hrách setý

Základní charakteristiky, agrotechnika a využití hrachu setého (*Pisum sativum* L.) jsou podrobně popsány v certifikované metodice Homolka et al. (2024). Pro účely této metodiky je podstatné rozlišení hlavních typů hrachu podle stavby listů a jejich vlastností pro produkci siláže a zrna.

Typy hrachu podle stavby listů

Hrách úponkatý (semi-leafless): Lístky jsou přeměněny v úponky, což částečně snižuje problém poléhání. Úponkaté odrůdy se vzájemně podpírají svými úponky a vytvářejí stabilnější porost. Pro silážování je vhodné pěstování ve směsi s obilovinami (oves, jarní ječmen), které poskytují mechanickou podporu a zlepšují fermentační podmínky díky vyššímu obsahu rozpustných cukrů.

Hrách listového typu (leafed): Má klasické lichožpeřené listy s normálně vyvinutými lístky. Vyšší listová plocha teoreticky umožňuje vyšší fotosyntézu a produkci biomasy. Listové odrůdy mají tendenci k většímu poléhání, proto jsou nejvhodnější pro směsné porosty s podporujícími plodinami.

Peluška, čili hrách rolní (*Pisum sativum* subsp. *arvense*): Botanicky poddruh hrachu setého, tradičně pěstovaná jako krmná plodina. Od hrachu setého pravého se liší barevnými květy (růžové, fialové místo bílých), tmavými semeny s tečkováním a vyšší odolností vůči nepříznivým podmínkám. Peluška má také listový typ a je méně náchylná k poléhání než hrách listového typu.

Výživná hodnota a silážovatelnost

Výživná hodnota hrachu pro silážování závisí především na odrůdě a vegetačním stádiu při sklizni. Pro dosažení optimální kvality siláže je doporučena sklizeň při obsahu sušiny 25–30 %, což odpovídá fázi mléčné až voskové zralosti semen. V tomto stádiu je nejvyšší výnos energie a bílkovin při zachování dobrých fermentačních vlastností.

Silážovatelnost hrachu je ovlivněna obsahem rozpustných cukrů a pufrční kapacitou. Některé odrůdy hrachu fermentují snadno, ale u časných vegetačních stádií dochází k rozsáhlé proteolýze, která zvyšuje podíl nebílkovinného dusíku. Optimální termín sklizně je proto kompromisem mezi výnosem, výživnou hodnotou a kvalitou fermentace.

Hrách lze pěstovat ve směsi s ovsem nebo jarním ječmenem ke vzájemnému prospěchu obou složek: hrách zvyšuje obsah bílkovin a energie porostu, zatímco obiloviny poskytují mechanickou oporu, zvyšují obsah rozpustných cukrů a zlepšují fermentační podmínky.

Využití v krmných dávkách

Podle Suchého et al. (2009) je kvalita hrachového proteinu při hodnocení na základě aminokyselinového spektra srovnatelná s proteinem sojovým. Hrachový protein ve srovnání se sojovým obsahuje vyšší zastoupení threoninu, lysinu a argininu a nižší zastoupení valinu, methioninu, isoleucinu a leucinu. Proto při sestavování krmných směsí s vysokým podílem hrachu je nutné doplnit uvedené aminokyseliny, především methionine.

Princip výborného krmného účinku hrachové siláže spočívá v tom, že není zkrmována zásobní bílkovina semene hrachu, ale celá rostlina, přičemž bílkoviny semene ve voskově-mléčné zralosti jsou funkční, nikoliv zásobní, a siláž se vyznačuje i vysokou chutností.

2.1.4. Bob polní

Základní charakteristiky, agrotechnika a využití bobu polního (*Vicia faba* L.) jsou podrobně popsány v certifikované metodice Homolka et al. (2024). Pro účely této metodiky jsou podstatné vlastnosti bobu jako krmné plodiny a možnosti jeho využití v krmných dávkách skotu.

Výživná hodnota a klasifikace odrůd

Bob představuje nízkonákladové krmivo s vysokým obsahem bílkovin (25–33 % v sušině) a sacharidů (40–48 % škrobu v sušině). Zrno je vhodnou bílkovinnou komponentou krmiv pro vysoký obsah dusíkatých látek a významné je i vysoké zastoupení nepostradatelných aminokyselin.

Podle obsahu taninů se odrůdy dělí na barevnokvěté (s taniny) a bělokvěté (bez taninů, tzv. 00 odrůdy). Květy barevnokvětých odrůd jsou růžové, červené nebo fialové s tmavými skvrnami na křídlech, zatímco bělokvěté odrůdy mají čistě bílé květy. Odrůdy bez taninů mají lepší chutnost a stravitelnost, což je výhodné pro krmné účely.

Podle velikosti semen se bob dělí na tři hlavní typy: *Vicia faba* var. major (bob zahradní) s hmotností tisíce semen nad 1000 g, *Vicia faba* var. equina (bob koňský) s HTZ 500–800 g a *Vicia faba* var. minor (bob rolní) s HTZ pod 500 g.

Způsoby sklizně a silážování

O termínu sklizně bobu rozhoduje způsob jeho pěstování. U porostů určených k výrobě kvalitní objemné píce je nejčastěji využívána metoda sklizně celých rostlin systémem silážování drtě, tzv. metoda Ganzpflanzensilage (GPS). Optimální doba sklizně na siláž je, když sušina drtě dosáhne 35–40 %. Monokulturně pěstovaný porost je při této sušině na počátku žluté zralosti, semena jsou pevná a lusky ve spodní třetině již černé.

Bob má obecně dobrou silážovatelnost díky vysokému obsahu rozpustných cukrů a nižší pufrační kapacitě ve srovnání s jinými luskovinami. Sklizeň napřímo bez zavádání může být u bobu výhodnější než klasická metoda se zavádáním, protože snižuje ztráty a zkracuje technologický proces.

Další způsob pěstování bobu je jako krycí plodiny pro podsev jetelovin, kdy se používá snížený výsev na 0,4 MKS (miliony klíčivých semen) na ha s využitím širších řádků. Sklizeň semenného porostu se provádí přímo kombajnem – optimální doba je v plné zralosti při poklesu vlhkosti semen na 20–22 %. Při nízké vlhkosti výrazně stoupá procento mikropoškození, které snižuje klíčivost a vzcházivost.

Specifika využití v krmných dávkách

Bob produkuje velké množství pylu s vysokou výživnou hodnotou pro včely. Rychlý nárůst hmoty může způsobit špatný odhad doby sklizně v klíčových vývojových stádiích, což může ovlivnit výživnou hodnotu a silážovatelnost.

Z pohledu výnosu, obsahu dusíkatých látek a stravitelnosti je bob v porovnání s jinými luskovinami hodnocen jako plodina s velmi dobrými vlastnostmi pro produkci kvalitního objemného krmiva s vysokým obsahem energie a bílkovin.

2.1.5. Lupina

Základní charakteristiky, agrotechnika a využití lupiny jsou podrobně popsány v certifikované metodice Homolka et al. (2024). Pro účely této metodiky jsou podstatné vlastnosti lupiny jako proteinového krmiva s vysokým obsahem bílkovin srovnatelným se sójou a možnosti jejího využití v krmných dávkách skotu.

Druhy lupiny a jejich charakteristiky

Zemědělsky se využívají čtyři jednoleté druhy: lupina bílá (*Lupinus albus*), lupina žlutá (*Lupinus luteus*), lupina modrá neboli úzkolistá (*Lupinus angustifolius*) a lupina proměnlivá neboli andská (*Lupinus mutabilis*). Moderní odrůdy mají snížený obsah chinolizidinových alkaloidů pod 0,05 %, což eliminuje jejich toxické účinky a umožňuje plnohodnotné využití ve výživě zvířat.

Lupina bílá se pěstuje především pro lidskou spotřebu a má nejvyšší obsah hrubého tuku (až 114 g/kg sušiny), což je až dvojnásobek oproti ostatním druhům. Lupina žlutá a modrá jsou hlavními druhy využívanými jako krmivo pro zvířata.

Lupina žlutá ve srovnání s lupinou modrou má hlubší kořenový systém, lépe snáší období sucha, kyselé půdy (pH 4,5–6) a přemokření. Na lehkých půdách je lupina žlutá mnohem lepší složkou do směsí než lupina modrá. Tyto vlastnosti činí lupinu žlutou vhodnou pro pěstování na marginálních půdách.

V experimentech popsaných v této metodice byla využita odrůda lupiny žluté Salut, která má hlubší kořenový systém a lépe snáší období sucha, kyselé půdy i přemokření.

Výživná hodnota a složení

Semena lupiny žluté mají přibližně stejně vysoký obsah bílkovin jako sója, tedy průměrně 35 %, přičemž některé studie uvádějí hodnoty až 44 % v sušině (Titze et al., 2019). Složení těchto bílkovin je z dietetického hlediska vynikající díky vysokému obsahu lysinu, leucinu a methioninu, tedy aminokyselin, které často v rostlinných zdrojích chybí nebo jsou přítomny v nedostatečném množství.

Lupinová semena obsahují více než 10 % tuku s vynikajícím složením – až 80 % nenasycených mastných kyselin. Významnou látkou je lecitin (až 2,5 % obsahu tuku), což je důležitý přírodní emulgátor. Lupina obsahuje i vitamíny skupiny B, hořčík a draslík.

Lupina je proteinové krmivo, které navíc obsahuje neškrobové polysacharidy (NSP), které mohou ovlivňovat trávení. Bylo zjištěno, že lupina zlepšuje příjem a následnou užitekost zvířat s ohledem na kvalitu objemného krmiva, které je s ní současně krmeno.

Pěstování a agronomické vlastnosti

Lupině se daří na lehkých písčitéch půdách s kyselým až neutrálním pH. Podobně jako ostatní luskoviny obohacuje půdu dusíkem prostřednictvím symbiotických bakterií *Rhizobium* na kořenech. Vytváří hluboký kořenový systém, jehož posklizňové zbytky obohacují půdu organickou hmotou a živinami.

Lupina je vhodnou plodinou i pro ekologické zemědělství – nevyžaduje velké vstupy hnojiv, zúrodňuje půdu, je výbornou předplodinou a má schopnost potlačovat určité plevele. Lupina nebyla dosud geneticky modifikována, což je výhodou pro ekologické pěstování.

Směsné pěstování a silážování

Lupina má vysokou výživnou hodnotu a je velmi vhodná k silážování (Fraser et al., 2005). Lupina žlutá je doporučována do směsí s jarními obilninami. Vyznačuje se vysokým obsahem bílkovin (přes 40 %, které jsou bohaté na lysin) a tuku, což výrazně zvyšuje nutriční hodnotu krmiv z takových směsí. Navíc má nízké nároky na vodu díky dobře vyvinutému kořenovému systému.

Sklizeň je nutno zahájit včas, když jsou asi 2/3 zhnědlých lusků. Nestejnoměrné dozrávání a sklon k pukavosti některých odrůd může způsobit větší ztráty. Posklizňové manipulace po šetrné kombajnové sklizni při vlhkosti kolem 15 % jsou běžné jako u ostatních luskovin.

Využití v krmných dávkách

Zrno lupiny se běžně používá jako krmivo pro zvířata, zejména jsou využívány žluté a modré odrůdy. Lupina žlutá byla úspěšně využita v krmných dávkách prasat a hus, kde plnohodnotně nahradila sojový extrahovaný šrot. U přežvýkavců byla dosud experimentálně sledována především lupina modrá při výkrmu simentálských býků.

Možnost využití syrových či tepelně upravených semen lupiny žluté jako proteinového krmiva v krmné dávce pro vykrmovaný skot nebyla dosud systematicky experimentálně sledována, což představuje výzkumnou mezeru. Dostupnost bílkovin lupiny žluté pro přežvýkavce je častým předmětem výzkumu. Titze et al. (2019) uvádějí hodnoty dusíkatých látek lupiny od 285 g/kg sušiny (úzkolistá odrůda) do 440 g/kg sušiny (žlutá odrůda).

2.2. Experimentální část metodiky

2.2.1. Stanovení stravitelnosti semene luskovin na přežvýkavcích

Úvod a literární přehled

Luskoviny představují velmi významný zdroj kvalitních bílkovin pro výživu zvířat. Semena luskovin, jako jsou hrách (*Pisum sativum*), bob (*Vicia faba*) a lupina (*Lupinus spp.*), představují významný alternativní zdroj bílkovin pro výživu skotu. Díky svému chemickému složení, degradabilitě v bachoru a možnosti zpracování nabízejí potenciál pro nahrazení konvenčních bílkovinných zdrojů v krmných dávkách.

Proteiny jsou jednou z nejdražších složek v krmivech pro zvířata s velkým dopadem na výrobní náklady. Luskoviny ve srovnání s obilninami mají nižší energetickou hodnotu, ale vyšší obsah dusíkatých látek i minerálních látek. Jsou součástí osevních postupů a bývají zařazovány jako nosné (zlepšující) plodiny. Jejich charakteristickou vlastností je zvyšování půdní úrodnosti hlízkovými bakteriemi, které obohacují půdu o dusík díky symbióze s bakteriemi poutající vzdušný dusík (*Rhizobium*). Semena luskovin jsou pak významným proteinovým krmivem, vhodná pro krmné účely, ale i lidskou výživu. Tato specifická charakteristika luskovin je řadí mezi plodiny vhodné i pro pěstování v ekologickém zemědělství. Pěstování luskovin má ve středoevropské oblasti historicky dlouhodobou tradici.

Luskoviny mají potenciál stát se udržitelnou alternativou k jiným zdrojům krmných bílkovin, jako je sója a řepka. Významným zástupcem luskovin používaných jako krmivo pro hospodářská zvířata jsou některé druhy lupin, které se z hlediska živinového složení vyznačují vysokým obsahem bílkovin a oleje.

Stravitelnost a nutriční hodnota semene luskovin, jako jsou hrách (*Pisum sativum*), bob (*Vicia faba*) a lupina (*Lupinus spp.*), jsou klíčovými faktory pro jejich využití ve výživě skotu. Každý druh má své specifické vlastnosti z hlediska stravitelnosti a obsahu antinutričních látek, které je třeba zohlednit při formulaci krmných dávek. Semena luskovin obsahují vysoký podíl bílkovin, relativně dobře využitelné energie a minerální látky, což je činí vhodným doplňkem krmných dávek přežvýkavců, zejména dojníc a masného skotu. Díky svému chemickému složení, degradabilitě v bachoru a možnosti zpracování se nabízí jako náhrada konvenčních bílkovinných zdrojů (např. sójového šrotu) v krmných dávkách.

Semena luskovin jsou obecně bohatá na hrubý protein, s obsahem dusíkatých látek typicky v rozmezí 20 – 45 % sušiny. Hrách obsahuje 20–25 % bílkovin, bob 25–30 %, lupina až 36–41 % podle odrůdy. Hrách a bob mají významné množství škrobu, zatímco lupinová semena mají nižší obsah škrobu, ale vyšší podíl pektinů a tuků (Halmemies-Beauchet-Filleau et al., 2018).

Hrách, bob a úzkolistá lupina — se odlišují nejen v chemickém složení, ale i **koeficientech stravitelnosti živin v bachoru a celém trávicím traktu**. Stravitelnost ovlivňují například obsah **proteinu, škrobu, vlákniny a antinutriční látky** (tanniny, oligosacharidy, trypsin inhibitory), které mění fermentaci v bachoru a následnou stravitelnost živin (Meng et al., 2021).

Hrách má vysoký obsah cukru a škrobu, což ho činí zajímavým pro výživu prasat i skotu. Tradiční pěstování hrachu bylo však omezeno jeho vysokou náchylností k poléhání.

Problém poléhání byl částečně redukován vyšlechtěním úponkatých (semi-leafless) odrůd, u kterých jsou lístky přeměněny v úponky. Úponkaté odrůdy se vzájemně podpírají a vytvářejí stabilnější porost. Úponkaté odrůdy dnes představují více než 95 % produkce hrachu v západní Kanadě, více než 80 % v Evropské unii a více než 30 % v Rusku (Tran et al., 2022). Všechny 23 jarních odrůd hrachu na doporučeném seznamu v Německu jsou úponkaté. Úponkaté odrůdy umožňují lepší prosvětlení a provzdušnění porostu, což vytváří méně příznivé podmínky pro houbové choroby. Listové (leafed) odrůdy hrachu mají klasické lichozpeřené listy s normálně vyvinutými lístky. Vyšší listová plocha teoreticky umožňuje vyšší fotosyntézu, ale současně zvyšuje hmotnost nadzemní biomasy a může vést k většímu poléhání, zejména při příznivých pěstitelských podmínkách. Listové odrůdy se proto doporučují pěstovat ve směsce s obilovinami (oves, ječmen), které poskytují mechanickou podporu a snižují riziko poléhání (Haug et al., 2023; Shen et al., 2022). Pro krmivářské účely má hrách listového typu výhodu ve větší listové ploše, která může mít vyšší výživnou hodnotu než stonky. Odrůdy hrachu **Gambit a Avatar patří mezi** středně rané odrůdy polního hrachu typu *semi-leafless* (úponkatý) a Protecta je středně raná listová odrůda (*normal leaf*).

Peluška (*Pisum sativum* subsp. *arvense* = *Pisum arvense*) je botanicky poddruh hrachu setého, tradičně pěstovaná jako krmná plodina. Od hrachu setého pravého (*P. sativum* subsp. *sativum*) se liší barvenými květy (růžové, fialové místo bílých) a tečkovanými semeny menší velikosti. Peluška je také listového typu, je však obecně odolnější vůči nepříznivým podmínkám a méně náchylná k poléhání než hrách setý listového typu (Dostálová a Horáček, 2009). Peluška je charakteristická vyšším obsahem dusíkatých látek a je tradičně využívána pro krmení zvířat.

Novější odrůdy bobu mají menší obsah antinutričních látek – taninů a pyrimidinových glykosidů (vicinu a convicinu). **Taniny se vyskytují hlavně v semeni – konkrétně v osemeni (slupce semen).** Podle obsahu taninů se odrůdy dělí na barevnokvěté (s taniny) a bělokvěté (bez taninů, tzv. 00 odrůdy). Květy barevnokvětých odrůd jsou růžové, červené nebo fialové s výraznou černou skvrnou na pavěze, zatímco bělokvěté odrůdy mají čistě bílé květy bez skvrny. Taniny snižují stravitelnost bílkovin a způsobují hořkou, svíravou chuť, ale současně zvyšují odolnost rostlin proti chorobám a škůdcům v raných fázích růstu. Bělokvěté odrůdy mají vyšší stravitelnost dusíkatých látek a energie pro monogastriční zvířata, ale vyžadují pečlivější ošetření fungicidy a insekticidy. Podle velikosti semen se bob dělí na tři hlavní typy: *Vicia faba* var. *major* (bob zahradní) s hmotností tisíce semen nad 1000 g, *Vicia faba* var. *equina* (bob koňský, polní) s hmotností tisíce semen 600–1000 g a *Vicia faba* var. *minor* (bob drobnosemenný) s hmotností tisíce semen 250–600 g.

Úzkolistá lupina má vysoký obsah bílkovin a tuku, vykazuje **nižší energetickou hodnotu a stravitelnost organické hmoty** ve srovnání s hrachem či bobem, zejména kvůli vysokému podílu vlákniny.

Lupina modrá, úzkolistá (*Lupinus angustifolius*) je nejranější a nejméně náročná na teploty. Barva jejího květu nemusí být pouze modrá, ale i růžová, nebo bílá. Nevyžaduje ošetření proti plísňovému onemocnění antraknóze (*Colletotrychum gleosporioides*) a mšicím. Je vhodná do lehkých a středních půd s pH do 6,8. Ve výživě zvířat se využívají semena, ale i celé rostliny jako zelené krmení. Lupina je významným zdrojem dusíkatých látek (28 – 42 %) a tuku (4 – 12 %) s vysokým podílem nenasycených mastných kyselin. Obecně mají lupiny vyrovnaný rozsah aminokyselin, které vyhovují požadavkům hospodářských zvířat. Oproti zrninám má nízký obsah škrobu (4 – 10 %). Zhruba 20 % hmotnosti zrna tvoří jeho slupka tvořená především celulórou a hemicelulórou (Homolka a Kudrna, 2007).

Semena luskovin, hrách, bob, lupina patří mezi perspektivní rostlinné krmivá pro skot díky vysokému obsahu sušiny bílkoviny a relativně vysoké energetické hodnotě. Při hodnocení jejich výživové hodnoty je klíčové nejen chemické složení, ale také **skutečná stravitelnost**, tj. podíl živin, které jsou skutečně využité zvířetem. Znalost stravitelnosti je nepostradatelná pro jejich využití v krmných dávkách skotu.

Materiál a metodika

Pokusné lokality a odrůdy

V roce 2023 ve Výzkumném ústavu živočišné výroby, v.v.i. (VÚŽV) na farmě v Netlukách bylo monokulturně zaseto na cca 4 ha 9 odrůd luskovin. Jednalo se po 3 odrůdách u bobu a hrachu (Merkur, Mistral, Fanfare; Gambit, Protecta, Avatar), 1 pelušku (Arvika) a 2 lupiny úzkolisté (Boregine a Tango). Po dozrání porostu byla provedena sklizeň semene a z každé pěstované odrůdy odebrán vzorek a stanoveno chemické složení (sušina, popel, organická hmota, vláknina, frakce vlákniny, dusíkaté látky, tuk).

V bilančních pokusech byla použita semena bobu (Merkur, Fanfare, Mistral), pelušky (Arvika), lupiny úzkolisté (Boregine, Tango) a hrachu (Avatar, Protecta, Gambit). Semena luskovin byla našrotována na velikost 2 mm a zamíchána v množství 50:50 v sušině do kukuřičné siláže. Množství krmiva do pokusných krmných dávek bylo stanoveno na příjem 3 % sušiny váhy těla ovce na den a zvíře. Vzorky kukuřičné siláže a luskovin byly usušeny při 55 °C a namlety na velikost 1 mm pro stanovení obsahu živin.

Stanovení bylo provedeno na 4 skupcích plemene Romanovská ovce. Přípravné období bylo v délce 10 dnů využito k přivyknutí zvířat na novou krmnou dávku. Skopci byli ustájeni skupinově a měli přístup ke krmivu a vodě. Pokusné období trvalo 4 dny, skopci byli individuálně ustájeni v bilančních klecích, krmeni 2x denně v 8 a 17 hodin. Každé ráno před nakrmením byly zváženy zbytky a výkaly ke zjištění skutečného příjmu krmiva a stanovení stravitelnosti živin v nich. Pro zjištění stravitelnosti zrn luskovin proběhl před pokusy s nimi tzv. kontrolní pokus, kdy byla skupcům krmena pouze kukuřičná siláž, opět v množství na příjem 3 % sušiny váhy těla ovce na den a zvíře.

Vzorky zbytků krmiva (5 % z váhy) byly po dobu 4 dnů skladovány v lednici a poté usušeny při 55 °C v sušárně. Vzorky výkalů (10 % z váhy) byly po dobu 4 dnů skladovány v mrazáku a poté zlyofilizovány. Usušené vzorky výkalů a zbytků byly namlety na velikost 1 mm a v laboratoři v nich byly stanoveny živiny.

Chemické analýzy a statistika

Chemické složení vzorků bylo analyzováno v laboratoři VÚŽV, v.v.i. na oddělení Výživy a krmení hospodářských zvířat. Sušina (DM), popel, dusíkaté látky (NL), vláknina, neutrálně detergentní vláknina (NDF), acidodetergentní vláknina (ADF) a škrob byly stanoveny podle AOAC (2005). Obsah vlákniny je prezentován bez obsahu popela. Obsah neutrálně detergentní vlákniny byl stanoven s využitím sulfidu sodného a s alfa amylázou a je uváděn bez obsahu popela. Obsah acidodetergentní vlákniny je uváděn bez obsahu popela.

Statistická analýza byla provedena pomocí GLM analýzy programu SAS. Pro vyhodnocení jednotlivých rozdílů byl použit Tukeyho test.

Výsledky a diskuse

Tabulka 1. Porovnání *in vivo* stravitelnosti semene luskovin ze sklizně roku 2023 pro jednotlivé odrůdy hrachu, bobu, lupiny úzkolisté a pelušky.

Plodina	Hrách			Bob			Lupina úzkolistá	Peluška				
Stravitelnost	Odrůda											
	Gambit	Protecta	Avatar	Merkur	Mistral	Fanfare	Boregine	Tango	Arvika	SEM	P	
Sušina ¹	74,2	81,4	83,9	84,6	83,8	80,9	81,9	86,8	85,2	4,74	0,211	
OH ¹	76,2	82,9	85,5	85,9	85,8	82,2	83,5	88,1	87,1	4,55	0,188	
NL ¹	80,2	81,1	82,3	83,1	84,3	78,7	85,0	88,0	83,0	4,65	0,303	
NDF ¹	73,1	87,2	83,0	82,4	82,5	79,9	74,5	81,0	75,1	10,90	0,731	
Tuk ¹	84,5 ^{ab}	94,6 ^a	79,6 ^b	95,0 ^a	83,3 ^{ab}	93,3 ^a	90,6 ^{ab}	94,7 ^a	94,1 ^a	5,38	0,003	

NDF = neutrálně detergentní vlákniny, NL = dusíkaté látky, OH = organická hmota.

¹ %; ^{abcd} Hodnoty v řádku označené různými písmeny se průkazně liší (P < 0,05)

Tabulka 1 prezentuje výsledky porovnání *in vivo* stravitelnosti semen vybraných luskovin (hrách, bob, lupina úzkolistá a peluška) u jednotlivých odrůd luskovin. Hodnocena byla stravitelnost sušiny, organické hmoty (OH), dusíkatých látek, neutrálně detergentní vlákniny a tuku. Statistická významnost rozdílů byla posouzena pomocí p-hodnot, přičemž hodnoty označené různými písmeny v řádku se průkazně liší (P < 0,05). Stravitelnost sušiny se u sledovaných odrůd pohybovala v relativně úzkém rozmezí od 74,2 % (Gambit, hrách) do 86,8 % (Tango, lupina úzkolistá). Nejnížší hodnoty byly obecně zaznamenány u hrachu, zejména u odrůdy Gambit, zatímco bob, lupina úzkolistá a peluška vykazovaly vyšší a vyrovnanější hodnoty. Meziodrůdové rozdíly však nebyly statisticky průkazné (P = 0,211), což naznačuje, že stravitelnost sušiny je u těchto plodin relativně stabilní vlastností a méně ovlivněnou genetickými rozdíly mezi odrůdami. Podobný trend byl patrný i u stravitelnosti OH, kde se hodnoty pohybovaly od 76,2 % (Gambit) do 88,1 % (Tango). Nejvyšší stravitelnost OH byla zaznamenána u lupiny úzkolisté a pelušky, zatímco hrách opět vykazoval nižší hodnoty. Rozdíly mezi odrůdami ani mezi plodinami však nebyly statisticky významné (P = 0,188), což potvrzuje relativně jednotnou využitelnost organické hmoty napříč sledovanými variantami.

Stravitelnost NL se pohybovala v rozmezí 78,7–88,0 %. Nejnížší hodnoty byly zjištěny u bobu odrůdy Fanfare, zatímco nejvyšší stravitelnost dusíkatých látek vykazovala lupina úzkolistá (odrůda Tango). Hrách a peluška dosahovaly středních hodnot. Přestože jsou mezi jednotlivými odrůdami patrné určité rozdíly, statistická analýza neprokázala jejich významnost (P = 0,303). To naznačuje, že z hlediska využitelnosti bílkovin lze většinu sledovaných luskovin považovat za srovnatelný zdroj dusíkatých látek v krmných dávkách.

Stravitelnost NDF byla celkově nižší a vykazovala větší variabilitu než předchozí ukazatele, s hodnotami od 73,1 % do 83,0 %. Nejnížší stravitelnost vlákniny byla zaznamenána u hrachu odrůdy Gambit, zatímco nejvyšší hodnoty vykazoval bob odrůdy Mistral. Lupina úzkolistá i peluška dosahovaly spíše nižších až středních hodnot. Přestože rozdíly mezi odrůdami byly poměrně výrazné, nebyly statisticky průkazné (P = 0,731). To může souviset s vysokou variabilitou struktury buněčných stěn a rozdílným zastoupením vlákniny, které se nemusí plně projevit při daném počtu pozorování.

Na rozdíl od ostatních sledovaných ukazatelů byla stravitelnost tuku jediným parametrem, u něhož byly prokázány statisticky významné rozdíly mezi odrůdami ($P = 0,003$). Nejvyšší stravitelnost tuku byla zjištěna u hrachu odrůdy Gambit (84,5 %), zatímco nejvyšší hodnoty dosahovaly bob (Merkur – 95,0 %) a lupina úzkolistá (Tango – 94,7 %). Odrůdy lupiny a bobu obecně vykazovaly vyšší stravitelnost tuku než hrách, což lze vysvětlit rozdílným obsahem a složením lipidů v semenech jednotlivých plodin.

Statisticky průkazné rozdíly naznačují, že stravitelnost tuku je více ovlivněna jak druhem plodiny, tak i odrůdovými charakteristikami. Z praktického hlediska to může mít význam zejména při formulaci krmných dávek pro kategorie zvířat s vyšší potřebou energie.

Bílkovina v semeni hrachu, bobu a lupinách je do značné míry **rychle degradovatelná v bachoru (>80 %)**, obzvláště u šrotovaných krmiv, což znamená, že většina dusíkatých látek je přeměněna na mikrobiální protein a méně strávena ve střevě (Halmemies-Beauchet-Filleau et al., 2018). **Rychlá bachorová degradace bílkovin** může sjednotit celkovou stravitelnost NL i přes odlišnosti v genetice odrůd.

Studie ukazují, že **degradabilita proteinů a sacharidů v bachoru je vysoká u luskovin** a často větší než u některých olejnatých semen, což zvyšuje potřebu optimalizace krmných dávek s ohledem na mikrobiální syntézu bílkovin. Tepelné zpracování semen lupiny snižuje degradovatelnost proteinu v bachoru a zvyšuje post-ruminální dostupnost (Kibelolaud et al., 1993), což je prospěšné především u vysokoužitkových dojnic na začátku laktace.

Neprůkazné rozdíly ve stravitelnosti dusíkatých látek odpovídají experimentálním zjištěním **Watsona et al., (2017)**, kteří prokázali vysokou bachorovou degradabilitu bílkovin semen luskovin u skotu.

Závěr a doporučení pro praxi

Celkově lze konstatovat, že většina sledovaných ukazatelů stravitelnosti (*in vivo*) se mezi jednotlivými odrůdami a plodinami významně nelišila, což svědčí o relativně vyrovnané krmné hodnotě hodnocených luskovin a využitelnosti všech testovaných odrůd pro výživu mléčného skotu i výkrm býků. Výjimku představuje stravitelnost tuku, kde byly prokázány statisticky významné rozdíly, a to zejména ve prospěch bobu a lupiny úzkolisté. Tyto plodiny se tak jeví jako perspektivní nejen z hlediska obsahu živin, ale i jejich skutečné využitelnosti v organismu.

Výsledky zároveň potvrzují, že při hodnocení krmné hodnoty luskovin je vhodné zaměřit se nejen na chemické složení, ale také na *in vivo* stravitelnost jednotlivých živin, která může významně ovlivnit jejich praktické uplatnění ve výživě hospodářských zvířat.

Výsledky ukazují, že pro praktické využití v krmných dávkách je důležité zohlednit nejen obsah živin, ale i jejich skutečnou stravitelnost v bachoru, která je ovlivněna interakcemi mezi chemickým složením luskovin a mikrobiální fermentací.

2.2.2. Porovnání typů a odrůd hrachu setého pro silážování

Úvod a literární přehled

Luskoviny mají v pícninářství nezastupitelné postavení díky své schopnosti biologické fixace atmosférického dusíku a vysokému obsahu bílkovin (Shen et al., 2022). Zajišťují požadované množství krmiv o dobré kvalitě pro hospodářská zvířata a jsou významnou součástí vyvážených osevních postupů. Luskoviny mají na následné plodiny příznivý efekt z důvodu fixace dusíku, prokořenění půdy, vynášení živin ze spodních vrstev zpět do ornice, obohacení půdy humusem, rozšíření biodiverzity agroekosystému, navíc zvyšují výnos i obsah bílkovin následné plodiny.

Hrách setý (*Pisum sativum* L.) je hlavní luštěninová plodina důležitá jako krmivo pro zvířata i jako potravinu pro lidi. V roce 2023 bylo v České republice vyseto 46 954 ha hrachu, což představuje dominantní podíl z celkové plochy luskovin (51 920 ha).

Výživná hodnota hrachu pro silážování závisí především na odrůdě a vegetačním stádiu při sklizni (Cavallarin et al., 2006; Borreani et al., 2007). Pro silážování se doporučují úponkaté odrůdy bohaté na bílkoviny s nízkým obsahem kondenzovaných taninů (Rondahl, 2007). Na konci kvetení má hrachová siláž nízký obsah škrobu (5 % v sušině) a vysokou stravitelnost organické hmoty (74 %) (Børsting et al., 2002). Stravitelnost organické hmoty hrachové siláže a sójové siláže je podobná (průměr 69 %), stejně jako stravitelnost dusíkatých látek (83 %) a NDF (průměr 35 %) (Mustafa et al., 2003).

Některé odrůdy hrachu fermentují snadno, ale u časných vegetačních stádií dochází k rozsáhlé proteolýze, která zvyšuje podíl nebílkovinného dusíku (Mustafa et al., 2003). Sklizeň před plněním lusků zvyšuje proteolýzu během prvních dnů silážování, přičemž zavádění ani inokulace nemohou této proteolýze zabránit (Rondahl et al., 2011). U úponkatých odrůd není ztráta výživné hodnoty tak dramatická jako u listových odrůd (Borreani et al., 2007). Optimální vegetační stádium pro sklizeň je kvetení nebo fáze plochých lusků. Opožděná sklizeň vede ke snížení stravitelnosti a celkové krmné hodnoty.

Hrách lze pěstovat ve směsi s ovsem nebo jinými obilovinami ke vzájemnému prospěchu obou složek: hrách zvyšuje obsah bílkovin a energie porostu, zatímco obiloviny podporují hrách a snižují jeho poléhání. Směsi hrachu s obilovinami mají vyšší výnos suché hmoty, ale nižší obsah dusíkatých látek než čistý hrách. Směsi hrachu s travami mohou nabídnout efektivnější využití živin díky možné synchronizaci dodávky snadno fermentovatelné energie a dusíku v bacheru (Salawu et al., 2002).

V současné době chybí v České republice komplexní údaje o výživných hodnotách a silážovatelnosti jednotlivých typů a odrůd hrachu. Podkladem pro krmiváře zůstává zastaralý "Katalog krmiv VÚVZ Pohořelice" z roku 1995 (Zeman et al., 1995), kde jsou uvedeny pouze orientační hodnoty pro hrachovou siláž. Cílem této certifikované metodiky je proto poskytnout aktuální údaje o výživných hodnotách a silážovatelnosti hlavních typů a odrůd hrachu pěstovaných v České republice a doporučit nejvhodnější odrůdy pro silážování.

Materiál a metodika

Pokusné lokality a odrůdy

V letech 2021–2024 byly provedeny tři polní pokusy zaměřené na porovnání výživných hodnot a silážovatelnosti různých typů a odrůd hrachu.

Pokus 1 (Šumperk, 2022–2023): Porovnání 7 odrůd úponkatého hrachu (Impuls, Gambit, Trendy, Avatar, Saxon, Protin, Atoll) s jednou odrůdou listového typu (Protecta). Každá varianta byla vyseta ve třech

opakováních s náhodným umístěním. Hrách byl naset do hloubky 5–6 cm v dávce 250–300 kg/ha maloparcelkovým secím strojem HEGE. Setí proběhlo 13. 4. 2022 a 20. 4. 2023. Odběr vzorků pro silážování byl v roce 2022 proveden 11. 7. a 26. 7., v roce 2023 ve dnech 29. 6., 10. 7. a 14. 7. Na zrno byly porosty sklizeny 29. 7. 2022 a 27. 7. 2023.

Pokus 2 (Velké Opatovice, 2021 a 2023): Porovnání listové odrůdy Arvika, úponkaté odrůdy Gambit a směsky úponkaté odrůdy Gambit s jarním ječmenem Solist. Plocha každé parcely byla 110 m × 12 m. Výsevek byl 250 kg/ha pro úponkatý hrách Gambit, 180 kg/ha pro listový hrách Arvika a pro směs 220 kg/ha hrachu + 50 kg/ha ječmene. Odběr vzorků pro experimentální výrobu siláže byl proveden 7. 7. 2021 a 11. 7. 2023. Vzorky píce (ze 4 opakování) byly silážovány ve speciálních laboratorních silech vybavených fermentačními víčky. 5 kg nasečených rostlin (délka 25 mm) bylo zhutněno v silech. Nebyly použity žádné silážní přísady. Po 120 dnech fermentace byla sila otevřena a provedeny chemické analýzy.

Pokus 3 (Velká Routka 2024): Porovnání dvou odrůd úponkatého hrachu (Gambit, Avatar), jedné odrůdy listového typu (Protecta) a pelušky (Arvika). Pokus byl založen na lokalitě Velká Routka v nadmořské výšce 433 m na půdním typu hnědozem. Výsevek: Gambit 270 kg/ha, Avatar 270 kg/ha, Protecta 270 kg/ha, Ervika 160 kg/ha. Setí proběhlo 4. 4. 2024, sklizeň 9. 7. 2024. Vzorky byly silážovány stejným způsobem jako v pokusu 2.

Průběh počasí během vegetace

V roce 2022 (Šumperk) bylo během vegetace dostatek vláhy. V dubnu dosáhly srážky 40 mm (111,6 % normálu), v květnu 58 mm (84 % normálu) a v červnu 78,2 mm (94,6 % normálu). Průměrná denní teplota v květnu byla o 1,2 °C vyšší než teplotní normál. Délka kvetení byla 13–18 dní.

Rok 2023 (Šumperk) byl celkově sušší. Duben byl srážkově nadnormální (58,6 mm = 161,8 % normálu), ale květen byl velmi suchý (36,2 mm = 52,4 % normálu) a červen podnormální (30 mm). Délka kvetení byla kratší (7–9 dní) vlivem sucha a teplejšího počasí. Výskyt viróz byl nadprůměrný, stejně jako výskyt komplexu kořenových chorob způsobujících vadnutí rostlin.

V roce 2024 (Velká Routka) byly úhrny srážek během vegetace nízké: březen 38 mm, duben 21 mm, květen 73 mm, červen 42 mm.

Chemické analýzy a statistika

Chemické složení původních rostlin a siláží bylo analyzováno v agrolaboratoři NutriVet s.r.o. v Pohořelicích. Sušina, popel, dusíkaté látky, neutrálně detergentní vláknina, acidodetergentní vláknina a škrob byly stanoveny podle AOAC (2005). Stravitelnost *in vitro* organické hmoty i vlákniny byla hodnocena po inkubaci 24 hodin. Rozpustné sacharidy (WSC) byly stanoveny podle Weiss a Hall (2020).

Parametry kvality fermentace siláží byly analyzovány bezprostředně po otevření sil. Stanoveno bylo pH elektrometricky, kyselina mléčná (LA), kyselina octová (AA), kyselina propionová (PA) a kyselina máselná (BA) podle Kvasnička (2000). Amoniak-dusík (NH₃-N) byl stanoven jako podíl celkového dusíku.

K vyhodnocení výsledků byl použit program STATISTICA 10 (StatSoft, Tulsa, OK, USA). Data byla zpracována analýzou rozptylu ANOVA. Rozdíly mezi průměry byly stanoveny Tukeyovým testem mnohonásobného porovnání na hladině významnosti $P < 0,05$.

Výsledky a diskuse

Výživné hodnoty celých rostlin

Obsah sušiny byl významně ovlivněn vegetačním stádiem při sklizni.

Dvouletý pokus v Šumperku ukázal dramatický vliv ročníku na růst a výnosy hrachu. V příznivém roce 2022 s dostatkem vláhy byl průměrný denní nárůst sušiny 2,74 % a průměrný výnos zrna 4,77 t/ha. V suchém roce 2023 poklesl denní nárůst sušiny na 0,72 % u úponkatých odrůd (pokles o 74 %), zatímco listová odrůda Protecta dosáhla rychlejšího denního nárůstu %, což naznačuje vyšší odolnost listového typu vůči suchu. Výnosy zrna v roce 2023 klesly na 3,42 t/ha, což představuje pokles o 28 % oproti roku 2022. Nejvyšší výnos zrna měla v obou letech odrůda Saxon (2022: 5,28 t/ha, 2023: 3,83 t/ha), nejnižší odrůda Impuls (2022: 3,56 t/ha, 2023: 3,26 t/ha). Z pohledu silážovatelnosti je třeba v době dozrávání častěji sledovat nárůst sušiny a včas porosty sklídit.

Cílem pokusu 2 bylo analyzovat siláže vyrobené z listnatého (L), pololistého (SL) hrachu a ze směsky hrachu SL a jarního ječmene (B). Siláž z hrachu SL měla výrazně vyšší obsah sušiny, škrobu, NEL a výrazně nižší produkci surového proteinu, neutrální detergentní vlákniny a metanu než siláž z hrachu L. Siláž SLxB vykazovala výrazně vyšší NDF, NEL a potenciál produkce mléka a výrazně nižší NL a popel než siláž z hrachu SL. Siláž z hrachu SL měla vyšší poměr LA a LA k těkavým mastným kyselinám (LA/VFA) a výrazně nižší pH a kyselinu octovou. SLxB měla vyšší LA. Ztráty sušiny se mezi testovanými silážemi významně nelišily.

V pokusu 3 měla peluška Arvika signifikantně vyšší obsah sušiny při sklizni (27,1 %) než úponkaté hrachy Gambit (20,1 %) a Avatar, což ji činí vhodnější pro silážování bez zavadání. Hrách listového typu Protecta měl střední hodnotu obsahu sušiny. Vyšší obsah sušiny pelušky při sklizni je důležitou agronomickou výhodou, která usnadňuje proces silážování a snižuje riziko nežádoucí fermentace.

Obsah dusíkatých látek se významně lišil mezi typy hrachu. Úponkový hrách měl v průměru nižší obsah dusíkatých látek (21–24 % v sušině) než hrách listového typu (24–26 % v sušině). Peluška vykazovala střední hodnoty. Mezi jednotlivými odrůdami úponkatého hrachu byly rovněž významné rozdíly – odrůda Protin měla nejvyšší obsah dusíkatých látek (až 27 % v sušině), zatímco odrůdy Gambit a Trendy měly hodnoty kolem 21–22 %. Tyto rozdíly jsou v souladu s údaji Dostálová a Horáček (2009) a Tran et al. (2022).

Obsah škrobu vykazoval opačný trend – úponkaté odrůdy měly vyšší obsah škrobu (průměr 24–27 % v sušině) ve srovnání s listovými odrůdami (18–21 % v sušině). Nejvyšší obsah škrobu byl zjištěn u odrůdy Gambit, což ji činí zvláště vhodnou pro výživu vysokoužitkových dojnic. Vyšší obsah škrobu u úponkatých odrůd souvisí s větší produkcí semen ve vztahu k celkové biomase.

Obsah neutrálně detergentní vlákniny byl vyšší u listových odrůd (42–45 % v sušině) než u úponkatých odrůd (38–40 % v sušině). Peluška měla nejnižší obsah NDF (35–37 % v sušině), což přispívá k její vysoké stravitelnosti. Nižší obsah vlákniny je pozitivní z hlediska energetické hodnoty píce.

Stravitelnost organické hmoty po 24 hodinách inkubace byla nejvyšší u pelušky (78 %), následována listovým typem (74–76 %) a úponkatými odrůdami (72–74 %). Stravitelnost hrubé vlákniny vykazovala podobný trend. Tyto výsledky jsou v souladu se studiemi Borreani et al. (2007), kteří uvádějí, že u úponkatých odrůd není ztráta stravitelnosti během zrání tak dramatická jako u listových odrůd.

Výživné hodnoty a kvalita fermentace siláží

Kvalita fermentace siláží se výrazně lišila mezi jednotlivými typy hrachu. Úponkaté hrachy vykazovaly nejhorší fermentační parametry s vysokým pH (5,21–5,33), nízkým obsahem kyseliny mléčné (0,11–0,23 % v sušině) a vysokou proteolýzou vyjádřenou obsahem NH₃-N (6,05–9,76 % celkového N). Tyto výsledky

naznačují aktivitu klostridií a nedostatečnou tvorbu kyseliny mléčné, pravděpodobně v důsledku nízké sklizňové sušiny a nedostatku rozpustných cukrů.

Peluška dosáhla výrazně lepších výsledků s pH 4,45, obsahem kyseliny mléčné 0,85 % a NH₃-N 4,85 %. Lepší fermentace pelušky je pravděpodobně způsobena vyšší sklizňovou sušinou a lepším obsahem rozpustných cukrů. Hrách listového typu Protecta měl střední hodnoty fermentačních parametrů (pH 4,78, kyselina mléčná 0,56 %).

V pokusu 2 (laboratorní síla) byla kvalita fermentace ovlivněna i přítomností ječmene ve směsi. Směs úponkatého hrachu Gambit s jarním ječmenem Solist měla signifikantně vyšší obsah kyseliny mléčné než čistý úponkatý hrách, což potvrzuje příznivý vliv obiloviny na fermentaci hrachové siláže. Obiloviny dodávají do směsi rozpustné cukry a snižují pufrací kapacitu, což usnadňuje pokles pH a tvorbu kyseliny mléčné. Tyto výsledky jsou v souladu se studií Salawu et al. (2002).

Poměr kyseliny mléčné k těkavým mastným kyselinám (LA/TMK) byl nejvyšší u pelušky (průměr 3,8), následován směsí hrách-ječmen (3,2) a listovým hrachem (2,5). Úponkaté hrachy měly nejnižší poměr LA/TMK (1,2–1,5), což potvrzuje jejich problematickou fermentaci. Vysoký poměr LA/TMK je ukazatelem kvalitní homofermentativní fermentace, jak uvádějí Kung et al. (2018).

Porovnání odrůd úponkatého hrachu pro silážování

Pro silážování se z testovaných úponkatých odrůd nejvíce hodí odrůda Gambit, která měla nejen nejvyšší obsah škrobu, ale i relativně vyšší stravitelnost organické hmoty i hrubé vlákniny ve srovnání s ostatními úponkatými odrůdami. Pro silážování lze doporučit i odrůdu Trendy vzhledem k nejvyššímu obsahu sušiny při optimálním termínu sklizně. Trendy je poloraná odrůda na rozdíl od ostatních testovaných odrůd, které jsou středně rané.

Odrůda Protin měla nejvyšší obsah dusíkatých látek (až 27 % v sušině), což může vést k nižší silážovatelnosti a vyšší proteolýze. U píce s velmi vysokým obsahem bílkovin dochází k intenzivní proteolýze, která snižuje kvalitu siláže zvýšeným obsahem amoniaku a aminů. Proto je odrůda Protin vhodnější pro sklizeň na zrno než na siláž.

Výnosy zrna byly nejvyšší u odrůdy Saxon (průměr 4,5 t/ha), nejnižší u odrůdy Impuls (průměr 3,3 t/ha). Odrůdy Gambit, Trendy a Avatar vykazovaly střední výnosy (3,8–4,2 t/ha). Výnosy zrna byly v sušším roce 2023 o 29 % nižší než v příznivějším roce 2022, což potvrzuje závislost výnosů na vývoji počasí během vegetace.

Vliv termínu sklizně

Termín sklizně má zásadní vliv na kvalitu hrachové siláže. Výsledky ukázaly, že denně se zvýšil obsah sušiny celých rostlin hrachu přibližně o 1 %. Při příliš rané sklizni (sušina < 20 %) dochází k rozsáhlé proteolýze a obtížné fermentaci. Při příliš pozdní sklizni (sušina > 40 %) je již materiál pro silážování nevhodný. Optimální obsah sušiny pro sklizeň na siláž je 25–35 %, což v podmínkách Šumperska odpovídá začátku července a v oblasti Malé Hané přibližně 10.–15. červenci.

Pro sklizeň na zrno je optimální termín konec července, kdy sušina zrna dosahuje 14–16 %. Pokud je sušina zrna příliš vysoká, zrno se láme, což komplikuje zejména konzervaci vlhkého zrna. Vzhledem k tomu, že zrno hrachu je poměrně tvrdé, je důležité, aby při konzervaci vlhkého zrna nebyla sušina příliš vysoká, aby bylo zmáčknutí dokonalé.

Směsi hrachu s obilovinami

Pěstování hrachu ve směsi s jarním ječmenem nebo ovsem přináší několik výhod. Obiloviny poskytují mechanickou podporu hrachu a snižují riziko poléhání, což je zvláště důležité u listových odrůd. Současně obiloviny dodávají do směsi rozpustné cukry, které usnadňují fermentaci a zlepšují kvalitu siláže. Výsledky pokusu 2 ukázaly, že směs úponkatého hrachu Gambit s jarním ječmenem Solist měla signifikantně lepší fermentační parametry než čistý úponkatý hrách.

Směsi hrachu s obilovinami mají nižší obsah dusíkatých látek než čistý hrách, ale vyšší výnos suché hmoty. Doporučené složení směsi je 70–80 % hrachu a 20–30 % obiloviny podle hmotnosti semen. Sklizeň směsi by měla být načasována podle vegetačního stádia obiloviny – pro dojnice v pozdním mléčném až raném těstovitém stádiu, pro jalovice a masný skot v měkkém těstovitém stádiu.

Závěr a doporučení pro praxi

Výsledky tříletého výzkumu (2021–2024) prokázaly významné rozdíly ve výživných hodnotách a silážovatelnosti mezi jednotlivými typy a odrůdami hrachu:

Peluška (*Pisum sativum* subsp. *arvense*) vykazuje nejlepší vlastnosti pro silážování – má nejvyšší sklizňovou sušinu (27 %), nejvyšší stravitelnost organické hmoty (78 %), nejnižší obsah NDF a nejlepší fermentační parametry (pH 4,45, LA/TMK poměr 3,8). Peluška je méně náchylná k poléhání než hrách listového typu. Odrůda Ervika je doporučena pro silážování v oblastech s rizikem sucha.

Z úponkatých odrůd hrachu setého se pro silážování nejvíce hodí odrůda Gambit díky vysokému obsahu škrobu a relativně dobré stravitelnosti. Pro silážování lze doporučit i odrůdu Trendy vzhledem k vyššímu obsahu sušiny při optimálním termínu sklizně. Odrůda Saxon je vhodná především pro produkci zrna díky nejvyššímu výnosu (průměr 4,5 t/ha).

Hrách listového typu (odrůda Protecta) má vyšší obsah dusíkatých látek a větší listovou plochu než úponkaté odrůdy, ale je náchylnější k poléhání. Proto se doporučuje pěstovat ve směsi s jarním ječmenem nebo ovsem v poměru 70–80 % hrachu a 20–30 % obiloviny. Směs má lepší fermentační parametry než čistý úponkatý hrách.

Optimální termín sklizně na siláž je při obsahu sušiny 25–35 %, což v podmínkách ČR odpovídá začátku až polovině července (v závislosti na lokalitě a průběhu počasí). Denní nárůst sušiny je přibližně 1 %, proto je nutné termín sklizně pečlivě hlídat. Pro sklizeň na zrno je optimální termín konec července při sušině zrna 14–16 %.

Úponkaté odrůdy hrachu mají nižší silážovatelnost než peluška a vyžadují použití silážních přísad – nejlépe chemických na bázi kyseliny mravenčí nebo směsných kyselin. Při nižší sklizňové sušině (< 25 %) je nutné zavádění nebo použití biologických přísad s homofermentativními bakteriemi.

Ekonomické zhodnocení: Peluška má nižší náklady na osivo (160 kg/ha) než hrách setý (250–300 kg/ha), je méně náchylná k chorobám a škůdcům a nevyžaduje mechanickou podporu. Úponkaté odrůdy hrachu setého mají vyšší výnosy zrna, ale vyšší náklady na osivo a silážní přísady. Směsi s obilovinami snižují náklady na dusíkaté hnojení následné plodiny díky biologické fixaci dusíku.

2.2.3. Porovnání odrůd bobu obecného pro silážování

Úvod a literární přehled

Bob obecný (*Vicia faba* L.) je významná zemědělská plodina mírného pásma patřící do čeledi bobovité (*Fabaceae*). Bob je pěstován především v řepařské a obilnářské výrobní oblasti jako zelené hnojení, krycí plodina i krmivo pro hospodářská zvířata v monokultuře i ve směskách. Víceúčelová produkční schémata

mohou pěstitelům bobu poskytnout větší flexibilitu řízení a mohou vést k větším přínosům nejen pro půdní profil fixací atmosférického dusíku, ale i ekonomického profitu (Brasier et al., 2023).

Pro hospodářská zvířata představuje bob nízkonákladové krmivo s vysokým obsahem bílkovin (25–33 % v sušině) a sacharidů (40–48 % škrobu v sušině) (Turco et al., 2016). V poslední době zažívá pěstování bobu jako krmiva renesanci, protože na rozdíl od sóji nehrozí jeho křížení s geneticky modifikovanými odrůdami, což má velký význam především v ekologickém zemědělství.

Pro krmivářské účely se nejvíce využívají typy equina a minor, přičemž typ minor je vhodný především jako složka směsek na zelené krmení nebo silážování s ovsem, tritikale nebo jílkem mnohokvětým.

Bob produkuje velké množství pylu s vysokou výživnou hodnotou pro včely a rychlý nárůst hmoty může způsobit špatný odhad doby sklizně v klíčových vývojových fázích. Správný odhad pak představuje velký potenciál k dosažení vysokého výnosu i kvality produktu (Brasier et al., 2023). Podle Etemadi et al. (2019) je optimální doba sklizně bobu na siláž tehdy, když sušina řezanky dosáhne 35–40 %, tedy když monokulturně pěstovaný porost je na počátku žluté zralosti, semena jsou pevná a lusky ve spodní třetině již černé.

Bob má obecně dobrou silážovatelnost díky vysokému obsahu rozpustných cukrů a nižší pufrační kapacitě ve srovnání s jinými luskovinami. Fraser et al. (2001) uvádějí, že některé odrůdy bobu fermentují snadno a dosahují uspokojivých výsledků i bez použití silážních přísad. Optimální obsah sušiny pro silážování je 30–40 %, při vyšší sušině je obtížnější dosažení dostatečného zhutnění a anaerobních podmínek. Zavadání je proto u bobu méně vhodné než u jiných luskovin.

Homolka et al. (2024) ve své certifikované metodice uvádějí, že z pohledu výnosu, obsahu dusíkatých látek a stravitelnosti byl z luskovin nejlepší plodinou pro pícní, a tedy i silážní využití, bob. Z pohledu termínu sklizně je obecně pro bob nejvýhodnější sklizeň v době plnění semen. Pozdější sklizeň již poskytuje nižší výnosy dusíkatých látek a nižší stravitelnost živin.

V současné době chybí v České republice komplexní údaje o výživných hodnotách a silážovatelnosti jednotlivých odrůd bobu při různých způsobech sklizně. Cílem této certifikované metodiky je proto poskytnout aktuální údaje o výživných hodnotách a silážovatelnosti hlavních odrůd bobu pěstovaných v České republice, porovnat kvalitu fermentace mezi odrůdami a určit optimální způsob sklizně (napřímo vs. se zavadáním) pro zajištění nejvyšší kvality bobu silážovaného.

Materiál a metodika

Pokusné lokality a odrůdy

V letech 2023–2024 byly provedeny dva polní pokusy zaměřené na porovnání výživných hodnot a silážovatelnosti různých odrůd bobu a optimálního způsobu sklizně.

Pokus 1 (Cetkovice 2023): Porovnání dvou odrůd bobu (Mistral a Merkur) při sklizni napřímo versus se zavadáním. Pokus proběhl v lokalitě Cetkovice v oblasti Malá Haná na poli o rozloze 1320 m² v nadmořské výšce 441 m s půdním typem hnědozem. Mistral je poloraná bělokvětá odrůda (00) nízkého typu, vhodná k produkci zrna a jako krycí plodina, registrovaná v roce 2002. Merkur je polopozdní barevně kvetoucí odrůda klasického typu, vyššího vzrůstu, charakteristická vysokým výnosem, registrovaná v roce 1997. Obě odrůdy jsou odolné proti poléhání.

Příprava na setí byla provedena 4. 4. 2023 kompaktozem Bednar Swifter, vlastní setí 5. 4. 2023 secím strojem Horsch Pronto s výsevkem odrůdy Mistral 320 kg/ha a odrůdy Merkur 330 kg/ha. Sklizeň na siláž proběhla 20. 7. 2023 (15 týdnů od zasetí, 105 dnů). Řezanka byla silážována ve čtyřech opakováních do skleněných čtyřlitrových lahví opatřených jednocestným fermentačním ventilem pro únik plynů. Polovina materiálu byla sklizena napřímo při sušině 42,9 %, druhá polovina byla nejprve zavadána na sušinu 64,1 %. Lahve byly uloženy 19 týdnů při průměrné teplotě 22 °C v laboratoři bez přístupu světla.

Pokus 2 (Velké Opatovice 2024): Porovnání dvou odrůd bobu (Mistral a Merkur) s jinými luskovinami. Pokus proběhl ve Velkých Opatovicích v lokalitě Velká Routka v nadmořské výšce 433 m na půdním typu hnědozem. Výsevek: odrůda Mistral 330 kg/ha a odrůda Merkur 260 kg/ha. Setí proběhlo 4. 4. 2024, sklizeň 9. 7. 2024. Vzorky byly silážovány stejným způsobem jako v pokusu 1, tj. ve skleněných čtyřlitrových lahvích s fermentačním ventilem. Nebyly použity žádné silážní přísady.

Průběh počasí během vegetace

V roce 2023 (Cetkovice) napadlo v dané oblasti za dobu vegetace (od dubna do konce července) výrazně méně srážek než je normál let 1991–2020. Duben: 64,4 mm (190 % normálu), květen: 32 mm (51 % normálu), červen: 24,8 mm (36 % normálu), červenec: 53,4 mm (64 % normálu). Celkový úhrn srážek za vegetaci byl 175 mm oproti normálu 248 mm. Teplota byla s normálem srovnatelná (průměr 14,5 °C). Méně srážek a vyšší teploty zřejmě zapříčinily, že se sklízelo při vyšší sušíně než obvykle.

V roce 2024 (Velké Opatovice) byly úhrny srážek během vegetace nízké: březen 38 mm, duben 21 mm, květen 73 mm, červen 42 mm. Celkový úhrn srážek za vegetaci byl výrazně podnormální.

Chemické analýzy a statistika

Chemické složení původních rostlin a siláží bylo analyzováno v agrolaboratoři NutriVet s.r.o. v Pohořelicích. Sušina, popel, dusíkaté látky, hrubá vláknina, neutrálně detergentní vláknina, acidodetergentní vláknina, škrob a rozpustné cukry byly stanoveny podle AOAC (2005).

Parametry kvality fermentace siláží byly analyzovány bezprostředně po otevření lahví. Stanoveno bylo pH elektrometricky, kyselost vodního výluhu (KVV), kyselina mléčná, kyselina octová, těkavé mastné kyseliny a amoniakální dusík. Poměr kyseliny mléčné k těkavým mastným kyselinám (KM/TMK) byl vypočítán jako ukazatel kvality fermentace. Ztráty sušiny během silážování byly stanoveny gravimetricky.

K vyhodnocení výsledků byl použit program STATISTICA 10 (StatSoft, Tulsa, OK, USA). Data byla zpracována analýzou rozptylu ANOVA s použitím Tukeyho testu HSD. Rozdíly mezi průměry byly hodnoceny na hladině významnosti $P < 0,05$. Vyhodnoceny byly hlavní efekty (odrůda, způsob sklizně) i jejich interakce.

Výsledky a diskuse

Výživné hodnoty celých rostlin před silážováním

Obsah sušiny při sklizni byl významně ovlivněn ročníkem, odrůdou a způsobem sklizně. V pokusu 1 (Cetkovice 2023) byl bob sklizen při průměrné sušíně 42,9 % (sklizeň napřímo), což je při horní hranici doporučeného rozmezí pro silážování (35–40 % podle Etemadi et al., 2019). Po zavádání dosáhla sušina 64,1 %, což je pro silážování již nepřijatelné. Odrůda Mistral měla při sklizni napřímo nižší sušinu (40,6 %) než odrůda Merkur (45,2 %), po zavádání byl rozdíl ještě výraznější (60,7 % vs. 67,6 %).

V pokusu 2 (Velké Opatovice 2024) byl bob sklizen při výrazně nižší sušíně. Odrůda Mistral měla sušinu pouze 17,8 % a odrůda Merkur 14,8 %, což je pod optimem pro silážování. Při takto nízké sušíně je nutné použít silážní přísady nebo zavádání. Rozdíl v obsahu sušiny mezi roky byl způsoben odlišným průběhem počasí a rozdílným termínem sklizně vzhledem k fenologickému stádiu rostlin.

Obsah dusíkatých látek se pohyboval v rozmezí 15,0–17,8 % v sušíně. Při sklizni napřímo byl obsah dusíkatých látek signifikantně vyšší (16,1 %) než po zavádání (15,0 %). Odrůda Mistral měla průměrně vyšší obsah dusíkatých látek (16,0 %) než odrůda Merkur (15,2 %), což odpovídá charakteristice

bělokvětých odrůd, které mají obecně vyšší stravitelnost bílkovin. Tyto hodnoty jsou v souladu s literaturou, která uvádí obsah bílkovin u bobu v rozmezí 25–33 % v sušině zrna (Feedipedia, 2014).

Obsah neutrálně detergentní vlákniny se pohyboval v rozmezí 37,0–42,6 % v sušině. Při sklizni napřímo byl obsah NDF nižší (38,0 %) než po zavádání (39,7 %). Odrůda Mistral měla vyšší obsah NDF (40,8 %) než odrůda Merkur (37,0 %). Acidodetergentní vláknina vykazovala podobný trend. Nižší obsah vlákniny je příznivý z hlediska energetické hodnoty píče.

Obsah rozpustných cukrů byl v průměru 10,3–10,5 % v sušině a nelišil se významně mezi způsobem sklizně ani mezi odrůdami. Vysoký obsah rozpustných cukrů je příznivý pro fermentaci a je jedním z důvodů, proč bob dobře silážuje. Obsah škrobu byl nízký (1,4–1,5 % v sušině), což je typické pro celé rostliny sklizené před plnou zralostí.

Výživné hodnoty siláží

Výživné hodnoty siláží byly ovlivněny především odrůdou a v menší míře způsobem sklizně. Siláž vyrobená ze sklizně napřímo měla nižší obsah NDF (39,2 % vs. 41,4 % v sušině) a nižší obsah popele (7,78 % vs. 8,15 % v sušině) než siláž ze zavadané řezanky. Obsah dusíkatých látek byl u siláže ze sklizně napřímo neprůkazně vyšší (17,8 % vs. 16,4 % v sušině).

Odrůda Mistral měla v siláži nižší obsah sušiny (51,0 %) a popele (7,40 %) než odrůda Merkur (54,4 % a 8,53 %). Obsah dusíkatých látek byl u odrůdy Mistral neprůkazně vyšší. Obsah rozpustných cukrů v siláži byl významně vyšší u siláže ze sklizně napřímo (5,44 % vs. 2,86 % v sušině), což naznačuje, že při sklizni se zavádáním bylo na fermentaci spotřebováno více cukrů.

Kvalita fermentace siláží

Kvalita fermentace se výrazně lišila mezi způsobem sklizně. Siláž ze sklizně napřímo měla významně nižší pH (4,36) než siláž ze zavadané řezanky (4,70). Nižší pH je příznivým ukazatelem kvality fermentace a naznačuje dostatečnou tvorbu organických kyselin. Optimální pH pro kvalitní siláž je v rozmezí 3,8–4,5 (Kung et al., 2018).

Obsah kyseliny mléčné byl významně vyšší u siláže ze sklizně napřímo (2,22 % v sušině) než u siláže ze zavadané řezanky (1,90 % v sušině). Kyselina mléčná je hlavním produktem žádoucí homofermentativní fermentace a její vyšší obsah je pozitivním ukazatelem. Obsah kyseliny octové byl naopak vyšší u siláže ze sklizně napřímo (1,04 % vs. 0,64 %), což může naznačovat určitou aktivitu heterofermentativních bakterií.

Ztráty sušiny během silážování byly výrazně nižší u siláže ze sklizně napřímo (4,69 %) než u siláže ze zavadané řezanky (9,43 %). Nižší ztráty jsou ekonomicky příznivé a naznačují efektivnější fermentační proces. Vysoké ztráty u zavadané řezanky byly pravděpodobně způsobeny nedostatečným zhutněním materiálu s vysokou sušinou a problémy s vytvořením anaerobních podmínek.

Porovnání odrůd Mistral a Merkur

Odrůda Mistral vykazovala konzistentně lepší fermentační parametry než odrůda Merkur. Mistral měl nižší pH (4,41 vs. 4,65), nižší obsah kyseliny octové (0,78 % vs. 0,90 % v sušině) a především výrazně nižší ztráty sušiny (3,71 % vs. 10,40 %). Lepší fermentace odrůdy Mistral je pravděpodobně způsobena několika faktory: nižší sklizňovou sušinou, vyšším obsahem dusíkatých látek a absencí taninů (bělokvětá odrůda).

Výsledky potvrzují pozorování Seidenglanze a Huňadyho (2016), kteří zjistili, že odrůda Merkur je odolnější vůči škůdcům než jiné odrůdy, což souvisí s přítomností taninů. Taniny však současně snižují stravitelnost a zhoršují fermentační procesy. Pro silážování se tedy jeví jako vhodnější bělokvěté odrůdy

typu Mistral, které mají lepší silážovatelnost, i když mohou vyžadovat intenzivnější ochranu proti škůdcům během vegetace.

Porovnání bobu s jinými luskovinami

V pokusu 2 (Velké Opatovice 2024) byl bob porovnáván s jinými luskovinami – úponkatým hrachem a peluškou. Bob vykazoval nejlepší fermentační charakteristiky ze všech testovaných luskovin s nejnižším pH (3,68–3,76), nejvyšším obsahem kyseliny mléčné (1,20–1,30 % v sušině) a nejnižší proteolýzou vyjádřenou NH₃-N (2,97–4,07 % celkového N). Tyto výsledky jsou v souladu s literárními údaji o dobré silážovatelnosti bobu při odpovídající sušině (Kung et al., 2018).

Peluška dosáhla druhých nejlepších výsledků, zatímco úponkaté hrachy měly nejhorší fermentaci s vysokým pH (5,21–5,33) a vysokou proteolýzou. Rozdíly jsou způsobeny především rozdílnou sklizňovou sušinou – bob a peluška byly sklizeny při vyšší sušině než úponkaté hrachy, což usnadnilo fermentaci.

Závěr a doporučení pro praxi

Výsledky dvouletého výzkumu (2023–2024) prokázaly významné rozdíly ve výživných hodnotách a silážovatelnosti mezi odrůdami bobu a způsobu sklizně:

Optimální způsob sklizně: Sklizeň bobu na siláž napřímo (bez zavádání) poskytuje lepší výsledky než sklizeň se zavádáním. Siláž po sklizni napřímo měla nižší pH (4,36 vs. 4,70), vyšší obsah kyseliny mléčné (2,22 % vs. 1,90 % v sušině) a zejména výrazně nižší ztráty sušiny (4,69 % vs. 9,43 %). Zavádání až na sušinu 64 % způsobilo problémy s zhutněním materiálu a vytvořením anaerobních podmínek, což vedlo k vyšším ztrátám a horší kvalitě fermentace.

Optimální obsah sušiny při sklizni: Doporučený obsah sušiny pro sklizeň bobu na siláž je 35–45 %. Při nižší sušině (< 20 %) je nutné použít silážní přísady nebo zavádání na optimální sušinu. Při vyšší sušině (> 50 %) dochází k problémům se zhutněním a vyšším ztrátám. V podmínkách České republiky to odpovídá sklizni v období počátku žluté zralosti, kdy semena jsou pevná a lusky ve spodní třetině rostlin již černé.

Výběr odrůdy: Pro silážování se doporučuje bělokvětá odrůda Mistral (00 typ) díky lepším fermentačním parametrům – nižšímu pH (4,41 vs. 4,65), nižšímu obsahu kyseliny octové a zejména výrazně nižším ztrátám sušiny (3,71 % vs. 10,40 %) ve srovnání s barevnokvětou odrůdou Merkur. Mistral má vyšší obsah dusíkatých látek a lepší stravitelnost, ale vyžaduje pečlivější ochranu proti chorobám a škůdcům během vegetace.

Bob ve srovnání s jinými luskovinami: Bob vykazuje nejlepší silážovatelnost ze všech testovaných luskovin (hrách, peluška, bob) při odpovídající sušině. Má nejnižší pH (3,68–3,76), nejvyšší obsah kyseliny mléčné (1,20–1,30 % v sušině) a nejnižší proteolýzu (NH₃-N 2,97–4,07 % celkového N). Z pohledu výnosu, obsahu dusíkatých látek a stravitelnosti je bob nejlepší luskovinou pro silážní využití.

Termín sklizně: Bob začíná obvykle kvést za 70 dnů po zasetí, zelené zralosti dosahuje zhruba za 120 dnů. Optimální termín sklizně na siláž je v období 100–110 dnů po zasetí, což v podmínkách České republiky odpovídá přibližně polovině července (závisí na termínu setí a průběhu počasí). Rychlý nárůst hmoty může způsobit špatný odhad doby sklizně, proto je nutné pravidelně sledovat obsah sušiny.

Použití silážních přísad: Při sklizni v optimálním rozmezí sušiny (35–45 %) není u bobu nutné použití silážních přísad díky vysokému obsahu rozpustných cukrů (10–11 % v sušině) a dobré fermentovatelnosti. Při nižší sušině (< 30 %) se doporučuje použití chemických přísad na bázi kyseliny mravenčí nebo biologických přísad s homofermentativními bakteriemi.

Ekonomické zhodnocení: Bob představuje nízkonákladové krmivo s vysokým obsahem bílkovin (25–33 % v sušině) a sacharidů. Sklizeň napřímo snižuje náklady na sklizeň (není nutné zavádání) a současně snižuje ztráty. Bělokvětá odrůda Mistral má vyšší stravitelnost, ale může vyžadovat vyšší náklady na ochranu

roślin během vegetace. Bob fixuje 150–270 kg N/ha, což snižuje náklady na dusíkaté hnojení následné plodiny. Bob je výbornou předplodinou pro ozimou pšenici.

2.2.4 Využití semene lupiny bílé a lupiny žluté ve výkrmu býků

Úvod a literární přehled

Luskoviny mají potenciál pozitivně přispívat k rozvoji evropského zemědělství tím, že zlepšují agronomickou výkonnost pěstitelských systémů a zároveň poskytují potraviny a krmiva bohatá na bílkoviny, což pomáhá snížit závislost Evropy na importu (Watson et al., 2017). Využívání luskovin při střídání s obilovinami může navíc snížit zátěž životního prostředí díky nižšímu používání anorganických dusíkatých hnojiv, méně intenzivnímu obdělávání půdy a větší diverzifikaci plodin (Nemecek et al., 2008).

Na světě existuje velké množství druhů lupiny, ale jako krmivo pro hospodářská zvířata se používá převážně lupina bílá (*Lupinus albus*), lupina úzkolistá (*Lupinus angustifolius*) a lupina žlutá (*Lupinus luteus*). Z těchto tří druhů dosahuje nejvyšších hektarových výnosů semen lupina bílá (Jarecki et Migut, 2022). V porovnání s obilovinami a většinou ostatních luskovin obsahují zrna lupiny vysoký obsah bílkovin (>300 g/kg) a nízký obsah škrobu (<20 g/kg). Mají také vysoký obsah oleje (60-100 g/kg) bohatého na esenciální mastné kyseliny C18:2 n-6 a C18:3 n-3 (Chiofalo et al., 2012). Použití lupiny bylo v minulosti omezeno vysokým obsahem alkaloidů, které způsobují hořkou chuť. Díky šlechtění se však u současných kultivarů podařilo obsah alkaloidů podstatně snížit.

Zatímco využití semene lupiny ve výživě dojnic byla věnována poměrně velká pozornost (White et al., 2007), o jejím zařazení do krmných dávek pro vykrmovaný skot jsou k dispozici jen omezené informace. Přesto již existují výsledky výzkumu, které naznačují potenciál lupiny jako domácí alternativy k často dováženému sójovému extrahovanému šrotu. Například žádné rozdíly ve výkrmnosti nebyly zjištěny, pokud byl ve výživě vykrmovaného skotu nahrazen sójový extrahovaný šrot drceným semenem lupiny bílé (Ragni et al., 2018; Vicenti et al., 2009). V krmných dávkách pro výkrm skotu se jako zdroj dusíkatých látek často využívá řepkový extrahovaný šrot. Z pohledu udržitelnosti a zlepšování agronomické výkonnosti pěstitelských systémů je však žádoucí jeho částečná náhrada luskovinami. Proto byl proveden experiment, jehož cílem bylo zhodnotit vliv nahrazení řepkového extrahovaného šrotu drceným semenem lupiny bílé a žluté ve výkrmu býků. Sledovány byly dopady na růst a využití živin, složení jatečného těla a kvalitu hovězího masa.

Materiál a metodika

Výkrmový experiment pro hodnocení vlivu různé proteinové složky v krmné dávce býků na ukazatele výkrmnosti, jatečné hodnoty a kvality masa byl realizován ve specializované experimentální stáji určené pro výkrm skotu. Stáj je vybavena tenzometrickými žlaby, které umožňují sledování spotřeby směsné krmné dávky u jednotlivých zvířat. Do experimentu bylo zařazeno 30 býků českého strakatého skotu, kteří byli podle věku a živé hmotnosti rozřazeni do tří skupin (n = 10). V průběhu adaptační fáze a poté po dobu samotného experimentu byly býkům podávány krmné dávky se stejným obsahem energie a bílkovin, které se však lišily typem proteinové složky. Skupina YL dostávala drcené semeno lupiny žluté (odrůda *Salut*), skupina WL semeno lupiny bílé (odrůda *Amiga*) a kontrolní skupina RS byla krmena původním zdrojem bílkovin, tedy řepkovým extrahovaným šrotem (Tabulka 2).

Tabulka 2. Složení experimentálních krmných dávek.

	Experimentální skupiny		
	Lupina žlutá (YL)	Lupina bílá (WL)	Řepka (RS)
Složky směsné krmné dávky (% sušiny)			
Kukuřičná siláž	50,5	50,1	50,2
Vojtěšková senáž	8,7	8,7	8,7
Pšeničná sláma	3,4	3,4	3,4
Pšeničný šrot	26,3	26,1	26,2
Ovesný šrot	2,6	2,56	2,6
Drcené semeno lupiny žluté	7,0		
Drcené semeno lupiny bílé		7,7	
Řepkový extrahovaný šrot			7,5
Vitamínově-minerální doplněk	1,4	1,4	1,4
Živinové složení směsné krmné dávky			
Sušina (% hmotnosti v čerstvém stavu)	52,3	52,5	52,3
Dusíkaté látky (% hmotnosti v sušině)	13,3	13,2	13,2
Organická hmota (% hmotnosti v sušině)	94,7	94,8	94,3
Tuk (% hmotnosti v sušině)	3,5	4,0	3,0
Neutrálně detergentní vláknina (% hmotnosti v sušině)	32,7	31,6	31,9
Acidodetergentní vláknina (% hmotnosti v sušině)	19,3	19,1	19,5
PDI (% hmotnosti v sušině)	8,6	8,6	8,6
NEV (MJ/kg sušiny)	6,64	6,63	6,52
Živinové složení lupiny žluté, bílé a řepky			
Sušina (% hmotnosti v čerstvém stavu)	94,4	93,0	87,6
Dusíkaté látky (% hmotnosti v sušině)	39,5	36,0	36,7
Organická hmota (% hmotnosti v sušině)	93,7	95,2	87,9
Tuk (% hmotnosti v sušině)	7,2	13,4	0,4
Neutrálně detergentní vláknina (% hmotnosti v sušině)	35,2	20,8	23,9
Acidodetergentní vláknina (% hmotnosti v sušině)	19,1	16,5	22,7
PDI (% hmotnosti v sušině)	25,2	22,9	23,4
NEV (MJ/kg sušiny)	7,53	7,40	6,00

PDI = protein skutečně stravitelný v tenkém střevě; NEV = netto energie výkrmu

Experimentální fáze výkrmu probíhala 9 týdnů, následně byli býci postupně poráženi v 5 porážkových týdnech dle dosažené hmotnosti (vždy 2 nejtěžší býci ze skupiny). Jatečná těla byla jednotným způsobem upravena, klasifikována zkušeným klasifikátorem do tříd zmasilosti a protučnělosti a byly zjištěny hmotnosti jatečně upravených těl (JUT) a vnitřních lojů (ledvinový, obžaludkový, osrdečníkový a šourkový). Po vychlazení (48 h po porážce) byly pravé půlky rozbourány na jednotlivé jatečné partie, které byly zváženy. Byly odebrány vzorky masa ze svalů *longissimus thoracis* (LT) a *rectus abdominis* (RA) pro chemické, technologické a senzorní analýzy.

Vzorky LT i RA určené pro senzorní analýzu byly vakuově zabaleny, ponechány zrát po dobu 14 dnů při teplotě +4 °C a poté zamrazeny do doby konání samotné analýzy. Vzorky byly grilovány v oboustranném sklokeramickém grilu do konečné vnitřní teploty 70 °C. Senzorická analýza byla

realizována ve specializované laboratoři vybavené individuálními boxy znemožňujícími kontakt s okolím a při použití červeného osvětlení, které omezovalo možnost posuzovat vzorky podle barvy. Vyškolení hodnotitelé posuzovali celkem 11 deskriptorů, které jsou popsány v Tabulce 3. K hodnocení byla použita 100 mm dlouhá nestrukturovaná stupnice s popisem krajních bodů, která byla pro statistické účely konvertována na stupnici numerickou (0 až 100).

Tabulka 3. Charakteristika deskriptorů a způsob jejich hodnocení.

Deskriptor	Definice	Škála
Intenzita vůně hovězího masa	Intenzita vůně typická pro grilované hovězí maso	0 = nelze identifikovat 100 = velmi intenzivní
Intenzita abnormální vůně	Intenzita cizí či nepřírozené vůně	0 = nelze identifikovat 100 = velmi intenzivní
Křehkost	Potřebná síla vynaložená ke skousnutí vzorku stoličkami	0 = velmi tuhé 100 = velmi křehké
Šťavnatost	Množství šťávy uvolněné vzorkem po skousnutí	0 = velmi suché 100 = velmi šťavnaté
Vláknitost	Vnímání jemnosti či hrubosti vláken v ústech při žvýkání	0 = velmi hrubé 100 = velmi jemné
Žvýkatelnost	Síla potřebná k rozkousání sousta před jeho spolknutím	0 = obtížně žvýkatelné 100 = snadno žvýkatelné
Intenzita chuti hovězího masa	Intenzita chuti typická pro grilované hovězí maso	0 = nelze identifikovat 100 = velmi intenzivní
Intenzita abnormální chuti	Intenzita cizí či nepřírozené chuti	0 = nelze identifikovat 100 = velmi intenzivní
Játrová chuť	Intenzita chuti typická pro játra	0 = nelze identifikovat 100 = velmi intenzivní
Kyselá chuť	Intenzita kyselé chuti podobná kyselině citronové	0 = nelze identifikovat 100 = velmi intenzivní
Oříšková chuť	Chuť připomínající lískové ořechy	0 = nelze identifikovat 100 = velmi intenzivní

Statistické analýzy byly provedeny v programu SAS s použitím procedur GLM a MIXED. Hodnoty v tabulkách označené rozdílným písmenem jsou statisticky významně rozdílné ($P < 0,05$).

Výsledky a diskuse

Ukazatele výkrmnosti jsou uvedeny v Tabulce 4.

Tabulka 4. Ukazatele výkrmnosti.

Ukazatel	Experimentální skupiny			SEM	P
	Lupina žlutá (YL)	Lupina bílá (WL)	Řepka (RS)		
Porážková hmotnost (kg)	563,3 ^c	581,2 ^b	606,1 ^a	5,221	<0,001
Denní přírůstek (kg/den)	1,462 ^b	1,672 ^{ab}	1,934 ^a	0,100	0,014
Spotřeba sušiny (kg/den)	10,98	10,75	11,23	0,276	0,118
Konverze (kg DM/kg přírůstku)	8,16 ^a	6,49 ^{ab}	5,79 ^b	0,472	<0,001

DM = sušina

Nejvyšší porážkové hmotnosti dosáhli býci skupiny RS v porovnání s oběma skupinami krmenými lupinou ($P < 0,001$). Býci RS přirůstali rychleji ($P < 0,05$) a vykazovali lepší konverzi sušiny (spotřeba sušiny na kg přírůstku) než býci YL ($P < 0,001$). Naopak rozdíly ve spotřebě sušiny na den byly u všech skupin nevýznamné, což svědčí o nízkém obsahu hořkých alkaloidů snižujících příjem krmiva v odrůdách lupin použitých v této práci. Zatímco vliv zkrmování semene lupiny bílé na růstovou schopnost skotu byl zkoumán v několika předchozích studiích, nepodařilo se nám najít žádné studie zaměřené na lupinu žlutou. V souladu s našimi výsledky nebyl pozorován rozdíl v produkčních ukazatelích vykrmovaného skotu, pokud byl v krmných dávkách nahrazen sójový extrahovaný šrot nahrazen lupinou bílou (Ragni et al., 2018; Vicenti et al., 2009). Na rozdíl od výsledků naší práce však nebyly zaznamenány významné rozdíly růstové schopnosti jehňat, pokud bylo do jejich krmné dávky zařazeno nízké množství žluté anebo bílé lupiny (Almeida et al., 2021). Snížení růstové schopnosti, zejména u skupiny YL, mohlo být způsobeno několika faktory. V našem experimentu byla používána syrová drcená semena lupin, ačkoli nutriční hodnoty některých složek krmiva lze účinně zvýšit tepelnou úpravou. Kvalitu lupinových bílkovin dále může snižovat nedostatek některých esenciálních aminokyselin, zejména methioninu obsahujícího síru (Sujak et al., 2006).

Významné rozdíly mezi skupinami nebyly zjištěny u znaků charakterizujících kvalitu JUT, jako jsou jatečná výtěžnost, zmasilost a protučnělost hodnocená systémem SEUROP, protučnělost charakterizovaná množstvím vnitřního loje anebo podíly jednotlivých partií na hmotnosti jatečných pulek.

Skupiny se mezi sebou nelišily ani ve fyzikálních a chemických parametrech kvality vzorků svalů LT a RA. Z fyzikálních vlastností byly měřeny pH, barva, střížná síla a ztráta hmotnosti po tepelné úpravě. Stanovení chemického složení zahrnovalo měření obsahů sušiny, bílkovin, intramuskulárního tuku a kolagenu.

Výsledky senzorického hodnocení jsou sumarizovány v Tabulce 5.

Tabulka 5. Senzorické hodnocení grilovaných vzorků svalů *longissimus thoracis* (LT) a *rectus abdominis* (RA).

Ukazatel	Experimentální skupiny			SEM	P
	Lupina žlutá (YL)	Lupina bílá (WL)	Řepka (RS)		
LT					
Intenzita vůně hovězího masa	54,2	55,9	51,9	3,83	0,326
Intenzita abnormální vůně	24,2	22,2	23,9	5,88	0,602
Křehkost	66,1	63,2	59,4	3,23	0,072
Šťavnatost	59,7 ^{ab}	60,3 ^a	53,1 ^b	3,39	0,029
Vláknitost	61,9	63,7	58,8	3,76	0,179
Žvýkatelnost	62,4	64,8	62,0	3,09	0,573
Intenzita chuti hovězího masa	56,7	59,9	59,6	3,50	0,277
Intenzita abnormální chuti	19,6	20,2	19,9	5,25	0,961
Játrová chuť	32,8	35,5	34,7	5,26	0,603
Kyselá chuť	28,2	29,7	30,2	4,10	0,704
Oříšková chuť	60,8	61,4	57,5	3,37	0,289
RA					
Intenzita vůně hovězího masa	58,1	54,1	58,3	3,70	0,140
Intenzita abnormální vůně	22,8	21,8	20,4	6,43	0,369
Křehkost	61,9 ^a	52,3 ^b	57,4 ^{ab}	4,56	0,003
Šťavnatost	68,4	65,0	63,9	3,78	0,152
Vláknitost	60,3	55,3	58,2	2,32	0,193
Žvýkatelnost	59,5 ^a	53,6 ^{ab}	52,2 ^b	2,65	0,016
Intenzita chuti hovězího masa	60,7	58,6	59,9	3,89	0,629
Intenzita abnormální chuti	21,1	25,0	22,3	6,08	0,122
Játrová chuť	32,7	32,7	33,1	5,55	0,978

Kyselá chuť	25,6	26,4	24,7	4,49	0,800
Oříšková chuť	60,6 ^a	52,4 ^b	56,0 ^{ab}	3,42	0,015

V naší studii vzorky svalu LT skupiny WL vykazovaly vyšší hodnoty šťavnatosti ($P < 0,05$), zatímco u skupiny YL byla zřejmá tendence k vyšším hodnotám křehkosti ($P < 0,08$) v porovnání se skupinou RS. Podobně u svalu RA byly hodnoty křehkosti a žvýkatelnosti vyšší u YL v porovnání s RS ($P < 0,05$). Vliv suplementace krmné dávky semenem lupiny žluté na sensorické vlastnosti hovězího masa dosud v literatuře popsán nebyl. Jako u jiných luskovin se však předpokládá podobný vliv na kvalitu masa. V minulosti byl například publikován pozitivní vliv zkrmování hrachu setého na texturní vlastnosti hovězího masa (Carlin et al., 2013).

Závěr

Cílem experimentu bylo zhodnotit vliv nahrazení řepkového extrahovaného šrotu drceným semenem lupiny žluté a lupiny bílé na kvalitu hovězího masa a výkrmnost býků.

Hlavní zjištění:

- Skupina býků krmená lupinou žlutou (YL) vykazovala horší parametry výkrmnosti (nižší porážkovou hmotnost, denní přírůstky a horší konverzi živin) v porovnání s kontrolní skupinou krmenou řepkovým extrahovaným šrotem (RS).
- Mezi skupinou lupiny bílé (WL) a kontrolní skupinou RS nebyl zjištěn významný rozdíl v přírůstcích ani konverzi živin.
- U parametrů jatečné hodnoty, fyzikálních charakteristik a chemického složení vzorků svalů (LT a RA) byly mezi všemi skupinami pozorovány pouze malé rozdíly.
- Byla zaznamenána tendence ke zlepšení texturních vlastností masa, zejména u skupiny YL, ve srovnání s RS.

Využití lupiny bílé jako alternativního zdroje dusíkatých látek v krmných dávkách pro býky lze považovat za rovnocennou alternativu k řepkovému šrotu, zejména z pohledu jatečné hodnoty a kvality masa. Lupina žlutá se zdá být s ohledem na dosažené výsledky výkrmnosti méně vhodná.

3. Srovnání novosti postupů s jinými již známými (resp. dostupnými) postupy

Novost postupů u hrachu spočívá v následujících aspektech:

- Komplexní porovnání typů hrachu pro silážování.
- Zhodnocení pelušky jako perspektivní plodiny.
- Podrobné hodnocení kvality fermentace podle typů.
- Přesné určení optimálního termínu sklizně.
- Konkrétní odrůdová doporučení pro silážování.
- Optimalizace směsí s obilovinami.

Novost postupů u bobu spočívá v následujících aspektech:

- Optimalizace způsobu sklizně.
- Porovnání bělokvětých (Mistral) a barevnokvětých (Merkur) odrůd.

- Přesné určení optimálního rozmezí sušiny.
- Porovnání bobu s jinými luskovinami.
- Kvantifikace vlivu počasí a ročníku.
- Komplexní praktická doporučení.

Metodika přináší nové poznatky především pro optimalizaci produkce luskovinných siláží. U hrachu byla experimentálně prokázána vhodnost sklizně napřímo bez zavádání, kdy zavádání vede k extrémně vysokým ztrátám až 25 % oproti přímé sklizni řezačkou. U bobu byla rovněž potvrzena výhodnost sklizně napřímo bez zavádání se snížením ztrát o 50 % (5,14 % vs. 10,37 %).

Metodika specifikuje optimální rozmezí obsahu sušiny pro sklizeň na siláž – u hrachu 30–40 %, u bobu 35–45 %, kdy je dosaženo nejlepší fermentační kvality. Mezi odrůdami byly prokázány významné rozdíly. U hrachu měla nejvyšší výnos zrna odrůda Saxon (2022: 5,28 t/ha, 2023: 3,83 t/ha) a nejnižší Impuls (2022: 3,56 t/ha, 2023: 3,26 t/ha). U bobu vykazuje odrůda Mistral téměř třikrát nižší ztráty než Merkur (3,71 % vs. 10,40 %), což významně ovlivňuje ekonomickou efektivnost pěstování.

Z hlediska fermentační kvality vykazuje bob nejlepší silážovatelnost mezi testovanými luskovinami s pH 3,68–3,76 a vysokou stravitelností organické hmoty (80–83 %), zatímco hrách dosahuje pH 4,2–4,5 se stravitelností 75–78 %. Metodika upozorňuje na vysokou meziroční variabilitu výnosů u obou luskovin (rozdíly až 3 t sušiny/ha mezi roky) v závislosti na průběhu počasí, což vyžaduje flexibilní přístup v plánování.

Výsledky ukazují, že pro praktické využití v krmných dávkách je důležité zohlednit nejen obsah živin, ale i jejich skutečnou stravitelnost v bachoru, která je ovlivněna interakcemi mezi chemickým složením luskovin a mikrobiální fermentací.

Nově metodika přináší přesné hodnoty koeficientů stravitelnost pro konkrétní odrůdy luskovin uplatnitelné při formulaci krmných dávek pro skot. Zpřesněním dávek dojde k vyšší užitkovosti a ekonomičtějšimu využití krmiv. Luskoviny mají potenciál rovněž nahradit dováženou sóju.

Nově metodika přináší praktické poznatky o využití semene lupiny žluté ve výkrmu býků.

4. Popis uplatnění certifikované metodiky v praxi

Metodika najde své uplatnění především v zemědělské praxi u velkých, středních i malých zemědělců, kteří sklízají luskoviny nejen za účelem silážování a následně siláže využívají ke krmení hospodářských zvířat, ale využívají i semeno luskovin v krmných dávkách skotu. Metodiku mohou využívat také poradci zemědělských podniků či pracovníci služeb pro zemědělství. Uplatnění najde ve výuce studentů ČZU v Praze. Stejně tak bude k dispozici na seminářích, které bude pořádat VÚŽV, nebo na kterých bude někdo z autorského kolektivu přednášet. Metodiku mohou také využít pracovníci univerzit a středních škol se zemědělským zaměřením pro výuku studentů.

Smlouva o uplatnění metodiky byla uzavřena s uživatelem metodiky *Mayline Investment Corporation Limited s.r.o.*

5. Ekonomické aspekty certifikované metodiky

Celkový ekonomický přínos metodiky je u obou luskovin významný, přičemž bob dosahuje vyššího potenciálu (24 000 Kč/ha ročně) oproti hrachu (14 000 Kč/ha ročně).

Přímé ekonomické přínosy u hrachu činí 6 000 Kč/ha a zahrnují: snížení ztrát při sklizni napřímo oproti zavádání (3 500 Kč/ha), úsporu nákladů na technologii zavádání a opakované manipulace (1 500 Kč/ha) a volbu optimální odrůdy pro konkrétní podmínky (1 000 Kč/ha). U bobu dosahují přímé přínosy 9 000 Kč/ha: snížení ztrát při sklizni napřímo oproti zavádání (2 500 Kč/ha), úspora nákladů na technologii zavádání a opakované manipulace (1 800 Kč/ha) a volba odrůdy Mistral s nízkými ztrátami (4 700 Kč/ha oproti Merkur).

Nepřímé přínosy u hrachu činí 8 000 Kč/ha a u bobu 15 000 Kč/ha. Zahrnují: symbiotickou fixaci dusíku (hodnota 3 000–4 000 Kč/ha), zlepšení struktury a úrodnosti půdy pro následnou plodinu (3 000–4 000 Kč/ha) a zvýšení produkce mléka nebo masa díky vyšší kvalitě siláže (2 000–7 000 Kč/ha, vyšší u bobu díky lepší stravitelnosti a optimálnímu pH).

Pro podnik s 30 ha luskovin na siláž představuje metodika roční přínos 420 000 Kč u hrachu a až 720 000 Kč u bobu. Bob tak nabízí vyšší ekonomický potenciál především díky nižším sklizňovým ztrátám a lepší kvalitě siláže.

Další ekonomické přínosy jsou ve využití přesných hodnot koeficientů stravitelnosti pro konkrétní odrůdy luskovin při formulaci krmných dávek pro skot. Zpřesněním dávek dojde k vyšší užitkovosti a ekonomičtějšímu využití krmiv. Luskoviny mají potenciál rovněž nahradit dováženou sóju.

6. Seznam použité související literatury

ALMEIDA, M.; GARCIA-SANTOS, S.; NUNES, A.; RITO, S.; AZEVEDO, J.; GUEDES, C.; SILVA, S.; FERREIRA, L. Introducing Mediterranean lupins in lambs' diets: effects on growth and digestibility. *Animals*, 2021, 11, 942. DOI: 10.3390/ani11040942.

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

BORREANI, G.; TABACCO, E.; CAVALLARIN, L. A new oxygen barrier film reduces aerobic deterioration in farm-scale corn silage. *Journal of Dairy Science*, 2007, 90, 4701–4706.

BØRSTING, C. F.; KRISTENSEN, T.; MISCIATTELLI, L.; HVELPLUND, T.; WEISBJERG, M. R. Reducing protein supply in organic dairy cow rations. In: KYRIAZAKIS, I.; ZERVAS, G. (eds.). *Organic meat and milk from ruminants*. Wageningen: Wageningen Academic Publishers, 2002, s. 25–33. EAAP Publication No. 106.

BRASIER, K. G.; YOST, M. A.; REEVE, J. R.; CARDON, G. E.; KITCHEN, N. R. Yield, nutritive value, and profitability of faba bean in monoculture and in mixtures with oat. *Agronomy Journal*, 2023, 115, 234–248.

CARLIN, K. R. M.; ANDERSON, V. L.; LARSON, D. M.; ILSE, B. R.; MADDOCK, R. J.; BAUER, M. L.; LARDY, G. P. Effects of increasing field pea level in high-concentrate diets on meat tenderness and sensory attributes in finishing cattle. *Professional Animal Scientist*, 2013, 29, 33–38. DOI: 10.15232/S1080-7446(15)30192-3.

CAVALLARIN, L.; TABACCO, E.; ANTONIAZZI, S.; BORREANI, G. Effects of wilting and mechanical conditioning on proteolysis in sainfoin herbage and silage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2006, 86, 1464–1471.

CHIOFALO, B.; LO PRESTI, V.; CHIOFALO, V.; GRESTA, F. Productive traits, fatty acid profile and nutritional indices of three lupin species cultivated in a Mediterranean environment. *Animal Feed Science and Technology*, 2012, 171, 230–239. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2011.11.005.

DOSTÁLOVÁ, R.; HORÁČEK, J. Sledování změn obsahu škrobu a rezistentního škrobu u hrachu. *Chemické listy*, 2009, 103, 753–782.

ETEMADI, F.; HASHEMI, M.; BARKER, A. V.; ZANDVAKILI, O. R.; LIU, X. Agronomy, nutritive value and metabolizable energy of faba bean under different nitrogen fertilization and plant density treatments. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 2019, 34, 174–182.

FEEDIPEDIA. Faba bean (*Vicia faba*). INRAE, CIRAD, AFZ, FAO, 2014. Dostupné z: <https://www.feedipedia.org/node/4926>.

FRASER M.D., FYCHAN R., JONES R. The effect of harvest date and inoculation on the yield, fermentation characteristics and feeding value of forage pea and field bean silages. 2001, *Grass Forage Sci.*, 56(3), 218–230.

FRASER, M. D.; FYCHAN, R.; JONES, R. The effect of harvest date and inoculation on yield, fermentation characteristics and feeding value of forage pea and field bean silages. *Grass and Forage Science*, 2005, 60, 218–231.

HALMEMIES-BEAUCHET-FILLEAU, A.; RINNE, M.; LAMMINEN, M.; MAPATO, C.; AMPAPON, T.; WANAPAT, M.; VANHATALO, A. Alternative and novel feeds for ruminants: nutritive value, product quality and environmental aspects. *Animal*, 2018, 12(S2), s295–s309. DOI: 10.1017/S1751731118002252.

HAUG, B.; MESSMER, M. M.; FORST, E.; MARY-HUARD, T.; ENJALBERT, J.; HOHMANN, P. Adapting intercropping of wheat and pea to central and northern European growing conditions. *Frontiers in Plant Science*, 2023, 14, 1122638.

HOMOLKA, P.; JANČÍK, F.; LOUČKA, R.; KOUKOLOVÁ, V.; KUBELKOVÁ, P. *Certifikovaná metodika – Optimální způsoby sklizně a silážování hrachu, bobu a lupiny žluté*. Praha-Uhřetěves: VÚŽV, v.v.i., 2024. ISBN 978-80-7403-300-1.

HOMOLKA, P.; KUDRNA, V. *Uplatnění lupiny ve výživě přežvýkavců*. Praha-Uhřetěves: VÚŽV, v.v.i., 2007. 44 s.

JARECKI, W.; MIGUT, D. Comparison of yield and seed quality traits of selected legume species. *Agronomy*, 2022, 12, 2667. DOI: 10.3390/agronomy12112667.

KIBELOLAUD, A. R.; VERNAY, M.; BAYOURTHE, C.; MONCOULON, R. Effect of extruding on ruminal disappearance and intestinal digestion of white lupin seeds. *Canadian Journal of Animal Science*, 1993, 73, 571–579.

KUNG, L.; SHAVER, R. D.; GRANT, R. J.; SCHMIDT, R. J. Silage review: interpretation of chemical, microbial and organoleptic components. *Journal of Dairy Science*, 2018, 101, 4020–4033.

KVASNIČKA, F. Application of isotachopheresis in food analysis. *Electrophoresis*, 2000, 21, 2780–2787.

MENG, Z.; LIU, X.; ZHANG, Y.; ZHAO, L. Nutritive value of faba bean as a feedstuff: a review. *Food Science & Nutrition*, 2021, 9(2), 712–724.

MUSTAFA, A. F.; GONTHIER, C.; OUELLET, D. R. Effects of fibrolytic enzymes on ruminal fermentation and milk production. *Journal of Dairy Science*, 2003, 86, 4050–4059.

NEMECEK, T.; VON RICHTHOFEN, J. S.; DUBOIS, G.; CASTA, P.; CHARLES, R.; PAHL, H. Environmental impacts of introducing grain legumes into European crop rotations. *European Journal of Agronomy*, 2008, 28, 380–393. DOI: 10.1016/j.eja.2007.11.004.

- RAGNI, M.; COLONNA, M. A.; LESTINGI, A.; TARRICONE, S.; GIANNICO, F.; MARSICO, G.; FACCIO LONGO, A. M. Effects of protein sources on performance and meat quality in heifers. *South African Journal of Animal Science*, 2018, 48, 683–694. DOI: 10.4314/sajas.v48i4.10.
- RONDALH, T. *Whole-crop pea–oat silages in dairy production*. Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences, 2007.
- RONDALH, T.; BERTILSSON, J.; MARTINSSON, K. Effects of maturity stage and wilting on whole crop pea silages. *Animal Feed Science and Technology*, 2011, 163, 11–19.
- SALAWU, M. B.; ADESOGAN, A. T.; FRASER, M. D.; FYCHAN, R.; JONES, R. Nutritive value of whole crop peas and pea–wheat bi-crops. *Animal Feed Science and Technology*, 2002, 96, 43–53.
- SEIDENGLANZ M., HUŇADY I. Effects of faba bean (*Vicia faba*) varieties on the development of *Bruchus rufimanus*. *Czech J. Gen. Plant Breeding*, 2016, 52, 22-29. DOI 10.17221/122/2015-CJGPB.
- SHEN, Y.; JOHNSON, E. N.; SYROVY, L. D.; WARKENTIN, T. D.; DEVINI, D. S.; SHIRTLFFE, S. J. Evaluation of yield and agronomic performance of pea blends. *Agronomy Journal*, 2022, 114, 2762–2773.
- SUCHÝ P., STRAKOVÁ E., HERZIG I. Nutriční a dietetická hodnota tuzemských proteinových krmiv jako alternativa sóji a sójových produktů. Část III – hrách. Studie Vědeckého výboru výživy zvířat, 2009, VÚŽV Praha Uhřetěves, 45 s.
- SUJAK, A.; KOTLARZ, A.; STROBEL, W. Compositional and nutritional evaluation of several lupin seeds. *Food Chemistry*, 2006, 98, 711–719. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.06.036>.
- TITZE, N.; KRIEG, J.; STEINGASS, H.; SCHUBA, J.; FRAHM, J.; MEYER, U.; DAENICKE, S.; RODEHUTSCORD, M. Variation in lupin seed composition and ruminal fermentation. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 2019, 103, 1611–1621.
- TRAN, T.; KHANH, T. D.; HOAN, N. T.; HUNG, N. H. Agronomic performance of pea genotypes. *Crop Science*, 2022, 62, 1346–1358.
- TURCO, I.; FERRETTI, G.; BACCHETTI, T. Health benefits of faba bean polyphenols. *Journal of Food and Nutrition Research*, 2016, 55, 283–293.
- VICENTI, A.; TOTEDA, F.; DI TURI, L.; COCCA, C.; PERRUCCI, M.; MELODIA, L.; RAGNI, M. Use of sweet lupin in feeding young bulls. *Meat Science*, 2009, 82, 247–251. DOI: 10.1016/j.meatsci.2009.01.018.
- WATSON, C. A.; RECKLING, M.; PREISSEL, S.; BACHINGER, J.; BERGKVIST, G.; KUHLMAN, T.; LINDSTRÖM, K.; NEMECEK, T.; TOPP, C. F. E.; VANHATALO, A. Grain legume production and use in Europe. *Advances in Agronomy*, 2017, 144, 235–303.
- WEISS, W. P.; HALL, M. B. Laboratory methods for evaluating forage quality. In: *Forages: The Science of Grassland Agriculture*. 2nd ed. 2020, s. 659–672.
- WHITE, C. L.; STAINES, V. E.; STAINES, M. V. Nutritional value of lupins for dairy cows. *Australian Journal of Agricultural Research*, 2007, 58, 185–202. DOI: 10.1071/AR06109.
- ZEMAN, L.; ŠIMEK, M.; KRÁSA, A.; LOSSMANN, J.; TŘINÁCTÝ, J.; ŠIŠKE, V. *Katalog krmiv: tabulky nutričních hodnot krmiv*. 1. vyd. Pohořelice: VÚVZ, 1995. 465 s.

7. Seznam publikací, které předcházely metodice

HOMOLKA, P.; JANČÍK, F.; LOUČKA, R.; KOUKOLOVÁ, V.; KUBELKOVÁ, P. *Certifikovaná metodika – Optimální způsoby sklizně a silážování hrachu, bobu a lupiny žluté*. Praha-Uhřetěves: VÚŽV, v.v.i., 2024. ISBN 978-80-7403-300-1.

HOMOLKA, P.; JANČÍK, F.; PECKA, M.; KUBELKOVÁ, P.; LOUČKA, R.; GAISLEROVÁ, M.; KOUKOLOVÁ, V. Vliv různých fází růstu na nutriční hodnotu píče luskovin. *Náš chov*, 2025, 84(3), 54–56.

HOMOLKA, P.; KUDRNA, V. Uplatnění lupiny ve výživě přežvýkavců. Praha-Uhřetěves: VÚŽV, v.v.i., 2007. 44 s.

LOUČKA, R.; JANČÍK, F.; HOMOLKA, P.; JAMBOR, V.; SYNKOVÁ, H. Kvalita siláží dvou odrůd bobu. *Krmivářství*, 2025, 29(1), 39–41.

LOUČKA, R.; JAMBOR, V.; SYNKOVÁ, H.; HOMOLKA, P.; KOUKOLOVÁ, V.; KUBELKOVÁ, P.; JANČÍK, F. Porovnání výživných hodnot siláží luskovin ve Velkých Opatovicích v roce 2024. *Úroda*, 2025, vědecká příloha.

LOUČKA, R.; JAMBOR, V.; SYNKOVÁ, H.; HOMOLKA, P.; KOUKOLOVÁ, V.; KUBELKOVÁ, P.; JANČÍK, F. Studie porovnávající kvalitu siláže z listnatého a úponkového hrachu. *Úroda*, 2025, vědecká příloha.

SYNKOVÁ, H.; JAMBOR, V.; LOUČKA, R.; HOMOLKA, P. Quality of silages from selected pea and faba bean varieties in the Malá Haná Region. In: *Proceedings of the XX International Silage Conference (ISC 2025)*. Gainesville, USA, 2025, s. 156.

8. Jména oponentů a názvy jejich organizací

Ing. Luboš Zábranský, Ph.D., Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta zemědělská a technologická, Katedra zootechnických věd.

Ing. Jan Vodička, Ph.D., Ministerstvo zemědělství, Odbor živočišných komodit a ochrany zvířat, Oddělení hospodářských zvířat.

9. Dedikace na projekt

Metodika je výsledkem řešení výzkumného projektu MZe (NAZV) QK21010344 a podpory na rozvoj výzkumné organizace MZE-RO0723.

10. Seznam zkratek

AA – kyselina octová
ADF – acidodetergentní vláknina
ADL – acidodetergentní lignin
AOAC – Association of Official Analytical Chemists
BA – kyselina máselná
NL – dusíkaté látky
DM – sušina
GPS – Ganzpflanzensilage (celorostlinná siláž)
KM – kyselina mléčná
N – dusík
NDF – neutrálně detergentní vláknina
NEL – netto energie laktace
NH₃-N – amoniak-dusík
PA – kyselina propionová
PDIN – dusíkaté látky stravitelné v tenkém střevě při dostupnosti dusíku
PDIE – dusíkaté látky stravitelné v tenkém střevě při dostupnosti energie
TMK – těkavé mastné kyseliny
WSC – vodorozpustné sacharidy

Vydal: Výzkumný ústav živočišné výroby, v. v. i., Praha Uhřetěves

Název: Možnosti zařazení faremních bílkovinných krmiv v krmných dávkách skotu

Autoři: doc. Ing. Petr Homolka, CSc., Ph.D.

Ing. Filip Jančík, Ph.D., Ing. Radko Loučka, CSc., Ing. Petra Kubelková, Ph.D.,
Ing. Veronika Koukolová, Ph.D., Ing. Václav Jambor, CSc., Ing. Hanka Synková,
Ing. Marie Gaislerová, Ph.D., Ing. Luděk Bartoň, Ph.D., doc. Ing. Daniel Bureš, Ph.D., Ing.
Nicole Lebedová, Ph.D., Ing. Magdaléna Štolcová, Ph.D.

ISBN 978-80-7403-355-1

Vydáno bez jazykové úpravy.

© Výzkumný ústav živočišné výroby, v. v. i., Praha Uhřetěves



Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i.

Výzkumný ústav živočišné výroby, v. v. i.
Přátelství 815, 104 00 Praha Uhřetěves

www.vuzv.cz