



Inovace pěstební technologie čiroku ke stabilizaci produkce objemných krmiv a uplatnění ve výživě dojníc

Certifikovaná metodika

Eva Mrkvicová, Ludmila Křížová, Ladislav Menšík ml.,
Václav Jambor, Ladislav Menšík st. a kolektiv

Mendelova univerzita v Brně

Inovace pěstební technologie čiroku ke stabilizaci produkce objemných krmiv a uplatnění ve výživě dojnic

Certifikovaná metodika

Eva Mrkvicová, Ludmila Křížová, Ladislav Menšík ml.,
Václav Jambor, Ladislav Menšík st. a kolektiv

2025



Oponenti:

Ing. Jan Pozdíšek, CSc., Agrovýzkum Rapotín s. r. o.

Ing. Marek Povolný, Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský

Autoři:

Eva Mrkvicová, Ludmila Křížová, Ladislav Menšík ml., Václav Jambor,
Ladislav Menšík st. a kolektiv

Dedikace výsledků typu „N“

Uplatněná certifikovaná metodika vznikla za podpory MZe ČR, projekt č. QK22010251 „Inovace pěstební technologie čiroku pro využití ve výživě přežvýkavců jako adaptační opatření vedoucí ke stabilizaci produkce objemných krmiv v podmínkách měnícího se klimatu ČR“ a s využitím poskytnuté institucionální podpory MZe ČR č. RO-0425.

Uplatněná certifikovaná metodika byla schválena dne 29.12.2025 Ministerstvem zemědělství ČR, č. osvědčení: UKZUZ 199831/2025.

Určení publikace

Metodika je určena chovatelům dojeného skotu, agronomům, pracovníkům poradenských firem zabývajících se výživou dojnic, zpracovatelům mléka, studentům, učitelům na středních školách a univerzitách zemědělského zaměření a pracovníkům praxe. Informace v metodice jsou rovněž využitelné i pro odborníky zabývající se bezpečností potravin živočišného původu a kontrolou kvality mléka a mléčných výrobků.

©Mrkvicová, E., Křížová, L., Menšík, L. ml., Jambor, V., Menšík, L. st.

©Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno;

Masarykova univerzita, Žerotínovo nám. 9, 601 77 Brno;

Národní centrum zemědělského a potravinářského výzkumu, v.v.i., Drnovská 507/73. 161 00 Praha 6 – Ružyně;

NutriVet, s.r.o., Vídeňská 1023, 691 23 Pohořelice;

AGROSPOL, a.d. Knínice, Knínice 338, 679 34 Knínice

ISBN 978-80-7701-068-9 (online ; pdf)

<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-068-9>



Open access. Publikace *Inovace pěstební technologie čiroku ke stabilizaci produkce objemných krmiv a uplatnění ve výživě dojnic*. Certifikovaná metodika je chráněna licencí CC BY-NC4.0.
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.cs>

ABSTRAKT

Metodika předkládá odborné i laické veřejnosti souhrn poznatků a doporučení o možnostech využití čiroku jako alternativní plodiny pro výrobu konzervovaných krmiv (siláží) a jeho zařazení do krmné dávky dojnic s cílem zachovat, popř. zlepšit stávající úroveň užitkovosti. Metodika má poskytnout informace o agrotechnice pěstování čiroku, o možnostech jednosečného a dvousečného využití z pohledu produkce nadzemní biomasy a obsahu živin u vybraných odrůd čiroků. Dále metodika poskytuje návod na konkrétní praktické zařazení čiroku do osevního postupu pro produkci objemných krmiv pro dojnice, výrobu siláže a zařazení do krmné dávky dojnic tak, aby byla zachována stávající úroveň užitkovosti stáda a ekonomika výroby mléka.

Klíčová slova: čirok, pěstební technologie čiroku, výživa dojnic, čiroková siláž, výživná hodnota čiroku

ABSTRACT

The methodology presents to the professional and lay public a summary of findings and recommendations on the possibilities of using sorghum as an alternative crop for the production of preserved feed (silage) and its inclusion in the feed ration of dairy cows with the aim of maintaining or improving the current level of productivity. The methodology is intended to provide information on the agrotechnics of growing sorghum, on the possibilities of single-cut and double-cut use from the point of view of aboveground biomass production and nutrient content in selected sorghum varieties. Furthermore, the methodology provides instructions on the specific practical inclusion of sorghum in the crop rotation for the production of bulk feed for dairy cows, silage production and inclusion in the feed ration of dairy cows in order to maintain the current level of herd productivity and the economics of milk production.

Keywords: sorghum, sorghum cultivation technology, dairy cow nutrition, sorghum silage, nutritional value of sorghum

Kompletní seznam autorů:

doc. Mgr. Ing. Eva Mrkvicová, Ph.D.¹;  <https://orcid.org/0000-0002-2504-5024>
Mgr. Ing. Ludmila Křížová, Ph.D.²;  <https://orcid.org/0000-0003-1616-1207>
Ing. Ladislav Menšík ml., Ph.D.³;  <https://orcid.org/0000-0003-4503-7467>
Ing. Václav Jambor, CSc.⁴;  <https://orcid.org/0000-0002-4635-992X>
Ing. Ladislav Menšík st.⁵
doc. Ing. Vladimír Smutný, Ph.D.¹;  <https://orcid.org/0000-0002-9626-7417>
Ing. Lenka Porčová, Ph.D.¹;  <https://orcid.org/0000-0002-0848-8106>
Ing. Michal Rábek¹;  <https://orcid.org/0000-0003-3327-4975>
Ing. Pavel Nerušil, Ph.D.³;  <https://orcid.org/0000-0003-4748-6370>
Ing. Ladislav Pfefr⁵
Ing. Věra Benešová⁵
Ing. Jiří Hermuth³;  <https://orcid.org/0000-0002-3166-901X>
Ing. Jan Štrobach, Ph.D.³;  <https://orcid.org/0009-0004-0826-5211>
Ing. Lukáš Hlisnikovský, Ph.D.³;  <https://orcid.org/0000-0002-6867-3290>
Ing. Eva Kunzová, CSc.³;  <https://orcid.org/0000-0002-5621-0045>
Ing. Petr Elzner, Ph.D.¹;  <https://orcid.org/0000-0003-3628-1310>
doc. Bc. Ing. Ondřej Štastník, Ph.D.¹;  <https://orcid.org/0000-0002-2548-0114>
prof. MVDr. Leoš Pavlata, Ph.D.¹;  <https://orcid.org/0000-0001-8233-2946>
prof. Mgr. Tomáš Kašparovský, Ph.D.²;  <https://orcid.org/0000-0001-8194-2320>
prof. MVDr. Ing. Petr Doležal, CSc.¹;  <https://orcid.org/0000-0001-9542-9499>
doc. Ing. Jan Mikulka, CSc.³
Ing. Jakub Novotný, Ph.D.¹;  <https://orcid.org/0000-0003-0175-6769>
Ing. Jana Plisková³;  <https://orcid.org/0000-0001-5967-6679>
Ing. Michal Řiháček¹;  <https://orcid.org/0000-0002-3826-535X>
MVDr. Kateřina Hauptmanová, Ph.D.¹;  <https://orcid.org/0000-0002-7748-9719>

¹Agronomická fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno

²Masarykova univerzita, Žerotínovo nám. 9, 601 77 Brno

³Národní centrum zemědělského a potravinářského výzkumu, v.v.i., Drnovská 507/73, 161 00 Praha 6 – Ruzyně

⁴NutriVet, s.ro., Vídeňská 1023, 691 23 Pohořelice

⁵AGROSPOL, a.d. Knínice, Knínice 338, 679 34 Knínice

OBSAH

Cíl metodiky	7
Úvod	8
1 Využití čiroku v podmínkách ČR	10
1.1 Nároky na půdně-klimatické podmínky	10
1.2 Zařazení do osevního postupu	11
1.3 Příprava půdy	11
1.4 Setí	12
1.5 Výživa a hnojení	13
1.6 Regulace plevelů	14
1.7 Výnosy a nutriční charakteristika čiroku	14
1.8 Využití čirokových siláží ve výživě dojníc	16
1.9 Rizika spojená se zkrmováním čirokových siláží	19
1.9.1 Dusičnany a dusitany	19
1.9.2 Dhurrin	20
1.9.3 Taniny	22
1.9.4 Kafiriny	24
2 Vlastní popis metodiky	25
2.1 Pěstování čiroku pro jednosečné a dvousečné využití	25
2.1.1 Jednosečné využití čiroku – vyhodnocení produkce nadzemní biomasy	25
2.1.1.1 Charakteristika lokalit	26
A. Polní pokusná stanice Žabčice (Mendelova univerzita v Brně)	26
B. Výzkumná stanice Ivanovice na Hané (Národní centrum zemědělského a potravinářského výzkumu, v.v.i.)	26
2.1.1.2 Technologie založení porostů	26
2.1.1.3 Skladba odrůd	27
2.1.1.4 Sklizeň	27
2.1.1.5 Zpracování experimentálních dat	28
2.1.1.6 Charakteristika průběhu počasí – lokalita Žabčice (2022–2024)	30
2.1.1.7 Charakteristika průběhu počasí – lokalita Ivanovice na Hané (2022–2024)	32
2.1.1.8 Pěstování jednosečného čiroku – výsledky produkce nadzemní biomasy	35
Lokalita Žabčice-Obora	35
Lokalita Žabčice-Písky	36
Lokalita Ivanovice na Hané	37
Celkové vyhodnocení (průměr za roky 2022–2024)	38

2.1.1.9 Nutriční hodnoty pěstovaných odrůd čiroků	39
2.1.1.10 Výsledky analýz obsahu živin	41
2.1.1.11 Doporučení a závěr	47
2.1.2 Dvousečné využití čiroku – vyhodnocení produkce nadzemní biomasy.....	48
2.1.2.1 Vlastní popis výzkumných ploch (poloprovozních pokusů)	48
Agrotechnika výzkumných ploch (poloprovozních pokusů)	48
2.1.2.2 Charakteristika průběhu počasí – lokalita Jevíčko (2022–2024)	51
2.1.2.3 Výnosy a kvalita píce	53
2.1.2.4 Doporučení a závěr	56
2.2 Využití konzervované píce čiroku ve výživě dojnic.....	57
2.2.1 Modelové řešení I	57
2.2.2 Modelové řešení II.....	63
2.2.3 Závěrečná doporučení	68
2.3 Vývoj kalibračních rovnic k predikci parametrů kvality píce čiroku a výživné hodnoty konzervované čirokové siláže pomocí NIR spektroskopie	69
Souhrn.....	73
3 Srovnání novosti postupů	74
4 Popis uplatnění certifikované metodiky	75
5 Ekonomické aspekty	76
Seznam použité související literatury	78
Seznam publikací, které předcházely metodice	92
Seznam jednotek a zkratek.....	99
Fotodokumentace.....	102

CÍL METODIKY

Cílem této metodiky je předložit odborné i laické veřejnosti souhrn poznatků a doporučení o možnostech využití čiroku jako alternativní plodiny pro výrobu konzervovaných krmiv (siláží) a jeho zařazení do krmné dávky dojnic s cílem zachovat, popř. zlepšit stávající úroveň užitkovosti. Metodika má poskytnout:

- Informace o agrotechnice pěstování čiroku, o možnostech jednosečného a dvousečného využití z pohledu produkce nadzemní biomasy a obsahu živin u vybraných odrůd čiroků.
- Návod na konkrétní praktické zařazení čiroku do osevního postupu pro produkci objemných krmiv pro dojnice, výrobu siláže a zařazení do krmné dávky dojnic tak, aby byla zachována stávající úroveň užitkovosti stáda a ekonomika výroby mléka.

ÚVOD

S postupující změnou klimatu je zemědělská výroba vystavena mnoha výzvám souvisejícím s potřebou dlouhodobě zabezpečit dostatečnou produkci potravin pro výživu člověka, krmiv pro výživu zvířat, ale i nepotravinařské zemědělské produkce. Kromě toho nelze opomenout i neprodukční, ekosystémové funkce jako je např. údržba krajiny. Adaptace na dopady změny klimatu spočívá v opatřeních, která umožní minimalizovat negativní dopady změny klimatu na ekonomiku, zemědělství, životní prostředí a společnost, případně využít příležitosti, které změna klimatu může v lokálním měřítku přinést. Pro úspěšnost adaptace je klíčový správný výběr vhodných adaptačních opatření pro daný čas a místo, protože dopady změny klimatu se mění v závislosti na geografické poloze a čase (Adaptace zemědělství na změny klimatu v podmínkách ČR, 2017). Jedním z adaptačních opatření je i pěstování alternativních plodin, které v obdobích sucha a horka zajistí dostatečnou produkci čerstvé hmoty pro výrobu objemných krmiv pro dojnice. Jednou z těchto plodin je čirok dvoubarevný [*Sorghum bicolor* (L.) Moench.], který vyniká vyšší odolností k suchu, kdy omezuje růst, ale následně v pozdějším, na vláhu příhodném období, dokáže regenerovat a pokračovat v růstu. Čirok je vhodný pro pěstování v suchem ohrožených oblastech, kde vykazuje vyšší index sklizně díky vyšší komplexní účinnosti využití vody (Zheng *et al.*, 2024). Má potřebu vody ve výši 500–580 mm za rok a koeficient transpirace (množství vody na tvorbu sušiny) 150–310 l.kg⁻¹ sušiny (Assefa *et al.*, 2010, Thapa *et al.*, 2017). Ve srovnání s ostatními obilninami je vysoce tolerantní k nedostatku vody díky dobře vyvinutému kořenovému systému, schopnosti uzavírání průduchů, ale také i díky svinování listů, které snižují transpiraci a metabolické procesy při stresových podmínkách (Ajoudani *et al.*, 2024). V suchém a horkém letním období se u čiroku projevuje výhoda C4 fotosyntézy, jejíž efekt ve srovnání s C3 plodinami spočívá ve vyšší tvorbě nadzemní biomasy, kterou dosahuje i při nízkém množství vláhy. Díky vyšší odolnosti k suchu je čirok při nedostatku srážek dokonce výhodnější než ostatní C4 rostliny, jako je např. kukuřice (Hermuth a Kosová, 2017). U čiroku je také znám fenomén časného ranního kvetení, který chrání reprodukční orgány před vysokými teplotami (Zheng *et al.*, 2024). Rostliny jsou také velmi odolné proti škůdcům a chorobám. Čirok, v porovnání s jinými hospodářsky významnými plodinami, snáší i horší půdní podmínky, jako je například zasolení a nízké pH půdy (Rodrigues *et al.*, 2020).

V Evropě se čirok pěstuje především na produkci biomasy pro krmné účely a pro bioplynové stanice, ve světě převládá pěstování čiroku na zrno. V ČR se čirok na píce pěstuje zhruba na 6000 hektarech a na zrno na 300 hektarech. Čiroky vynikají dobrou silážovatelností vzhledem k optimálnímu množství vodorozpustných sacharidů, díky kterému se během fermentace vytváří dostatečné množství kyseliny mléčné důležité pro pokles pH a udržení kvality siláže

(Rodrigues *et al.*, 2020). V současné době je u nás registrováno 14 odrůd na siláž a 1 odrůda na zrno (ÚKZÚZ, 2025). Ve světě je mnohonásobně více různých odrůd a hybridů. V dubnu 2025 bylo na polním dnu vědců zabývajících se výzkumem čiroku v organizaci ICRISAT (International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics) představeno více než 13 000 pokročilých šlechtitelských inovací (ICRISAT, 2025).

Mezi odrůdami čiroků existují i čiroky s BMR (brown mid rib) mutací, kdy se u rostliny objevuje červeno-hnědá pigmentace hlavní žilky listu, která je viditelná i na dřeni stonku. Hybridy s BMR mutací jsou charakterizovány nižším obsahem ligninu a vyšší stravitelností (Lauer, 2013). U čiroku byl gen *bmr-6* spojován se snížením aktivity cinnamylalkoholdehydrogenázy (CAD). Alelické geny *bmr-12* a *bmr-18* snižují aktivitu caffeic acid O-methyltransferázy (OMT). Oba enzymy (CAD i OMT) jsou zapojeny do biosyntézy ligninu (Bout and Vermerris, 2003; Sattler *et al.*, 2009). V píci čiroků *bmr-6* i *bmr-12* je stravitelnější frakce NDF. Gen *bmr-12* se jeví jako lepší než gen *bmr-6*, pokud jde o menší negativní dopad na výnosy a větší pozitivní dopad na obsah ADL (snížení) a stravitelnost vlákniny (Oliver *et al.*, 2005).

1 VYUŽITÍ ČIROKU V PODMÍNKÁCH ČR

1.1 NÁROKY NA PŮDNĚ-KLIMATICKÉ PODMÍNKY

Čirok je ve srovnání s kukuřicí na půdu poměrně nenáročný. To vytváří prostor pro jeho úspěšné pěstování na méně úrodných půdách, a to i písčitých s častými přísušky, které zvládá lépe než kukuřice. Kořeny čiroku zasahují až do hloubky 150 cm, v propustných půdách i hlouběji. Nejlépe se mu daří na středně těžkých, záhřevných půdách s dostatkem humusu a živin, naopak nevhodné jsou kyselé půdy (Weger *et al.*, 2012). Dle Podrábského (2010) lze pěstovat čirok na všech půdách s výjimkou půd těžkých, studených a zamokřených, což potvrzují Kaczmarek *et al.* (2013). Buschmann (2024) uvádí jako nejlepší rozmezí pH pro čirok 6,0–7,5, jiní autoři pak uvádějí rozmezí 5,0–8,5 (Pražak, 2016).

Čirok má značné nároky na teplo, optimální teplota pro růst čiroku je v rozmezí 25–33 °C (Petříková a Weger, 2015). Pokud poklesne teplota v průběhu vegetace na 10 °C, růst čiroku se zastaví, rostliny žloutnou, a tím se zhoršuje i opylování květů (Kára *et al.*, 2005). Minimální teplota půdy pro klíčení je 12–15 °C, při které vzházení trvá 10–14 dnů. Na dozrání potřebuje čirok sumu teplot 2500 až 3500 °C a délku vegetačního období bez mrazů v rozmezí od 120 do 180 dní (Hermuth *et al.*, 2012). Na nízké teploty je čirok citlivý ve všech růstových fázích, zvláště v období vzházení a kvetení. Některé odrůdy čiroku jsou na teplotu méně náročné, jako např. variety *technicum* a *sudanense* (Hermuth *et al.*, 2012). Daří se jim i v takových podmínkách, kde kukuřice již neposkytuje uspokojivé výnosy. Ve srovnání s kukuřicí snáší čirok větší teplotní výkyvy.

Nároky na vodu jsou u čiroku menší než u kukuřice, přičemž největší nároky jsou ve fázi sloupkování a metání, kdy vytváří největší množství biomasy. Ve srovnání s kukuřicí má dvojnásobné množství kořenových vlásečnic na jednotku hlavních kořenů a povrch listů je pokrytý slabou voskovou vrstvou, která omezuje výpar. Proto čirok potřebuje cca o 1/3 méně vody než kukuřice a v extrémním suchu má schopnost přejít do klidového stavu a zároveň obnovit růst až po příchodu deště (Hermuth, 2020). Čirok se vyznačuje dlouhým vegetačním obdobím, proto využívá efektivně srážky ve druhé polovině léta, které nemůže využít ani kukuřice. Podle Petříkové a Wegera (2015) lze čirok úspěšně pěstovat i v oblastech s nižšími srážkami, jen 400–600 mm za rok.

1.2 ZAŘAZENÍ DO OSEVNÍHO POSTUPU

V osevním postupu je čirok zařazován velice podobně jako kukuřice, tzn. na dobře vyhnojené půdy, pokud možno i dobře odplevelené, aby se zamezilo poškození porostů v době vzcházení a počátečního růstu, kdy je růst čiroku pomalejší než růst plevelů (Petříková a Weger, 2015; Hermuth *et al.*, 2012). Vzhledem k pozdnímu termínu setí čiroku lze využít i předplodiny sklizené pozdě na podzim. V jarním období (až do doby setí) je zapotřebí regulovat vzcházející plevele (opakovaně mechanicky nebo v kombinaci s aplikací neselektivního herbicidu). Čirok nemá zvláštní nároky na předplodinu, v teplých oblastech mírného pásma se zařazuje nejčastěji po hnojených okopaninách, luskovino-obilných směs-kách, luskovinách či obilninách (Hermuth *et al.*, 2012). V současnosti nabývá na významu technologie pěstování dvou plodin (ozimé žito – čirok či kukuřice setá) na jednom pozemku v jednom roce, tzv. „duální systém“, který v nepříznivých letech může stabilizovat produkci objemných krmiv (např. jako náhrada vojtěškové senáže). Kromě pěstování žita za účelem sklizně a produkce krmiv lze využít ozimé žito jako meziplodinu (ať již v čistosevu či ve směsi s jinými druhy). Porost meziplodiny poskytuje pokryv půdy (od podzimu do jara) a může omezit erozi půdy (Kaspar *et al.*, 2001), zatímco vyprodukovaná biomasa se podílí na zlepšení množství organické hmoty v půdě (Kaspar *et al.*, 2006; Pazdera *et al.*, 2023a; Pazdera *et al.*, 2023b), omezení ztrát živin z půdy, ale také zlepšení infiltrační schopnosti díky prokořenění půdy (Krueger *et al.*, 2011; Herbstritt *et al.*, 2022).

1.3 PŘÍPRAVA PŮDY

Při pěstování čiroku lze využít jak klasickou technologii zpracování půdy s orbou, tak i různé varianty minimalizačních technologií, kdy je omezena hloubka zpracování půdy a orba je nahrazena kypřením (používají se radličkové či talířové kypřiče). Základní příprava půdy se provádí podle předplodiny. U předplodin zanechávajících strniště (obilniny, luskoviny) se po sklizni provede podmítka. Poté na podzim následuje orba (středně hluboká; 18–24 cm), kterou lze zapravit i chlévský hnůj. Na jaře se provede urovnání povrchu půdy (smykování a vláčení branami) a následuje vlastní předsetěvá příprava půdy. Vzhledem k pozdnímu termínu setí je zapotřebí předsetěvou přípravu zpravidla zopakovat, především z důvodu mechanické regulace vzešlých plevelů a případně z důvodu odstranění půdního škraloupu.

1.4 SETÍ

Optimální teplota pro klíčení čiroku je 12–15 °C, proto se výsev provádí zpravidla od poloviny května do počátku června, kdy je půda v hloubce setí dostatečně prohřátá a již nehrozí pozdní jarní mrazíky. Jak uvádí Hermuth (2020), meziřádková vzdálenost závisí na druhu pěstovaného čiroku a jeho využití. Obecně se súdánská tráva, hybridy čiroku a súdánské trávy a některé více-sečné odrůdy čiroku (např. RUZROK) vysévají do užších řádků (10–25 cm), podobně jako obilniny. Zrnové, cukrové a kombinované čiroky se pak vysévají do širokých řádků (40–75 cm).

Další agrotechnické operace se pak odvíjí od způsobu založení porostu. Výsev čiroku v podmínkách České republiky je možné provádět několika způsoby, buď do zpracované půdy po klasické přípravě setového lůžka, do strniště, nebo do ukončeného porostu mezplodiny (mulče). Každý způsob založení porostu má své specifické agrotechnické požadavky. K výsevu jsou nejvhodnější přesné secí stroje pro výsev kukuřice (čiroku), které umožňují rovnoměrné uložení semen v řádku. V tomto případě můžeme precizně nastavit výsevek, zpravidla v rozmezí 200–350 tis. semen na hektar. Alternativně lze využít secí stroje pro výsev obilnin. Hloubka setí je 3–5 cm.

Při výsevu do zpracované půdy se po podzimní orbě na jaře připraví setové lůžko, se stejnými parametry jako pro kukuřici (lehce utužené dno, v místě uložení osiva jemnější frakce půdy a hrubší frakce na povrchu). Kvalitně připravené setové lůžko umožňuje rovnoměrné uložení semen v půdním profilu a jejich následné vyrovnané vzházení. Tento způsob poskytuje rostlinám dostatek prostoru a světla od počátku vegetace. Nevýhodou je, že výsev čiroku do zpracované půdy může vést k omezení dostupné půdní vláhy, jelikož půda zůstává od zimního období bez ochranného pokryvu, a tím je vystavena intenzivnějšímu výparu, což může negativně ovlivnit následné vzházení i počáteční růst rostlin. U této technologie je vhodné po zasetí pozemek uválet válcem cambridge. Válením se utlačí půda v hloubce zasetých semen a tím se zabezpečí přísuv vody k semenům z hlubších vrstev půdy. Válení po setí se v případě použití vhodného secího stroje s přítlačnými kotouči neprovádí.

Přímý výsev čiroku do strniště obilnin, např. ozimého žita, se používá v systémech půdoochranného zpracování půdy (No-till). Přináší řadu environmentálních i produkčních výhod. Zbytky po sklizené obilnině tvoří na povrchu půdy mulč, jenž omezuje ztráty půdní vláhy odparem, chrání půdu před přímým účinkem dešťových kapek, větrem a zlepšuje infiltrační schopnosti půdy. Díky přítomnosti rostlinných zbytků se rovněž omezuje tvorba půdního škraloupu, zvyšuje se biologická aktivita v půdě a dochází k dlouhodobému zlepšení půdní struktury.

Výsev čiroku do meziplodiny je způsob, jak využít meziplodinu z předchozího roku jako ochranu půdy proti erozi a plevelům a zároveň zlepšit její vlastnosti. Lze využít různé druhy meziplodin pěstovaných ve směsi, jak strniskové, tak ozimé. Důležité je ukončení porostu meziplodiny (zastavení v růstu) v průběhu zimy nebo na začátku jara, buď mechanicky, nebo s využitím herbicidu.

1.5 VÝŽIVA A HNOJENÍ

Čirok patří mezi plodiny náročnější na příjem živin, přičemž jejich celková potřeba závisí na výnosu suché hmoty z jednotky plochy (Hermuth *et al.*, 2012). Ve srovnání s kukuřicí však čirok spotřebuje cca 3/4 celkové potřeby dusíku.

Čirok má naopak vyšší nároky na kationty nejvýznamnějších makroživin, zejména Mg^{2+} , Ca^{2+} a K^+ (Podrábský, 2017). Stejně jako kukuřice čirok dobře využívá živiny ze statkových hnojiv. Kára *et al.* (2005) doporučují dávky $100\text{--}150\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\text{ N}$, $30\text{--}70\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\text{ P}_2\text{O}_5$, $60\text{--}150\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\text{ K}_2\text{O}$, $30\text{--}50\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\text{ Ca}$ a $15\text{--}30\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\text{ Mg}$.

Počáteční růst čiroku je pomalý, a proto je nízký i odběr živin. Doporučuje se tedy použití hnojiv s pomalým, ale plynulým a trvalým uvolňováním živin vzhledem ke zmíněnému pomalému počátečnímu růstu. Vhodná jsou statková hnojiva, která lze aplikovat na podzim ve formě chlévského hnoje ($30\text{--}50\text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) či před setím formou kejdy, případně i využití meziplodin pěstovaných na zelené hnojení. Bogaň (2014) uvádí jako vhodnou možnost hnojení použití digestátu ($20\text{--}30\text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), ještě před setím s následným zapravením.

Aplikace dusíku k čiroku se provádí nejčastěji před setím a za vhodné hnojivo je považována močovina zapravená do půdy předsetovou přípravou půdy, aby nedocházelo k volatilizaci (Miloš, 2025). Pro snížení rizik ztrát lze využít močovinu s inhibitory ureázy (Ureastabil). Inhibitory ureázy mohou významně redukovat ztráty amoniaku do atmosféry, zlepšit využitelnost dusíku z amidické formy, redukovat poškození semen při klíčení a vzházení rostlin a také snížit únik amoniaku do ovzduší (Watson, 2005; Chen, 2008). Podle Růžka a Pišánové (2007) používání dusíkatých hnojiv na bázi močoviny s inhibitory ureázy přináší největší efekt při jarní aplikaci vyšších dávek dusíku na počátku vegetace rostlin, zejména v oblastech s častými jarními přísušky. Růžek *et al.* (2006) uvádějí, že uplatnění dusíkatých hnojiv s inhibitory ureázy umožní v zemědělské praxi používat nové technologie při zakládání porostů zemědělských plodin a jejich hnojení, které budou efektivnější a šetrnější k životnímu prostředí (přidobovací technologie, Strip-till atd.). Tento přístup je také v souladu s platnou legislativou, která zakazuje plošnou aplikaci močoviny bez inhibitoru ureázy bez zapravení do půdy. Do vzrostlého porostu můžeme aplikovat DAM 390 při plečkování. Zajistíme přísun dusíku v době vegetace a podpoříme tvorbu nadzemní biomasy. Hnojení provádíme ve fázi 6. listu.

1.6 REGULACE PLEVELŮ

Počáteční růst čiroku je v prvních 4 až 5 týdnech (podobně jako u kukuřice) pomalý a jeho konkurenční schopnost je nízká (Hermuth *et al.*, 2012). V této kritické době je nutné udržet porost čiroku v bezplevelném stavu.

Mechanická regulace zaplevelení čiroku do výšky porostu 10–12 cm (bez ohledu na šířku řádků) spočívá v použití prutových bran. Ty používáme v době, kdy jsou rostliny dostatečně zakořeněné v půdě, abychom porost nepoškodili. Účinek je závislý na přítlaku prutů, pojezdové rychlosti a vlhkosti půdy. Dále hraje podstatnou roli druh plevelu a také intenzita zaplevelení. V závislosti na druhu plevelu je možno snížit zaplevelení vláčením o 40–80 %. Vlácení rovněž provzdušňuje povrch půdy a narušuje případný půdní škraloup. Jak uvádí Hermuth *et al.* (2012), prokypření povrchové vrstvy ornice je důležité z hlediska ochrany porostu proti pozdním jarním mrazíkům, protože prokypřený povrch pomaleji vyzářuje teplo.

V případě potřeby lze v pozdější růstové fázi u čiroku pěstovaného při větší meziřádkové vzdálenosti (45 cm a více) využít meziřádkovou kultivaci (plečkování), při které se půda prokypří a podřezávají se plevelu, rostoucí mezi řádky čiroku. Plečkování je možné provádět do fáze, kdy výška porostu umožní přejezd techniky (výška rámu plečky či světlá výška traktoru). S využitím smart-technologií a navigace klesá riziko poškození plodiny.

Herbicidní ošetření se provádí primárně v počátečním růstu čiroku (Petříková a Weger, 2015). V pozdějších fázích růstu, kdy dochází k rychlému zapojení řádků, je konkurenční schopnost čiroku vysoká a uplatnění plevelů nízké.

K regulaci dvouděložných druhů jsou povoleny podle registru přípravků na ochranu rostlin přípravky Bandur (premergentně), Bandur 600 SC (premergentně, postemergentně), Banvel 480 S (postemergentně) a Dicamba 480 SL (postemergentně). Účinné látky uvedených herbicidů jsou aclonifen (600 g.l^{-1}) a dicamba (480 g.l^{-1}).

K regulaci jednoletých jednoděložných (citlivé jsou béry, ježatka kuří noha, čirok halepský, lipnice roční a rosička krvavá) i dvouděložných plevelů je možné použít přípravky Frontier Forte (premergentně, postemergentně). Účinnou látkou je dimethenamid-P (720 g.l^{-1}).

1.7 VÝNOSY A NUTRIČNÍ CHARAKTERISTIKA ČIROKU

Výnos čirokové píce je ovlivněn mnoha faktory. Patří mezi ně půdní podmínky, průběh počasí, stáří porostu nebo hnojení a obsah živin dostupných pro rostliny. Průměrně se výnosy sušiny u většiny odrůd čiroku pohybují okolo 14,0–15,1 t.ha⁻¹ (Miron *et al.*, 2005). Habyarimana *et al.* (2004) ve své studii dokonce

uvádí výnos sušiny čirokové biomasy při optimálních podmínkách $23 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Obsah sušiny v čerstvě sklizené hmotě čiroku se pohybuje od 250 do $280 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$. Nejnižší obsahy sušiny mají BMR odrůdy čiroku, kde se hodnoty pohybují okolo $255 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Miron *et al.*, 2007).

Silážní čiroky se vyznačují vysokým obsahem vodorozpustných cukrů (WSC). V porovnání s kukuřicí ($59 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ WSC) dosahují čiroky hodnot $162 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ WSC a u BMR odrůd $120 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ WSC (Miron *et al.*, 2007). Díky nižší koncentraci škrobu v porovnání s kukuřicí má čirok i nižší koncentraci netto energie laktace (NEL), v průměru 5,5–5,7 MJ NEL.

Obsah ligninu u odrůd s BMR 6 a BMR 12 mutací byl statisticky prokazatelně nižší ($p < 0,05$) o 28 % v porovnání s odrůdami bez BMR mutace. Zároveň čirok s BMR 12 mutací vykazoval nižší obsah ligninu než čirok s mutací BMR 6 a tento rozdíl byl staticky významný v pozdějších stádiích růstu. Čiroky s mutací BMR 12 také vykazovaly nejvyšší obsah dusíkatých látek, ten ale nebyl statisticky průkazný mezi BMR 12 a BMR 6 (Li *et al.*, 2015).

Ve výživě přežvýkavců je velmi významná složka NDF (neutrálně detergentní vláknina). NDF hraje klíčovou roli v trávicím procesu přežvýkavců, protože ovlivňuje příjem krmiva, bachorovou fermentaci a využití živin (Shi *et al.*, 2023). Jedná se o nerozpustnou část rostlinných buněk a tvoří ji tři složky – celulóza, hemicelulóza a lignin. NDF ovlivňuje plnivost krmiva. Čím vyšší koncentrace NDF je v krmné dávce skotu, tím méně krmiva může zvíře přijmout (Mitrík, 2018). Bachorové mikroorganismy vytvářejí z NDF zdroj energie pro přežvýkavce. Proto je důležitý optimální obsah NDF v krmivech pro skot, zejména pro dojnice. Příliš vysoký obsah NDF sníží příjem sušiny objemných krmiv, což vede k doplnění dražšími jadernými krmivy. Mitrík (2018) uvádí, že hovězí dobytek je schopen přijmout 1200 g NDF na každých 100 kg živé hmotnosti. Shi *et al.* (2023) dosáhli nejlepších výsledků u holštýnských krav s 28 % NDF v krmné dávce. V jejich pokusu měla krmiva s 25 % a 34 % NDF negativní vliv na příjem krmiva, bachorovou fermentaci a mléčnou produkci. V čirocích se hodnoty NDF obvykle pohybují od 530 do $570 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ sušiny, hodnoty acido-detergentní vlákniny (ADF) mívají rozmezí $250\text{--}411 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, hemicelulóza $250\text{--}270 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, celulóza $240\text{--}260 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ a lignin $44\text{--}67 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Miron *et al.*, 2005). Nejnižší obsahy ligninu jsou u všech BMR odrůd čiroků, pro které je toto snížení typické. Obsah popela se pohybuje od $72,2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ sušiny až do 90 g. Vyšší obsah popela (90,2 g) mají BMR odrůdy čiroku.

Nízký obsah dusíkatých látek bývá mnohdy příčinou zavrhování čiroku evropskými zemědělci. Miron *et al.* (2005, 2007) udávají obsah dusíkatých látek (NL) v rozmezí 50,7–58,3 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$. Vyšších hodnot NL lze dosáhnout hnojením. Kladný vliv hnojení dusíkem na obsah NL potvrzují Analco-Cisneros *et al.* (2020), kteří naměřili 5,83 % NL u nehnojené varianty a 7,83 % NL u hnojeného porostu

($p < 0,05$). Hnojení zlepšilo i výnos čerstvé hmoty a zvýšilo obsah NDF. Nárůst NL u čiroku byl prokázán do celkové dávky $160 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$, kdy při tomto hnojení měly rostliny nejvyšší obsah NL. Větší množství dusíku již nemělo statisticky prokazatelný vliv na množství NL v porostu (Bartzialis, 2021). U rostlin čiroku dochází ke snižování obsahu NL s rostoucí vegetační fází (Browning a Lusk, 1967). Vhodné období pro sklizeň s vysokým obsahem NL je období před nebo během metání. Z tohoto důvodu se jeví vhodnější dvousečný způsob sklizně čiroku, kdy lze získat živinově hodnotnější a stravitelnější píci. Vícesecné využití je vhodnější i v případě sklizně čiroku na siláž určenou ke krmení skotu. Porost se sklízí ve vegetační fázi před začátkem kvetení, kdy má siláž lepší výživovou hodnotu. Takto sklizené rostliny mají nižší obsah sušiny. Je proto nutné je nechat zavadnout na sušinu alespoň 25 %. Čirok je možné silážovat při nižší sušině než jiné plodiny, protože výborně váže vodu a je tak nižší riziko odtoku silážních šťáv. Rostlinná hmota se nechává zavadat pouze krátkodobě, aby se předešlo přílišným ztrátám živin na poli. Při opětovném nahrnování hmoty hrozí znečištění zeminou (Hermuth *et al.*, 2012). Pro silážování či pastvu jsou nejvíce vhodné kříženci čiroku obecného (dvoubarevného) a súdánské trávy, méně vhodný je čirok cukrový a zrnový čirok se využívá nejméně. Hybridy vzniklé křížením čiroku dvoubarevného a súdánské trávy se vyznačují vysokou produkcí kvalitní biomasy, která se snadno silážuje pro svůj vysoký obsah hemicelulózy a lehce rozpustných cukrů (Loučka a Homolka, 2013).

1.8 VYUŽITÍ ČIROKOVÝCH SILÁŽÍ VE VÝŽIVĚ DOJNIC

Čirok se v podobě čirokových siláží využívá ve výživě dojníc již od poloviny minulého století (Owen *et al.*, 1957). Primárně byla čiroková siláž využívána jako náhrada kukuřičných siláží, a to zejména ve středozápadních a rovinatých oblastech USA, kde byla kvůli klimatickým podmínkám limitovaná produkce kukuřičné siláže. S postupující klimatickou změnou se oblasti, v nichž je produkce tradičních plodin pro výrobu objemných krmiv ohrožena, rozšiřují i na mnohá území Evropy a výjimkou není ani ČR. Nicméně využití čirokových siláží ve výživě dojníc u nás zatím není příliš rozšířené. Při výrobě čirokové siláže je konzervována celá rostlina a nutriční hodnota výsledné siláže je ovlivněna jejím složením, které je dáno varietou čiroku (zrnový, cukrový, silážní, čirok x súdánská tráva) a od toho se odvíjejícího vegetačního stádia rostliny při sklizni a použitou technologií silážování.

Z hlediska obsahu živin mohou být čirokové siláže vhodnou alternativou k některým tradičním krmivům, jako jsou kukuřičné nebo travní siláže, protože mají srovnatelný obsah NL. Naproti tomu mají vyšší obsah ADF, NDF a ligninu ve srovnání s kukuřičnými silážemi (Bernard a Tao, 2015; Khosravi *et al.*, 2018). Popsána u nich byla i snížená stravitelnost NDF ve srovnání se siláží

kukuřičnou (56,4 vs. 59,1 %; Oliver *et al.*, 2004). Zlepšení ve stravitelnosti NDF lze dosáhnout využíváním BMR hybridů, které mají snížený obsah ligninu (Widodo *et al.*, 2025). Bylo zjištěno, že při použití BMR hybridů se zvýší stravitelnost NDF o 10–13 % (Aydin *et al.*, 1999; Oliver *et al.*, 2004). Meta analýza dat pak ukázala, že siláže z BMR čiroků jsou co do nutriční hodnoty a vlivu na užítkovost dojnic srovnatelné s kukuřičnými silážemi a mají i obdobnou stravitelnost NDF (Sánchez-Duarte *et al.*, 2019).

U čiroků sklízených ve stádiu mléčné až mléčně voskové zralosti, je pak důležitá i stravitelnost škrobu, protože je ovlivněna složením zrna. Pokud je zrno čiroku neporušené, jeho oplodí slouží jako fyzická bariéra pro trávení škrobu obsaženého v endospermu. Pro bacherovou mikroflóru představuje obtížně překonatelnou bariéru, přes kterou není schopna efektivně proniknout. To dokládá i degradovatelnost sušiny stanovená metodou *in situ* po 48 hodinách inkubace v bacheru, která byla u neporušeného čirokového zrna pouhých 19 %, zatímco po mechanickém narušení zrna dosáhla téměř 100 % (McAllister *et al.*, 1990). Z toho vyplývá, že při silážování těchto čiroků je nutné technologii volit tak, aby docházelo k mechanickému narušení zrna, což může být v provozních podmínkách často obtížně dosažitelné (McCary *et al.*, 2020). Další faktor, který ovlivňuje stravitelnost škrobu čirokového zrna je morfologie jeho endospermu. Endosperm je tvořen škrobovými zrny obklopenými proteinovou maticí s proteinovými tělísky, v nichž jsou uloženy zásobní bílkoviny, kafiriny. Kafiriny, se řadí mezi prolaminové bílkoviny, které jsou značně rezistentní k proteázám a tím i hůře stravitelné. Díky těmto vlastnostem působí kafiriny jako fyzikálně-chemická bariéra, která brání trávení škrobu u přežvýkavců. Díky tomu je degradovatelnost škrobu ze zrna čiroku nižší než u jiných druhů obilovin, např. u kukuřice, ječmene nebo pšenice (Herrera-Saldana *et al.*, 1990).

Většina zahraničních prací studujících využití čirokových siláží ve výživě dojnic byla provedena na holštýnských dojnicích a zaměřuje se na porovnání nutriční hodnoty s kukuřičnou siláží, kterou má čiroková siláž primárně nahrazovat. Je ale popsána i náhrada vojtěškové senáže (Amer *et al.*, 2012) nebo siláže ze směsky krycích plodin (Florit *et al.*, 2025). Protože obsah živin v čirokových silážích není plně „kompatibilní“ s obsahem živin v kukuřičných silážích, popř. jiných krmivech, je třeba při sestavování krmných dávek zohlednit tyto rozdíly a chybějící živiny vhodně doplnit. Ve vědeckých studiích byl častým doplňkem k čirokové siláži např. kukuřičný šrot (Colombini *et al.*, 2012). Zvýšený obsah NDF u čirokových siláží pak byl v krmných dávkách kompenzovaný snížením podílu jiných krmných komponent s vyšším obsahem NDF, např. pšeničných otrub, slámy nebo vojtěškového sena (Cattani *et al.*, 2017; Khosravi *et al.*, 2018). Ve výsledcích je pak třeba rozlišovat, jaké variety čiroků byly používány a zda se jedná o částečnou nebo celkovou náhradu zvoleného krmiva.

V případě zkrmování siláží z **cukrového čiroku** (Sweet Sorghum) byl ve většině studií pozorovaný pokles v příjmu sušiny a projevil se zejména když podíl čirokové siláže přesáhl 50 % (Lv *et al.*, 2023; Nascimento *et al.*, 2008). Podobně tomu bylo i s dojivostí. Při nižším podílu náhrady (do 50 %) nebyla dojivost ovlivněna (Ran *et al.*, 2021), při náhradě 50 a 75 % kukuřičné siláže siláží čirokovou došlo ke zvýšení produkce mléka (Lv *et al.*, 2023) s následným snížením dojivosti při 100% náhradě kukuřičné siláže (Nascimento *et al.*, 2008). Často byl popsán zvýšený obsah tuku v mléce a minimální vliv na obsah bílkovin v mléce.

Zkrmování čirokových siláží ze **zrnových čiroků** (Grain Sorghum) nemělo vliv na příjem sušiny krmné dávky (Colombini *et al.*, 2012) nebo ho mírně zvýšilo (Nascimento *et al.*, 2008), dojivost a obsah složek buď nebyly ovlivněny vůbec (Colombini *et al.*, 2012) nebo byl zaznamenán pokles v denní produkci mléka a snížený obsah bílkovin bez negativního vlivu na obsah tuku (Nascimento *et al.*, 2008).

Jako **silážní čiroky nebo také pícninové** (Forage Sorghum) jsou označovány odrůdy čiroku dvoubarevného (Sorghum bicolor L.) nebo kříženci čiroku dvoubarevného se súdánskou travou (Sorghum bicolor x Sudangrass). Při 100% substituci kukuřičné siláže siláží čirokovou příjem sušiny nebyl ovlivněn vůbec (Cattani *et al.*, 2017; Khosravi *et al.*, 2018; Oliver *et al.*, 2004) nebo byl jen mírně (neprůkazně) nižší (Colombini *et al.*, 2012; Grant *et al.*, 1995). Všechny zmiňované studie s výjimkou jedné (Khosravi *et al.*, 2018) pak udávají u dojníc sníženou produkci mléka. Pokud jde o obsahové složky mléka, bývá často popisován nižší obsah tuku (Grant *et al.*, 1995; Oliver *et al.*, 2004; Zhang *et al.*, 2024), popřípadě i nižší obsah bílkovin (Grant *et al.*, 1995; Miron *et al.*, 2007).

K dispozici je rovněž jedna studie, která porovnávala 100% substituci siláže ze směsky krycích plodin, kterou tvořilo tritikale, oves, pšenice a vikev, čirokovou siláží. Tato náhrada neměla vliv na příjem sušiny, dojivost nebo obsah složek mléka (Flori *et al.*, 2025).

Nejvíce studovanými čirokovými silážemi jsou ty vyrobené z **BMR** hybridů. Většina studií, které čirokové BMR siláže u dojníc testovaly nezaznamenala negativní vliv na příjem sušiny. Většina studií také popisuje, že siláže z BMR čiroků, jako 100% náhrada kukuřičných siláží neovlivnily produkci mléka a obsah složek (Colombini *et al.*, 2010; Grant *et al.*, 1995; Oliver *et al.*, 2004), v některých pracích byl ale zaznamenán vyšší obsah tuku v mléce (Bernard a Tao, 2015; Miron *et al.*, 2007; Yang *et al.*, 2019).

Z výše uvedeného přehledu vyplývá, že se dosavadní ověřování čiroku, jako alternativní plodiny pro výrobu siláží v důsledku globálních změn klimatu, soustředilo na náhradu za kukuřičnou siláž podle potřeb farmářů v některých částech světa (USA, Itálie apod.). V podmínkách ČR se spíše počítá s čiroky jako s alternativní doplňkovou plodinou, kterou bude možné využít na doplnění krmných dávek při snížené produkci dalších běžně pěstovaných plodin na

výrobu konzervovaných krmiv, např. trvalých travních porostů nebo při jejich zhoršené kvalitě zapříčiněné klimatickými změnami. V této souvislosti Příkryl a Dvořáček (2010) doporučují přidávat čirokové siláže do krmných dávek dojníc v množství 8–10 kg, neboť při tomto množství jsou pozitivně ovlivněny také mléčné složky a nedochází k redukci celkového příjmu sušiny.

1.9 RIZIKA SPOJENÁ SE ZKRMOVÁNÍM ČIROKOVÝCH SILÁŽÍ

1.9.1 Dusičnany a dusitany

Dusík je pro rostliny esenciální živinou nezbytnou pro jejich růst a vývoj, je ale také úzce spojen s adaptacemi rostlin na různé abiotické stresory. Rostliny přijímají N ve dvou hlavních formách, v podobě dusičnanů (NO_3^-) a v podobě amonných iontů (NH_4^+) (Ye *et al.*, 2022). Za běžných podmínek dochází k průběžné metabolické přeměně dusičnanů. Za zhoršených nebo nevhodných environmentálních a agrotechnických podmínek, jakými jsou například dlouhotrvající sucho, silné mrazy nebo vysoká aplikace dusíkatých hnojiv, však může dojít ke zvýšené akumulaci dusičnanů v rostlinách. U některých rostlin byla popsána schopnost více akumulovat dusičnany než u jiných rostlin. Tuto schopnost mají především plevelné rostliny. Z běžných zemědělských plodin, které akumulují dusičnany v množství, které může být pro přežvýkavce toxické, je třeba zmínit oves, ječmen, kukuřici, sóju, slunečnici, pšenici nebo čirok (Risk Assessment of Nitrate and Nitrite in Feed, EFSA, 2020).

Přežvýkavci dokáží efektivně využívat dusičnany přijaté v krmné dávce jako zdroj N pro tvorbu mikrobiálního proteinu. Primární cestou přeměny dusičnanů v batoru je dvoustupňová bakteriální metabolická přeměna, v níž se dusičnany nejprve redukují na dusitany, které se mohou hromadit jako mezi-produkt, než se nakonec redukují na amoniak, který pak batorové mikroorganismy využívají pro tvorbu mikrobiálního proteinu (Latham *et al.*, 2016). Pokud příjem dusičnanů z krmiva (a vody) převyšuje metabolickou kapacitu batorové mikroflóry, jsou dusičnany i vzniklé dusitany absorbovány přes stěnu batoru do krve. Dusičnany nejsou toxické a z krve se recyklují zpět do střeva, vylučují se močí nebo se začleňují do dalších metabolických procesů (Gilchrist *et al.*, 2010). Dusitany však toxické jsou. V krvi se váží na hemoglobin v erytrocytech, kde mění Fe^{2+} na Fe^{3+} , čímž vzniká methemoglobin, který ale není schopen přenášet kyslík. To vede k nedostatku kyslíku v tkáních, který je spojený s mnoha klinickými příznaky, jako je hnědé zbarvení krve, cyanóza, hypoxémie, zrychlená srdeční činnost, dušnost, nekoordinované pohyby, svalový třes, bezvědomí, náhlý kolaps a smrt (Risk Assessment of Nitrate and Nitrite in Feed, EFSA, 2020).

Je obtížné stanovit bezpečné úrovně příjmu dusičnanů a dusitanů kvůli řadě faktorů ovlivňujících jejich potenciální toxicitu. Mezi tyto faktory patří druh krmiva a způsob jeho případné konzervace (čerstvá píce, seno, siláž), celkový denní příjem krmiva, resp. dusičnanů v krmivu, aktivita bacherové mikroflóry a její metabolická kapacita redukovat dusičnany a dusitany a doba retence krmiva v bacheru. Toleranci přežvýkavců, zejména ovcí, k dusičnanům může zvýšit i adaptace bacheru, ke které dochází při postupném zvyšování jejich denních dávek (Risk Assessment of Nitrate and Nitrite in Feed, EFSA, 2020). Obecně se udává, že hladiny dusičnanů v rozmezí od 0,5 do 1 % sušiny v rostlině jsou potenciálně toxické pro přežvýkavce. Hladiny dusičnanů vyšší než 1 % sušiny jsou považovány za nebezpečné (Heuzé *et al.*, 2015; Yaremció, 1991). Mnohem lepším indikátorem stupně intoxikace dusičnany je procentický podíl methemoglobinu z celkového hemoglobinu. Na základě těchto hodnot EFSA (Risk Assessment of Nitrate and Nitrite in Feed, EFSA, 2020) stanovila hodnotu **dusičnanů 64 mg.kg⁻¹ tělesné hmotnosti za den** jako prahovou hodnotu pro dospělé skot (stejnou hodnotu lze použít i pro laktující dojnice, telata a malé přežvýkavce). Tato hodnota odpovídá 10 % methemoglobinu (z celkovému hemoglobinu) v krvi a dochází při ní k výskytu prvních klinických příznaků intoxikace dusičnany. Podle evropské směrnice **2002/32/ES byl pro krmné suroviny (s výjimkou siláže) stanoven maximální obsah dusitanů 15 mg.kg⁻¹ (ppm) krmiva** (s obsahem vlhkosti 12 %).

Snížit riziko intoxikace dusičnany lze vhodnou konzervační pínčin, zejména silážováním, protože během fermentace se dusičnany částečně nebo úplně rozkládají a jejich obsah tak může klesnout o 40 až 60 % (Heuzé *et al.*, 2015). Při zkrmování zelené píce pak vhodným managementem krmení (nepást na porostech bezprostředně po stresu rostlin, kombinovat krmiva, aby došlo k „naředění“ dusičnanů v krmné dávce apod.).

1.9.2 Dhurrin

Dhurrin patří mezi kyanogenní glykosidy, které jsou v rostlinné říši poměrně běžné, přirozeně se vyskytují u více než 2500 druhů rostlin (Gleadow a Woodrow, 2002). Rostliny široce využívají dhurrin na obranu proti býložravcům včetně hmyzu (Gleadow a Woodrow, 2002; Gruss *et al.*, 2022), zastává však i důležité fyziologické funkce. Slouží rostlinám jako mobilizovatelná zásoba dusíku (Pičmanová *et al.*, 2015), jako osmoprotektant jim pomáhá tolerovat abiotické stresy (Busk a Møller, 2002; Cowan *et al.*, 2022) a zmírňuje oxidační stres zachycováním reaktivních forem kyslíku (Nahrstedt a Rockenbach, 1993).

Rostliny jej syntetizují z aminokyseliny tyrosinu a ukládají ho do vakuol epidermálních buněk. Aby za běžných fyziologických podmínek nedocházelo ke kyanogenezi, tj. rozkladu kyanogenních glykosidů a uvolnění kyanovodíku

(HCN), jsou enzymy potřebné k hydrolýze dhurrinu skladovány odděleně, převážně v buňkách mezofylu (Way, 1984). Na rozkladu dhurrinu se podílejí dva druhy enzymů, a to β -glukosidázy (označované dhurrináza 1 a 2) a hydroxynitrilázy (Thayer a Conn, 1981). Proces kyanogeneze začíná mechanickým narušením listové tkáně, což vede k promíchání obsahu narušených buněk, při němž dojde ke kontaktu dhurrinu s enzymy s následnou hydrolýzou dhurrinu a uvolněním HCN.

Obsah dhurrinu v čiroku je ovlivněn:

- Genotypem rostlin (rozdíly jsou mezi druhy i jednotlivými odrůdami čirok, Cowan *et al.*, 2022).
- Stádiem růstu rostliny – u klíčících semen jsou nejvyšší hladiny dhurrinu v klíčících 2. – 4. den od začátku klíčení (Busk a Møller, 2002), po vzejití během vegetační fáze obsah dhurrinu postupně roste a dosahuje maximálních hodnot na začátku reprodukční fáze, po níž následuje postupný pokles; u dospělých rostlin jsou hladiny dhurrinu nízké (Gleadow a Woodrow, 2002).
- Distribucí v rostlině – dhurrin se hromadí v kořenech i výhoncích, ale nejvyšší koncentrace jsou pozorovány v listech mladých sazenic (Emendack *et al.*, 2017), semena obsahují už jen stopy dhurrinu (Yadav *et al.*, 2023).
- Environmentálními podmínkami a agrotechnickými zásahy – obsah dhurrinu se může výrazně zvýšit (i u dospělých rostlin) při nepříznivých podmínkách prostředí, jakými jsou např. extrémní sucho nebo mráz, při nadměrném hnojení dusíkatými hnojivy nebo při rozsáhlém ošetření porostů herbicidy (Ouma *et al.*, 2023; Rosati *et al.*, 2019).

Při příjmu čiroku přežvýkavci dochází jednak k mechanickému narušení rostlinných buněk při žvýkání a přežvýkování, což usnadňuje kontakt dhurrinu s enzymy uloženými v rostlinných pletivech, a dále pak ke kontaktu dhurrinu s enzymy produkovanými bачorovou mikroflórou během procesu fermentace, což ještě více urychluje uvolňování HCN. Proto jsou přežvýkavci mnohem citlivější na HCN než nepřežvýkavá zvířata (Giantin *et al.*, 2024). Uvolněný HCN se rychle vstřebává do krevního oběhu přes stěnu bachoru. Nižší hladiny HCN (do $200 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ krmiva) mohou být rychle detoxifikovány v játrech a následně vyloučeny močí. Při vyšší expozici dochází k vyčerpání detoxifikační kapacity zvířete a dochází k akumulaci HCN v tkáních. Zde HCN inaktivuje buněčné dýchání vazbou na Fe^{3+} cytochrom oxidázy, čímž buňky nemohou využívat molekulární kyslík (Giantin *et al.*, 2024). V důsledku buněčné hypoxie dochází k nedostatečnému oksyličování tkání, které se u zvířat projevuje zrychleným dýcháním, panikou a překrvením kůže a sliznic. Později dochází k poklesu tlaku krve, srdeční arytmii, křečím a respiračnímu selhání. Smrt nastává náhle během 1–2 hodin po požití čirokového krmiva s vysokým množstvím dhurrinu (Giantin *et al.*, 2024).

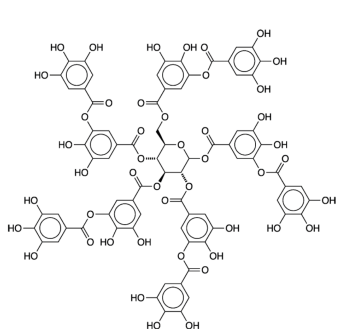
Pro posouzení rizika kyanogenních glykosidů (obecně) pro zdraví zvířat je třeba vědět, kolik HCN se uvolní z jednotky kyanogenního glykosidu (tzv. kyanidový potenciál), protože legislativně jsou stanoveny prahové hodnoty pro HCN, nikoli pro jednotlivé kyanogenní glykosidy, stejně tak i toxicita. Podle evropské směrnice **2002/32/ES** byla pro krmiva a suroviny pro zvířata stanovena **prahová hodnota obsahu kyseliny kyanovodíkové na 50 mg.kg⁻¹ krmiva** (s obsahem vlhkosti 12 %). V provozních podmínkách jsou **koncentrace HCN v krmivech nad 200 mg.kg⁻¹** považovány za toxické (Gensa, 2019). **Letální dávka HCN pro skot a ovce je přibližně 2 mg.kg⁻¹ živé hmotnosti** (Gensa, 2019). V případě dhurrinu je kyanidový potenciál 11,5, to znamená, že 1 mg HCN se uvolní z 11,5 mg dhurrinu (Fox *et al.*, 2012).

Z výše uvedených informací vyplývá, že největší riziko pro zvířata představuje zkrmování nebo spásání čerstvých mladých porostů. Stanovit hranici, kdy je již možno bezpečně zkrmovat čerstvou čirokovou pící je obtížné, protože údaje v literatuře se v tomto ohledu značně liší. Doporučená minimální výška porostu pro zkrmování se proto pohybuje od 45 do 80 cm s ohledem na klimatické podmínky a použitou agrotechniku (Giantin *et al.*, 2024; Reddy a Blümmel, 2020). Rizika spojená se zkrmováním čerstvé čirokové píce přežvýkavcům lze snížit vhodnou technologickou úpravou krmiv (konzervací). Jako nejvýhodnější se jeví silážování, při kterém dochází k výraznému snížení obsahu dhurrinu (Smith a Frederiksen, 2000), jednak v důsledku mechanického narušení rostliny (sklizeň, zavádání, pořežení, dusání), jednak v důsledku mikrobiální činnosti během fermentace. Méně vhodné je sušení, zvláště pokud proběhne rychle, při kterém mohou vysoké hladiny dhurrinu v krmivu přetrvávat (Gleadow *et al.*, 2012; Gruss *et al.*, 2023).

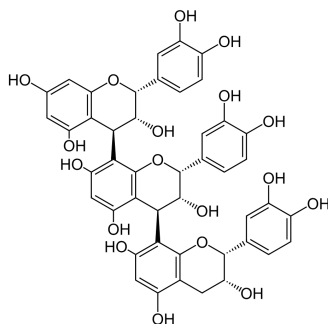
1.9.3 Taniny

Taniny jsou poměrně rozsáhlou skupinou polyfenolických látek, které se běžně vyskytují v mnoha druzích rostlin, včetně krmivářsky významných, jakými jsou např. jeteloviny (jetel luční, jetel plazivý, vičenec ligrus, štirovník růžkatý, víkev setá) nebo čirok (Aboagye a Beauchemin, 2019). Taniny se obecně dělí na dvě skupiny, a to na taniny hydrolyzovatelné a taniny kondenzované (Obr. 1) (Aboagye a Beauchemin, 2019), které se liší chemickou strukturou, molekulovou hmotností i některými vlastnostmi (např. náchylností k hydrolyze; Fonseca *et al.*, 2023).

Rostliny syntetizují taniny jako součást svých obranných reakcí (Barbehenn a Peter Constabel, 2011) a ukládají je do různých orgánů a tkání, jakými jsou stonky, listy, květy, kůra, dřevo, kořeny, semena nebo plody (Fonseca *et al.*, 2023). Koncentrace taninů se navíc liší v závislosti na druhu a genotypu rostliny, vývojovém stádiu tkáně/orgánu a podmínkách prostředí (Barbehenn a Peter Constabel, 2011).



Hydrolyzovatelný tanin (kyselina tříslová)



Kondenzovaný tanin (prokyanidin)

Obr. 1: Chemická struktura hydrolyzovatelného a kondenzovaného taninu

Vytvořeno pomocí BioRender.com s využitím obrázků z Public domain

Typickou vlastností taninů je jejich schopnost vytvářet komplexy především s bílkovinami a organickými dusíkatými látkami, např. s aminokyselinami, polyaminy nebo dusíkatými bázemi (Adamczyk *et al.*, 2017), v menší míře i s polysacharidy, jako je škrob, celulóza, hemicelulóza a pektin (Fonseca *et al.*, 2023), nebo i některými kovy (Farha *et al.*, 2020; Smith *et al.*, 2005). Tím narušují průběh trávení těchto živin přijímaných zvířetem. Tvorba těchto komplexů probíhá v prostředí s pH 3,5–7,0; pokud se pH změní mimo uvedené rozmezí, dochází opět k jejich disociaci (Yanza *et al.*, 2021). Po příjmu krmiva s taniny dochází v batoru k tvorbě stabilních komplexů taninů s proteiny, které jsou takto ochráněny před batorovou fermentací a uvolňují se z komplexu až ve slezu, kde je pH nižší než 3,5, nebo ve dvanáctníku, kde jsou hodnoty pH kolem 8. Tím dochází ke zvýšení podílu ruminálně nedegradovaného proteinu (RUP) a ke snížení koncentrace amoniaku v batoru, což vede k lepšímu využití N, zvýšenému toku proteinu do dvanáctníku a zvýšené mikrobiální syntéze bílkovin (Fonseca *et al.*, 2023; Yanza *et al.*, 2021). Mění se tím také způsob exkrece N z organismu, kdy se snižuje množství N vylučovaného močí a zvyšuje se množství N vylučovaného ve výkalech. Protože N ve výkalech je stabilnější než v moči, dochází ke snížení uvolňování NH_3 a N_2O do atmosféry, což má pozitivní vliv na životní prostředí (Hristov *et al.*, 2022; Mueller-Harvey *et al.*, 2019). Zda se tato změna v metabolismu N projeví i ve zlepšení užitkovosti zvířat závisí na mnoha faktorech, zejména na druhu taninu a jeho koncentraci v krmné dávce (Aboagye a Beauchemin, 2019).

Taniny tvoří v menší míře komplexy i s polysacharidy (škrob, celulóza, hemicelulóza a pektin), čímž omezují možnost jejich fermentace bachorovou mikroflórou. Kromě toho snižují aktivitu bakteriálních enzymů štěpících tyto polysacharidy. To se navenek může projevit snížením stravitelnosti sušiny, organické hmoty a NDF (Aboagye a Beauchemin, 2019). Taniny dále také ovlivňují průběh biohydrogenace lipidů v bachoru (Khiaosa-Ard *et al.*, 2009), což může vést ke změnám v profilu mastných kyselin v živočišných produktech (Khosravi *et al.*, 2018; Wu *et al.*, 2021).

Taniny jsou v poslední době intenzivně studovány zejména kvůli jejich schopnosti snižovat produkci methanu, který vzniká činností methanogenních bakterií a archeí (Jayanegara *et al.*, 2012).

Z hlediska výživy a zdraví zvířat však nelze uvedené vlastnosti chápat pouze jednostranně, protože taniny mohou mít na zvířata vliv jak pozitivní, tak i negativní, v závislosti na jejich původu (druh rostliny), chemické struktuře, molekulové hmotnosti, obsahu v krmné dávce, a na dalších faktorech, jako je složení krmné dávky, druh zvířete (kozy jsou méně vnímavé než skot) nebo fyziologický stav zvířete (Makkar, 2003). Obecně lze říct, že krmné dávky s obsahem taninů do 5 % (v sušině) mají na přežvýkavce převážně pozitivní účinky (lepší využití N, snížení produkce methanu, zvýšení užitkovosti, prevence nadýmání), zatímco při vyšších koncentracích převažují účinky negativní (snížení příjmu krmiva, zhoršení stravitelnosti živin) (Aboagye a Beauchemin, 2019). Kromě toho zvířata mohou také těžit z jejich antioxidačních, antimikrobiálních, antiparazitárních, protizánětlivých a antivirových účinků (Sharma *et al.*, 2021).

1.9.4 Kafiriny

Kafiriny patří do skupiny prolaminů, tj. zásobních bílkovin, které se nacházejí v endospermu zrna čiroku. Jsou dominantní proteinovou frakcí, tvoří 77–82 % proteinů v endospermu (Laidlaw *et al.*, 2010). Kafiriny mají nevhodné aminokyselinové složení, protože obsahují především neesenciální a sирné aminokyseliny a jsou deficitní zejména na lysin a tryptofan. Kromě toho jsou značně rezistentní k proteázám, což způsobuje celkově nižší stravitelnost proteinu čirokového zrna, a to jak u nepřežvýkavých zvířat (Selle *et al.*, 2010), tak i přežvýkavců (McCary *et al.*, 2020).

2 VLASTNÍ POPIS METODIKY

2.1 PĚSTOVÁNÍ ČIROKU PRO JEDNOSEČNÉ A DVOUSEČNÉ VYUŽITÍ

V rámci řešení výzkumného projektu NAZV QK22010251 bylo ověřováno pěstování čiroku ve dvou pěstitelských systémech (technologiích):

- Přímá jednorázová sklizeň (jednosečné využití) při dosažení mléčné až voskové zralosti, při sušině 26–28 %,
- Technologie se zavádáním nadzemní biomasy na řádku (dvoufázová sklizeň), kdy se zpravidla sklízí dvě seče ročně.

2.1.1 Jednosečné využití čiroku – vyhodnocení produkce nadzemní biomasy

V tomto systému byly v průběhu tří let hodnoceny odrůdy čiroku s odlišnou raností, a to ve dvou výrobních oblastech (kukuřičné a řepařské). V kukuřičné výrobní oblasti byly pokusy založeny na Polní pokusné stanici v Žabčicích (Obr. 2), a to na dvou lokalitách (Žabčice-Obora a Žabčice-Písky), v řepařské výrobní oblasti na Výzkumné stanici v Ivanovicích na Hané.



Obr. 2: Čirok pro jednosečné využití na lokalitě Žabčice-Obora

2.1.1.1 Charakteristika lokalit

A. Polní pokusná stanice Žabčice (Mendelova univerzita v Brně)

Zájmová oblast leží v oblasti jižní Moravy, v okrese Brno-venkov. Areál spadá do Dyjsko-svrateckého úvalu. Průměrný roční úhrn srážek je 491 mm, průměrná roční teplota činí 10,3 °C. Aridní charakter klimatu zde zvyšují časté větry. Do oblasti zasahuje srážkový stín. Pozemky jsou rovinaté, bez ohrožení vodní erozí, s nadmořskou výškou cca 190 m n. m.

V rámci pokusné lokality Žabčice byla zvolena dvě půdně odlišná stanoviště, Obora a Písky.

Stanoviště Žabčice-Obora (GPS pokusu 49.024275N, 16.616629E) se vyznačuje dobrou dostupností podzemní vody. Z pedologického hlediska se jedná o půdní typ fluvizem glejová (FLg), vzniklá z nivních sedimentů řeky Svratky. Půdním druhem se řadí do skupiny jílovito-hlinitých půd s texturou prachovitá jílovitá hlína (Silty Clay Loam).

Stanoviště Žabčice-Písky (GPS pokusu 49.019600N, 16.591226E) je sušší stanoviště, reprezentované lehčí propustnou písčitou půdou na štěrkopískovém podloží. Půdním typem je černozem arenická a z hlediska půdního druhu se jedná o půdy hlinité s texturou jílovitá hlína (Clay Loam).

B. Výzkumná stanice Ivanovice na Hané (Národní centrum zemědělského a potravinářského výzkumu, v.v.i.)

Pokusná stanice se nachází na pozemcích v katastrálním území obce Ivanovice na Hané v nadmořské výšce 245 m n. m. (lokalizace: 49°19'N, 17°05'E). Výrobní oblast je Ř1, výrobní typ řepařský. Půdním typem je černozem modální (CEm) (Němeček *et al.*, 2011). Půdotvorný substrát je spraš. Ornice je tmavohnědá humózní hlína, dosahující hloubky v průměru cca 40 cm. Klimatický region T2 (teplý, mírně suchý). Průměrná roční teplota vzduchu dosahuje 9,8 °C a průměrný roční úhrn srážek 548 mm.

2.1.1.2 Technologie založení porostů

Na obou lokalitách byla po sklizni předplodiny provedena podmítka talířovým podmítačem následovaná středně hlubokou orbou v podzimním období. V jarním období byla prováděna vícenásobná předseťová příprava půdy pomocí kombinace deskových smyků a hřebových bran v jednotlivých měsících (březen, duben a květen), z důvodu udržení pozemku v bezplevelném stavu.

Seť na obou lokalitách v jednotlivých letech proběhlo na přelomu května a června (teplota půdy nad 12 (15) °C, odrůdy široce byly vysety maloparcelovým pneumatickým přesným secím strojem HALDRUP SP-35 do hloubky 3 cm při meziřádkové vzdálenosti 0,45 m a při výsevu 245 000 semen.ha⁻¹. Následně

byl pozemek zaválen cambridge válcí. Herbicidní ochrana byla realizována pree-mergentně herbicidem Gardoprim Plus Gold 500 SC v dávce $2,0 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$ (ukončeno používání 30. 6. 2024) a postemergentně přípravkem ARRAT v dávce $0,2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$.

2.1.1.3 Skladba odrůd

Do pokusu bylo zařazeno celkem 9 odrůd čiroku (za jejich názvem je uvedena země, kde je odrůda registrována). Z toho dvě z portfolia Národního centra zemědělského a potravinářského výzkumu, v. v. i. RUZROK (CZ) (Obr. 4) a RU-JH-CZ03 (RUFUSS; CZ), dále tři odrůdy od firmy SEED SERVICE s.r.o. – NUTRI HONEY (ES), PAMPA TRIUNFO XLT BMR (registrováno pod číslem SBS001; BG), LATTE (IT) a čtyři odrůdy od KWS OSIVA s.r.o. – KWS SOLE (PT), KWS FREYA (CZ, CRO, IT), KWS HANNIBAL (PT, IT), KWS TARZAN (CZ, CRO, IT, PT, DE).

2.1.1.4 Sklizeň

Lokalita Žabčice je svou polohou předurčena pro pěstování čiroků na siláž ve formě jednosečné sklizně. Pro jednosečnou sklizeň čiroku je žádoucí, aby jeho sušina byla vyšší než 28 % (Hermuth *et al.*, 2012). Sklizeň je vhodné provádět ve fázi mléčné až voskové zralosti semen. Sklizeň při nižším obsahu sušiny je ekonomicky nevýhodná. Aby byla nadzemní biomasa sklizena při optimálním obsahu sušiny, byl v období od počátku srpna prováděn opakovaný týdenní monitoring obsahu sušiny u jednotlivých odrůd čiroku. Při dosažení optimálního obsahu sušiny v nadzemní biomase, byla u všech odrůd čiroku změřena výška porostů a stanoven počet odnoží, obě hodnocení ve třech opakováních. Následně byla provedena ruční sklizeň, kdy byly rostliny ručně odřezány cca 0,1 m nad povrchem půdy. Sklízňová plocha činila $2,25 \text{ m}^2$ ($5 \text{ m} \times 0,45 \text{ m}$). Pokus byl realizován ve třech opakováních. Rostliny ze sklízňové parcely byly zváženy s přesností na 0,01 kg. Následně bylo odebráno 10 náhodných rostlin, které se podrtily na drtiči Viking GE 450. Z výsledné řezanky byly odebrány vzorky ke stanovení sušiny (cca 0,2 kg hmoty) a kvalitativních parametrů (cca 0,7 kg hmoty) a cca 1 kg ke kalibraci NIRS. Sušení probíhalo v laboratorní horkovzdušné sušárně VENTICELL 707 standard. Vzorky na obsah sušiny byly předsušeny při 65°C do fáze zdánlivé sušiny. Následně byly vzorky dosušeny 4 hodiny při teplotě 105°C . Vzorky ke stanovení kvalitativních parametrů byly sušeny při teplotě 65°C .

2.1.1.5 Zpracování experimentálních dat

Získaná výnosová data byla statisticky zpracována analýzou rozptylu pomocí programu Statistica 14 (StatSoft, 2015), s následným testováním rozdílů středních hodnot pomocí Tukeyova HSD testu, při hladině pravděpodobnosti 95 %. Rozdíly ve výnosech suché hmoty, sušiny, výšce rostlin a počtu odnoží jednotlivých odrůd čiroku byly graficky znázorněny pomocí grafů s intervaly spolehlivosti (při hladině významnosti $P < 0,05$).

V Tab. 1 jsou zaznamenány termíny setí a sklizně čiroku na jednotlivých lokalitách. Nejdřívější termín setí byl v Žabčicích v roce 2024 (29. 5.). Naopak nejpozdější výsev byl 14. 6., také v témže roce, ale v Ivanovicích na Hané. V ostatních případech byl výsev proveden v prvním červnovém týdnu. Termín sklizně byl v rozpětí od 12. 8. do 6. 10., v závislosti na ročníku a lokalitě. V Ivanovicích na Hané byla prováděna v daném ročníku u všech odrůd v jednom termínu. Naopak v Žabčicích byly jednotlivé odrůdy sklizeny postupně, podle toho, jak dozrávaly (resp. v termínu dosažení sklizňové sušiny). Výjimkou byl rok 2024, kdy kromě odrůdy KWS HANNIBAL na lokalitě Žabčice-Písky byly všechny odrůdy sklizeny ve stejném termínu (Obr. 3). Z Tab. 2 je patrná odlišná délka vegetační doby u zkoušených odrůd čiroku v letech 2022 a 2023 na lokalitě Žabčice. Z těchto hodnot lze odvodit ranost jednotlivých odrůd, přičemž v některých případech byla kratší doba vegetace zjištěna na lokalitě Žabčice-Písky, tedy na sušší lokalitě.



Obr. 3: Sklizeň čiroku na lokalitě Žabčice-Obora

Tab. 1: Termíny setí, sklizně, předplodiny – 3 lokality, roky 2022–2024

Rok	Lokalita	Termín setí	Termín sklizně	Délka vegetační doby (dny)	Předplodina
2022	Žabčice-Písky	30. 5.	12. 8. – 5. 10.	74–128	pšenice ozimá
	Žabčice-Obora	30. 5.	12. 8. – 6. 10.	74–129	pšenice ozimá
	Ivanovice na Hané	2. 6.	8. 9.	98	ječmen jarní
2023	Žabčice-Písky	6. 6.	17. 8. – 23. 9.	72–109	kukuřice na zrno
	Žabčice-Obora	6. 6.	23. 8. – 21. 9.	78–108	kukuřice na zrno
	Ivanovice na Hané	7. 6.	20. 9.	105	ječmen jarní
2024	Žabčice-Písky	29. 5.	29. 8. (11. 9.) ¹	92 (105) ¹	mák setý
	Žabčice-Obora	29. 5.	28. 8.	91	kukuřice na zrno
	Ivanovice na Hané	14. 6.	26. 9.	103	pšenice ozimá

Vysvětlivky: ¹pouze KWS HANNIBAL

Tab. 2: Termíny setí a sklizně u jednotlivých odrůd (Žabčice-Obora, Žabčice-Písky; 2022, 2023)

Odrůda	2022/datum setí 30. 5.				2023/datum setí 6. 6.			
	Ž-Obora	Dny	Ž-Písky	Dny	Ž-Obora	Dny	Ž-Písky	Dny
RUZROK	12. 8.	74	12. 8.	74	23. 8.	78	17. 8.	72
RUFUSS	8. 9.	101	7. 9.	100	20. 9.	106	23. 9.	109
NUTRI HONEY	8. 9.	101	7. 9.	100	20. 9.	106	23. 8.	78
PAMPA TRIUNFO XLT BMR	6. 10.	129	7. 9.	100	21. 10.	137	4. 9.	90
LATTE	6. 10.	129	5. 10.	128	12. 10.	128	4. 9.	90
KWS SOLE	17. 8.	79	16. 8.	78	23. 8.	78	17. 8.	72
KWS FREYA	17. 8.	79	16. 8.	78	14. 9.	100	23. 8.	78
KWS HANNIBAL	6. 10.	129	20. 9.	113	2. 10.	118	14. 9.	100
KWS TARZAN	30. 8.	92	16. 8.	78	20. 9.	106	4. 9.	90

Vysvětlivky: : Ž-Obora = Žabčice-Obora; Ž-Písky = Žabčice-Písky

2.1.1.6 Charakteristika průběhu počasí – lokalita Žabčice (2022–2024)

Klimatické podmínky pro pěstování čiroku byly ve sklizňových letech 2022 a 2023 příznivé, v roce 2024 však došlo k extrémním projevům počasí jak z hlediska vyššího úhrnu srážek, tak i vyšších průměrných teplot vzduchu. Údaje o měsíčních srážkových úhrnech a průměrných teplotách vzduchu ve sledovaném období 2022–2024 (Tab. 3 a 4) pochází z meteorologické stanice Ústavu agrosystémů a bioklimatologie (MENDELU), umístěné na Polní pokusné stanici Žabčice.

Celkově lze vegetační období (duben až září) **ročníku 2022** na lokalitě Žabčice označit jako teplotně i srážkově normální, s předpokladem dobrého výnosového potenciálu. Celkový úhrn srážek byl za toto období o 5,5 mm vyšší (101,7 % dlouhodobého normálu) a průměrná teplota vzduchu o 0,3 °C nižší, než je dlouhodobý normál. Teplota vzduchu byla na počátku vegetačního období v dubnu oproti normálu nižší, později průměrná, s teplotně nadnormálním červnem, kdy průměrná teplota dosahovala 20,3 °C. Pokus s jednosečným využitím čiroku na siláž byl založen 30. 5., kdy vzduch i půda byly dostatečně prohřáté. Ačkoliv byly teploty v době po zasetí příznivé, limitními byly v tomto ročníku srážkové úhrny. Od ledna do konce dubna byl celkový srážkový úhrn pouze 38,2 mm. Květen a červen pak byly srážkově normální (s celkovým úhrnem srážek 97,6 mm). Větší srážkový úhrn byl v průběhu července (98,8 mm) a srpna (86 mm), kdy oba měsíce byly srážkově nadnormální.

Ročník 2023 byl teplotně (-0,1 °C oproti dlouhodobému normálu) i srážkově normální (106,7 % dlouhodobého normálu). Nicméně výskyt srážek byl v průběhu vegetačního období značně nerovnoměrný a u některých odrůd měl výrazný vliv na výnos. Srážkově silně nadnormální duben (68,2 mm) a normální květen (59,7 mm) poskytly čiroku dostatek vláhy v počátku vegetace. V období vzcházení a ve fázi počátečního růstu čiroku následovaly srážkově silně podnormální měsíce červen (29,5 mm) a červenec (34 mm). Deficit byl částečně pokryt v průběhu srážkově silně nadnormálního srpna, kdy spadlo celkem 130 mm. Většina srážek spadla v průběhu 7 dní, zároveň bylo v srpnu 19 bezesrážkových dnů. V září pak byly srážky v porovnání s dlouhodobým normálem opět podnormální.

Ročník 2024 byl teplotně i srážkově nadnormální. Počátek vegetační doby v dubnu a květnu byl v porovnání s dlouhodobým normálem srážkově i teplotně normální. Červen byl rovněž teplotně normální, nicméně srážkový úhrn byl mimořádně nadnormální (136,2 mm, což představuje 220,6 % dlouhodobého normálu). Vysoké srážkové úhrny podporovaly intenzivní růst a tvorbu biomasy. Vysoké letní teploty v červenci a srpnu v kombinaci s podnormálními srážkovými úhrny urychlily dozrávání porostu a termín sklizně, která byla v porovnání s předšlými ročníky provedena téměř o měsíc dříve.

Tab. 3: Měsíční úhrny srážek (mm) na stanovišti Žabčice v letech 2022–2024

Srážky/rok (mm)	Měsíc												Úhrn veg. obd. ²	Úhrn rok	Rozdíl veg. obd. vs. dlou- hodobý normál (%)
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.			
2022	9,6	5,2	8,2	15,2	43,0	54,6	98,8	86,0	33,6	12,6	8,0	29,4	331,2	404,2	101,7
2023	26,4	12,8	10,2	68,2	9,7	29,5	34,0	130,0	26,2	22,0	39,4	53,4	347,6	511,8	106,7
2024	40,6	21,0	36,6	17,6	67,8	136,2	25,2	25,0	184,0	27,2	10,0	25,0	455,8	616,2	140,0
Dlouhodobý normál	21,1	20,4	29,9	27,8	52,2	61,7	68,9	61,1	53,9	37,0	31,4	25,7	325,7	491,1	-

Vysvětlivky: ¹Meteorologická stanice na Polní pokusné stanici Žabčice; ²Vegetační období 1. 4.–30. 9. nadprůměrné hodnoty/deficit ve vegetačním období (dle Kožnarové a Klabzuby, 2002)

Tab. 4: Průměrná denní teplota vzduchu (°C) na stanovišti Žabčice v letech 2022–2024

Teplota/rok (°C)	Měsíc												Prům. veg. obd. ²	Prům. rok	Rozdíl veg. obd. vs. dlouhodo- bý normál (°C)
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.			
2022	1,3	4,4	4,1	8,4	16,1	20,3	20,7	21,4	14,0	11,6	5,2	0,9	16,8	10,7	-0,3
2023	2,8	2,6	6,3	8,3	14,0	18,7	21,8	20,3	18,6	12,8	5,4	1,8	16,7	11,1	-0,4
2024	0,5	7,0	8,7	11,6	16,2	19,6	22,3	22,9	17,4	11,0	3,7	1,3	18,3	11,8	+1,2
Dlouhodobý normál	-0,7	0,9	5,1	11,0	15,6	19,2	20,9	20,6	15,4	9,7	4,9	0,3	17,1	10,2	-

Vysvětlivky: ¹Meteorologická stanice na Polní pokusné stanici Žabčice; ²Vegetační období 1. 4.–30. 9. nadprůměrné hodnoty ve vegetačním období (dle Kožnarové a Klabzuby, 2002)

2.1.1.7 Charakteristika průběhu počasí – lokalita Ivanovice na Hané (2022–2024)

Po dvou klimaticky příznivých ročnících 2022 a 2023 došlo v roce 2024 k extrémním projevům počasí jak z hlediska nadbytku i nedostatku srážek, tak i vysokých teplot vzduchu. Klimatické podmínky v období 2022–2024 z klimatologické stanice Ivanovice na Hané uvádí Tab. 5 a 6.

Vegetační období **roku 2022** bylo na lokalitě Ivanovice na Hané v porovnání s dlouhodobým průměrem srážkové i teplotně průměrné. Úhrn srážek byl za toto období vyšší o 50,9 mm (113,9 % dlouhodobého úhrnu) a průměrná teplota vzduchu o 0,1 °C. Teplota vzduchu byla na počátku vegetačního období v dubnu oproti normálu nižší, později průměrná. Pokus s jednosečným využitím čiroku byl založen na počátku června, kdy průměrná denní teplota vzduchu byla 17 °C, což mělo v kombinaci s příznivou bilancí srážek po zasetí příznivý vliv na vzházení a počáteční růst rostlin. Letní období se po všechny tři měsíce vyznačovalo průměrnými teplotami a měsíční průměry se pohybovaly shodně na hranici 20 °C. Srážkově byly první tři hodnocené měsíce vegetačního období průměrné, druhá polovina července a první dvě třetiny srpna podprůměrné. Vlivem nedostatku vláhy s vysokými teplotami v tomto období došlo k výskytu delší periody sucha, které i v této oblasti čirok odolával lépe než kukuřice. Poslední dekáda srpna však s sebou přinesla intenzivní nadprůměrné srážky a dlouhotrvající období sucha tím bylo ukončeno. Porosty čiroku tak mohly před sklizní, která proběhla v termínu 8. 9., ještě zregenerovat.

Rok 2023 byl sice srážkově nadprůměrný, avšak rozložení srážek nebylo v průběhu roku optimální. Úhrn srážek za vegetační období v roce 2023 byl oproti dlouhodobému průměrnému úhrnu o 68,6 mm vyšší (118,7 % normálu). Průměrná teplota vzduchu za vegetační období 2023 byla oproti dlouhodobému průměru vyšší jen o 0,2 °C. V průběhu letních měsíců se vyskytly periody sucha, které společně s nerovnoměrným rozložením srážek ovlivnily produkci nadzemní biomasy čiroku. Teplotně bylo počasí od června až do sklizně, která proběhla v termínu 20. 9., ve srovnání s normálem normální až nadprůměrné.

Vegetační období **roku 2024** bylo na lokalitě Ivanovice v porovnání s dlouhodobým normálem srážkově i teplotně výrazně nadprůměrné. Úhrn srážek byl sice za toto období výrazně vyšší (o 250,7 mm, tj. 168,5 % dlouhodobého úhrnu), s extrémními úhrny v červnu a září, i zde se však (obdobně jako v Jevíčku) jako velmi problematické ukázalo jejich rozdělení v průběhu vegetačního období. Před setím čiroku (14. 6.) spadlo v první dekádě června přes 100 mm srážek, což způsobilo problematické podmínky pro založení porostu. Do konce června napadlo dalších cca 160 mm, což ovlivnilo počáteční vývoj založených porostů. Zaznamenán zde byl rovněž extrémní úhrn srážek v jednom dni (78 mm). Letní měsíce červenec a srpen se naopak vyznačovaly srážkovým deficitem, který se pohyboval na úrovni 50 % normálu, a v tomto období se vyskytly déletrvající

Tab. 5: Měsíční úhrny srážek (mm) na stanovišti Ivanovice na Hané v letech 2022–2024

Srážky/rok (mm)	Měsíc												Úhrn veg. obd. 2	Úhrn rok	Rozdíl veg. obd. vs. dlou- hodobý normál (%)
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.			
2022	15,1	15,7	11,1	20,9	47,8	85,2	84,1	97,1	71,7	10,2	18,2	52,6	416,8	539,7	113,9
2023	37,6	19,1	13,7	60,0	73,9	27,3	70,1	181,0	22,2	48,4	49,6	63,6	434,5	666,5	118,7
2024	43,4	28,4	31,2	29,1	61,6	269,8	36,6	32,9	186,6	29,4	10,9	17,9	616,6	759,9	168,5
Dlouhodobý normál ¹	29,1	26,2	29,1	28,6	64,0	82,2	68,3	73,0	49,8	39,8	29,8	24,2	365,9	547,8	–

Vysvětlivky: ¹Meteorologická stanice na Polní pokusné stanici Žabčice; ²Vegetační období 1. 4.–30. 9. nadprůměrné hodnoty/deficit ve vegetačním období (dle Kožnarové a Klábzuby, 2002)

Tab. 6: Průměrná denní teplota vzduchu (°C) na stanovišti Ivanovice na Hané v letech 2022–2024

Teplota/rok (°C)	Měsíc												Prům. veg. obd. 2	Prům. rok	Rozdíl veg. obd. vs. dlouhodo- bý normál (°C)
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.			
2022	1,0	3,8	3,7	7,9	15,6	19,8	20,6	20,9	13,4	11,2	4,9	0,5	16,4	10,3	-0,1
2023	2,9	1,9	6,0	8,0	13,7	18,6	21,4	20,2	18,1	12,7	5,2	2,2	16,7	10,9	+0,2
2024	-0,1	6,9	8,6	11,6	16,4	19,4	22,1	22,2	16,5	10,9	3,4	1,3	18,0	11,6	+1,5
Dlouhodobý normál ¹	-1,3	0,4	4,5	10,3	14,7	18,8	20,5	19,9	14,9	9,3	5,0	0,2	16,5	9,8	–

Vysvětlivky: ¹Meteorologická stanice na Polní pokusné stanici Žabčice; ²Vegetační období 1. 4.–30. 9. nadprůměrné hodnoty ve vegetačním období (dle Kožnarové a Klábzuby, 2002)

periody sucha. Další extrémní úhrny srážek nastaly před sklizní v polovině září, kdy během tří dnů napršelo cca 160 mm, což způsobilo na mnohých místech ČR povodně. Průměrná teplota vzduchu byla ve vegetačním období 2024 vyšší o 1,5 °C a teplota vzduchu byla ve všech měsících vegetačního období oproti normálu výrazně nadnormální. Celé toto období patřilo k nejteplejším v historii měření teploty vzduchu jak na této lokalitě, tak i na území ČR a většiny zemí světa. Sklizeň čiroku, která proběhla v termínu 26. 9. tak byla z důvodu podmáčené půdy a polehlých porostů většiny pokusných variant značně problematická.



Obr. 4: Čirok odrůdy RUZROK

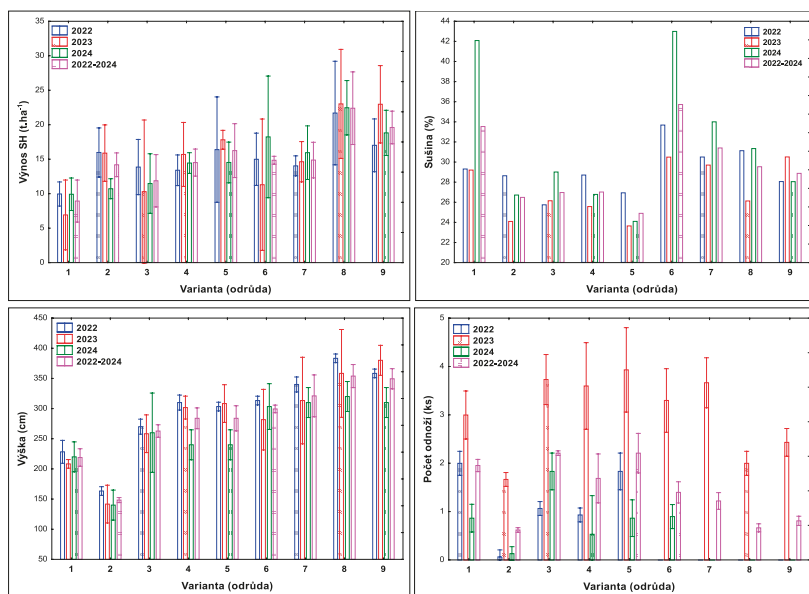
2.1.1.8 Pěstování jednosečného čiroku – výsledky produkce nadzemní biomasy

Lokalita Žabčice-Obora

Na lokalitě Žabčice-Obora odrůdy čiroku reagovaly na průběh počasí v jednotlivých letech odlišně, tzn., že nebyl zjištěn jednoznačný vliv ročníku na výnos suché hmoty (Obr. 5a). Velmi vyrovnané a zároveň vysoké výnosy suché hmoty, bez ohledu na ročník, byly u KWS HANNIBAL. Naopak velký vliv ročníku byl zaznamenán u odrůd RUZROK, KWS SOLE a KWS TARZAN.

Sušina při sklizni se nejčastěji pohybovala v rozmezí 24–32 % (Obr. 5b). U některých odrůd byla sušina výrazně ovlivněna ročníkem (nad 40 % v roce 2024 u odrůd RUZROK a KWS SOLE).

Výška rostlin (Obr. 5c) nebyla významně ovlivněna ročníkem (i když u řady odrůd byly nejnižší hodnoty zjištěny v roce 2024), naopak byla charakteristickým odrůdovým znakem.



Obr. 5: a, b, c, d Výnos suché hmoty, obsah sušiny při sklizni a další růstové charakteristiky odrůd čiroku v lokalitě Žabčice-Obora (2022–2024)

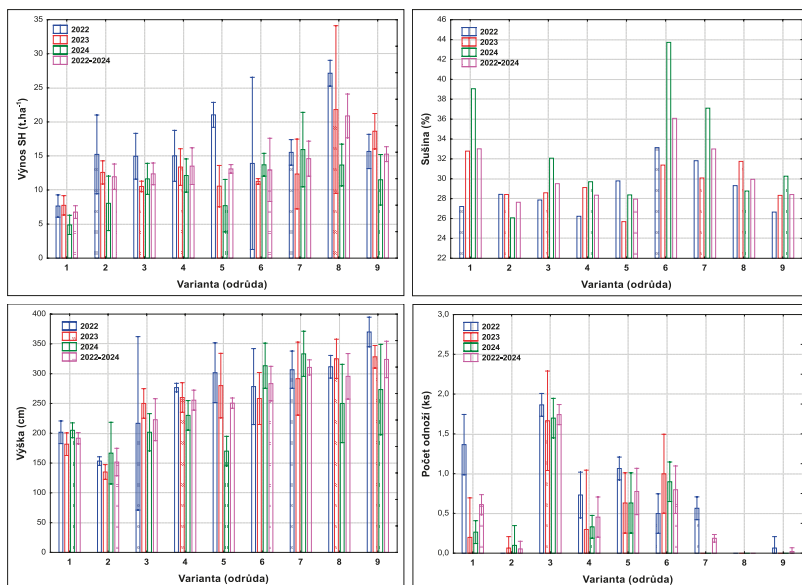
Vysvětlivky: SH – suchá hmota; 1 – RUZROK; 2 – RU-JH-CZ03; 3 – NUTRI HONEY; 4 – PAMPA TRIUNFO XLT BMR; 5 – LATTE; 6 – KWS SOLE; 7 – KWS FREYA; 8 – KWS HANNIBAL; 9 – KWS TARZAN

Počet odnoží (Obr. 5d) byl významně ovlivněný ročníkem. Reakce odrůd na odnožování byla u jednotlivých odrůd odlišná, obecně nejvyšší počet odnoží byl zaznamenán v roce 2023 (více než 3 u odrůd NUTRI HONEY, PAMPA TRIUNFO XLT BMR, LATTE, KWS SOLE a KWS FREYA, naopak nejnížší v roce 2024 (v tomto roce nebyly u některých odrůd odnože žádné).

Lokalita Žabčice-Písky

Také na lokalitě Žabčice-Písky odrůdy široce reagovaly na průběh počasí v jednotlivých letech odlišně. Celkově nižší výnosy suché hmoty (Obr. 6a) byly u odrůdy RUZROK, u ostatních odrůd byly výnosy vzájemně porovnatelné. Malý vliv ročníku a tedy vyrovnané výnosy byly u odrůd NUTRI HONEY, PAMPA TRIUNFO XLT BMR a KWS SOLE. Naopak velký vliv ročníku byl zaznamenán u odrůd LATTE a KWS HANNIBAL.

Sušina při sklizni (Obr. 6b) se nejčastěji pohybovala v rozmezí 26–32 %. U některých odrůd byla sušina výrazně ovlivněna ročníkem, většinou vyšší hodnoty byly zjištěny v roce 2024 (téměř 44 % u odrůdy KWS SOLE a téměř 40 % u odrůdy RUZROK).



Obr. 6: a, b, c, d: Výnos suché hmoty, obsah sušiny při sklizni a další růstové charakteristiky odrůd široce v lokalitě Žabčice-Písky (2022-2024)

Vysvětlivky: SH – suchá hmoty; 1 – RUZROK; 2 – RU-JH-CZ03; 3 – NUTRI HONEY; 4 – PAMPA TRIUNFO XLT BMR; 5 – LATTE; 6 – KWS SOLE; 7 – KWS FREYA; 8 – KWS HANNIBAL; 9 – KWS TARZAN

Výška rostlin (Obr. 6c) nebyla významně ovlivněna ročníkem (i když u řady odrůd byly nejnižší hodnoty zjištěny v roce 2024), naopak byla charakteristickým odrůdovým znakem.

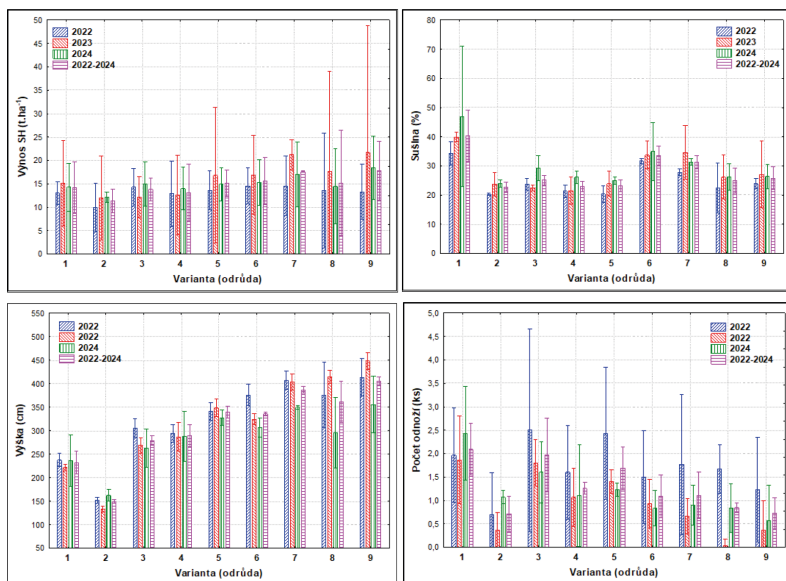
Počet odnoží (Obr. 6d) byl významně ovlivněný ročníkem. Reakce odrůd na odnožování byla u jednotlivých odrůd odlišná, obecně nejvyšší počet odnoží byl zaznamenán pravidelně u odrůdy NUTRI HONEY. Nižší odnožování v jednotlivých letech bylo charakteristické u novošlechtění RU-JH-CZ03 a KWS FREYA, KWS HANNIBAL a KWS TARZAN.

Lokalita Ivanovice na Hané

Na lokalitě Ivanovice na Hané byly výnosy suché hmoty (Obr. 7a) velmi vyrovnané mezi jednotlivými ročníky, ale i odrůdami.

Sušina při sklizni (Obr. 7b) se nejčastěji pohybovala v rozmezí 20–30 %, nebyly velké rozdíly mezi ročníky. Vyšší hodnoty sušiny byly zjištěny u odrůdy RUZROK (34–47 %).

Výška rostlin (Obr. 7c) nebyla významně ovlivněna ročníkem, naopak byla charakteristickým odrůdovým znakem.



Obr. 7: a, b, c, d: Výnos suché hmoty, obsah sušiny při sklizni a další růstové charakteristiky odrůd čiroku v lokalitě Ivanovice na Hané (2022–2024)

Vysvětlivky: SH – suchá hmota; 1 – RUZROK; 2 – RU-JH-CZ03; 3 – NUTRI HONEY; 4 – PAMPA TRIUNFO XLT BMR; 5 – LATTE; 6 – KWS SOLE; 7 – KWS FREYA; 8 – KWS HANNIBAL; 9 – KWS TARZAN

Odnože (Obr. 7d) se vyskytovaly poměrně pravidelně, jejich nejvyšší počet byl v roce 2022. Nižší odnožování v jednotlivých letech bylo charakteristické u novošlechtění RU-JH-CZ03.

Celkové vyhodnocení (průměr za roky 2022–2024)

U výnosu suché hmoty (Tab. 7) byly nejmenší rozdíly zjištěny na lokalitě Ivanovice na Hané (11,37–17,81 t.ha⁻¹). Na lokalitě Žabčice-Obora i Žabčice-Písky byly nejnížší výnosy u odrůdy RUZROK, naopak nejvyšší u KWS HANNIBAL (nad 20 t). V Ivanovicích na Hané byl nejnížší výnos suché hmoty u RU-JH-CZ03, naopak nejvyšší u KWS FREYA a KWS TARZAN.

Sušina byla u většiny odrůd na všech lokalitách 23–30 %. Vyšší hodnoty sušiny byly u odrůd RUZROK, KWS SOLE a KWS FREYA.

Na všech lokalitách byla nejnížší výška rostlin (Tab. 8) u RU-JH-CZ03 (148–152 cm). Naopak nejvyšší byly rostliny odrůd KWS FREYA, KWS HANNIBAL a KWS TARZAN. Výška rostlin čiroku byla v průměru nejvyšší na lokalitě Ivanovice na Hané, naopak nejnížší na lokalitě Žabčice-Písky.

Nejnižší počet odnoží byl na lokalitě Žabčice-Písky. Na všech lokalitách měly nízkou odnožovací schopnost odrůdy KWS HANNIBAL a KWS TARZAN, naopak velmi dobře odnožovala odrůda NUTRI HONEY (v průměru 1,7–2,2 odnože).

Tab. 7: Výnos suché hmoty a sušina při sklizni odrůd čiroku na lokalitách Žabčice-Obora, Žabčice-Písky a Ivanovice na Hané (průměr 2022–2024)

Varianta/ odrůda	Výnos SH (t.ha ⁻¹)						Sušina (%)					
	Ž-Obora	SD	Ž-Písky	SD	IVA	SD	Ž-Obora	SD	Ž-Písky	SD	IVA	SD
1	8,91	1,71	6,76	1,50	14,16	2,21	33,5	7,4	33,0	5,9	40,4	3,6
2	14,17	2,44	11,95	3,47	11,37	1,00	26,5	2,3	27,6	1,4	22,7	0,7
3	11,85	2,54	12,37	2,16	13,79	1,00	27,0	1,8	29,5	2,2	25,1	0,7
4	14,49	1,30	13,51	1,64	13,16	2,47	27,0	1,6	28,4	1,9	23,0	0,7
5	16,22	1,99	13,10	6,17	15,11	1,12	24,9	1,8	28,0	2,1	23,1	0,8
6	14,82	3,46	12,96	2,87	15,59	2,03	35,7	6,5	36,1	6,7	33,4	1,4
7	14,85	1,21	14,61	2,30	17,59	0,07	31,4	2,3	33,0	3,7	31,3	0,9
8	22,37	2,24	20,88	6,42	15,19	4,55	29,5	2,9	29,9	1,6	24,9	1,8
9	19,58	2,63	15,27	3,27	17,81	2,53	28,9	1,4	28,4	1,8	25,8	1,6
průměr	15,25	-	13,49	-	14,86	-	29,4	-	30,4	-	27,7	-

Vysvětlivky: Ž-Obora – Žabčice-Obora; Ž-Písky – Žabčice-Písky; IVA – Ivanovice na Hané; 1–RUZROK; 2–RU-JH-CZ03; 3–NUTRIHONEY; 4–PAMPATRIUNFOXLTBMR; 5–LATTE; 6–KWSSOLE; 7 – KWS FREYA; 8 – KWS HANNIBAL; 9 – KWS TARZAN

Tab. 8: Výška rostlin a počet odnoží u odrůd čiroku na lokalitách Žabčice-Obora, Žabčice-Písky a Ivanovice na Hané (2022–2024)

Varianta/ odrůda	Výška (cm)						Počet odnoží (ks)					
	Ž-Obora	SD	Ž-Písky	SD	IVA	SD	Ž-Obora	SD	Ž-Písky	SD	IVA	SD
1	219	10	196	12	232	10	2,0	0,8	0,6	0,6	2,1	0,2
2	148	12	152	18	149	2	0,6	0,7	0,1	0,1	0,7	0,2
3	263	14	223	37	279	4	2,2	1,0	1,7	0,2	2,0	0,3
4	284	29	256	22	290	9	1,7	1,3	0,5	0,3	1,3	0,1
5	284	29	251	63	339	5	2,2	1,2	0,8	0,2	1,7	0,2
6	299	16	283	30	336	2	1,4	1,3	0,8	0,3	1,1	0,2
7	321	19	311	24	387	3	1,2	1,6	0,2	0,3	1,1	0,2
8	354	27	296	38	362	18	0,7	0,9	0,0	0,0	0,8	0,0
9	349	27	324	45	406	4	0,8	1,0	0,0	0,0	0,7	0,1
průměr	280	-	255	-	309	-	1,4	-	0,5	-	1,3	-

Vysvětlivky: Ž-Obora – Žabčice-Obora; Ž-Písky – Žabčice-Písky; IVA – Ivanovice na Hané; 1–RUZROK; 2–RU-JH-CZ03; 3–NUTRIHONEY; 4–PAMPATRIUNFOXLTBMR; 5–LATTE; 6–KWSSOLE; 7 – KWS FREYA; 8 – KWS HANNIBAL; 9 – KWS TARZAN

2.1.1.9 Nutriční hodnoty pěstovaných odrůd čiroků

Během tří let bylo pěstováno na pozemcích Školního zemědělského podniku v Žabčicích 35 odrůd čiroků. Pouze 9 vybraných odrůd bylo pěstováno ve třech letech (2022, 2023 a 2024) na 2 různých lokalitách:

- Lokalita Žabčice-Písky, která je charakteristická lehčí propustnou písčitou půdou na štěrkopískovém podloží, jedná se o sušší stanoviště.
- Lokalita Žabčice-Obora se vyznačuje jílovito-hlinitou půdou s dobrou dostupností podzemní vody.

Kromě toho v letech 2022–2024 bylo hodnocení provedeno z pokusů založených na lokalitě Ivanovice na Hané, která se nachází v řepařské výrobní oblasti, půdní typ černozem.

Schéma, kdy a z jaké lokality byly odrůdy hodnoceny, je uvedeno v Tab. 9. Hodnocení odrůdy je znázorněno hvězdičkou *. Výsledky ve všech letech a na obou lokalitách byly získány u odrůdy LATTE, NUTRI HONEY, RUZROK, RUFUSS, PAMPA TRIUNFO XLT BMR, KWS FREYA, KWS HANNIBAL, KWS SOLE A KWS TARZAN.

Tab. 9: Schéma hodnocení odrůd čiroků v letech 2022-2024 na lokalitách Žabčice-Obora, Žabčice-Písky a Ivanovice na Hané

Odrůda	n	2022			2023			2024		
		Obora	Písky	IVA	Obora	Písky	IVA	Obora	Písky	IVA
Arigato	2				*					
Arsky	4	*			*					
Colorado	4	*	*							
Diamond	10	*	*		*	*		*		
Express	4	*	*							
Harmattan	4	*			*					
Latte	12	*	*	*	*	*		*	*	*
Nutri Honey	12	*	*	*	*	*		*	*	*
Ruby	10	*	*		*	*		*		
Ranger	6				*	*		*		
Ruzrok	12	*	*	*	*	*		*	*	*
Rufuss	12	*	*	*	*	*		*	*	*
Sweet Caroline	10	*	*		*	*		*		
Willy	2				*					
Big Kahuna BMR	4	*	*							
Buffalo Grain BMR	2							*		
Little Giant BMR	4	*	*							
PampaTriunfo XLT BMR	24	*	*	*	***	*		*	*	*
Pampa Centurion BMR	6				*	*		*		
Trail Boss BMR	2							*		
KWS Bulldozer	4	*	*							
KWS Freya	12	*	*	*	*	*		*	*	*
KWS Hannibal	12	*	*	*	*	*		*	*	*
KWS Juno	4	*	*							
KWS Kallisto	4	*	*							
KWS Lupus	4	*	*							
KWS Merlin	6	*	*					*		
KWS Minas	4	*	*							
KWS Sammos	4	*	*							
KWS Sole	12	*	*	*	*	*	*	*	*	*
KWS Tarzan	12	*	*	*	*	*	*	*	*	*
KWS Titus	4	*	*							
KWS Triton	4	*	*							
KSH 0G50R	4	*	*							
KSH 9G32W	4	*	*							

Vysvětlivky: Obora – Žabčice-Obora; Písky – Žabčice-Písky; IVA – Ivanovice na Hané;
 * hodnocení odrůdy; n – počet hodnocených případů

U všech odebraných vzorků byly provedeny základní chemické analýzy živin podle platných metodik, které se řídí NAŘÍZENÍM KOMISE (ES) č. 152/2009 ze dne 27. ledna 2009, kterým se stanoví metody odběru vzorků a laboratorního zkoušení pro úřední kontrolu krmiv. U vzorků byla ihned po sklizni stanovena sušina při 105 °C. Vzorek určený k analýzám byl usušen při teplotě 60 °C a následně pomlet na střížném mlýnku Pulverisette 19 (Fritsch, Německo) přes 1 mm síto. U takto připraveného vzorku byla v laboratoři Ústavu výživy zvířat a pícninářství Mendelovy univerzity v Brně stanovena laboratorní sušina, popel, dusíkaté látky (NL), hrubý tuk jako etherový extrakt, hrubá vláknina, acido-detergentní vláknina (ADF), neutrálně detergentní vláknina po úpravě vzorku amylázou (aNDF), acido-detergentní lignin (ADL) a celulóza. Hodnoty bezdusíkatých látek výťažkových (BNLV) byly získány odečtem živin od sušiny (BNLV= sušina – popel – NL – tuk – hrubá vláknina; kdy při přepočtu hodnot na absolutní sušinu se sušina rovná 100). U vzorků z lokality Ivanovice byly v jednotlivých odrůdách analyzovány živiny za použití přístroje NIRS na základě kalibračních křivek vytvořených z ostatních laboratorních analýz. Získané výsledky byly zpracovány v programu Excel a Statistica 14 (TIBCO Software Inc.)

Vedle základních živin byly u vybraných vzorků čiroků (z lokalit Žabčice-Obora a Žabčice-Písky, 2022) stanoveny taniny a dhurrin. Stanovení obsahu taninů je prováděno spektrofotometricky s využitím WPA BiowaVe II UV/Vis spektrofotometr po předchozí extrakci do 80% methanolu. Taniny byly vyvázány pomocí polyvinylpyrrolidonu (PVPP) s využitím Folin-Ciocalteu činidla. Stanovení obsahu dhurrinu a jeho metabolitů probíhalo na HPLC-DAD (Agilent Technologies 1100) podle optimalizované metody, kdy byly vysušené vzorky vyextrahovány do 80% methanolu a místo odpařování vzorků proběhlo stanovování a další extrakce pomocí SPE kolonek.

2.1.1.10 Výsledky analýz obsahu živin

Porovnání základních živin u čiroků ze všech tří lokalit je uvedeno v Tab. 10. Průkazně se lišily lokality Žabčice-Obora a Ivanovice na Hané v obsahu tuku, vlákniny a ADF. U obsahu NDF byly průkazné rozdíly pouze mezi lokalitou Žabčice-Písky a Ivanovice na Hané. Grafy ze statistického vyhodnocení dvoufaktorovou analýzou variance – obsah živiny u jednotlivých odrůd čiroků v závislosti na lokalitě jsou uvedeny na Obr. 8 a–e. Průkazné rozdíly jsou patrné u obsahu vlákniny a NDF. Naopak obsah dusíkatých látek se nelišil mezi odrůdami ani mezi lokalitami.

Průměrné hodnoty obsahu živin u všech odrůd čiroků jsou uvedeny v Tab. 11 a 12. Při hodnocení rozdílů mezi odrůdami, nebyly zjištěny průkazné rozdíly u sušiny, popela, dusíkatých látek a bezdusíkatých látek výťažkových (Tab 11). Odrůdy se mezi sebou více lišily u různých frakcí vlákniny (Tab 12). Například čirok odrůdy DIAMOND měl průkazně ($P < 0,05$) nižší obsah hrubé vlákniny než

odrůdy KWS FREYA, KWS HANNIBAL, KWS MERLIN, KWS SOLE, KWS TARZAN a KWS TRITON. Obsah vlákniny u odrůdy PAMPA TRIUNFO XLT BMR (26,1 %) se lišil průkazně ($P < 0,05$) pouze od odrůdy RUBY (18,8 %). Odrůdy RUFUSS (21,2 % vlákniny) a RUBY (18,8 % vlákniny) se průkazně ($P < 0,05$) lišily od téměř všech odrůd KWS, které obsahovaly nad 30 % vlákniny, kromě odrůdy JUNO a LUPUS. Česká odrůda RUZROK obsahovala průměrně 26,7 % vlákniny a nelišila se průkazně od žádné z odrůd. U této odrůdy však byl zjištěn průkazně ($P < 0,05$) vyšší lignin ADL (7,3 %) v porovnání s odrůdou BIG KAHUNA BMR (1,3 %) a RUFUSS (4 %), DIAMOND (3 %), PAMPA TRIUNFO XLT BMR (4 %), EXPRESS (2,6 %), KSH 0G50R (2,8 %), KSH 9G32W (2,4 %), RUBY (3,8 %), SWEET CAROLINE (3,7 %).

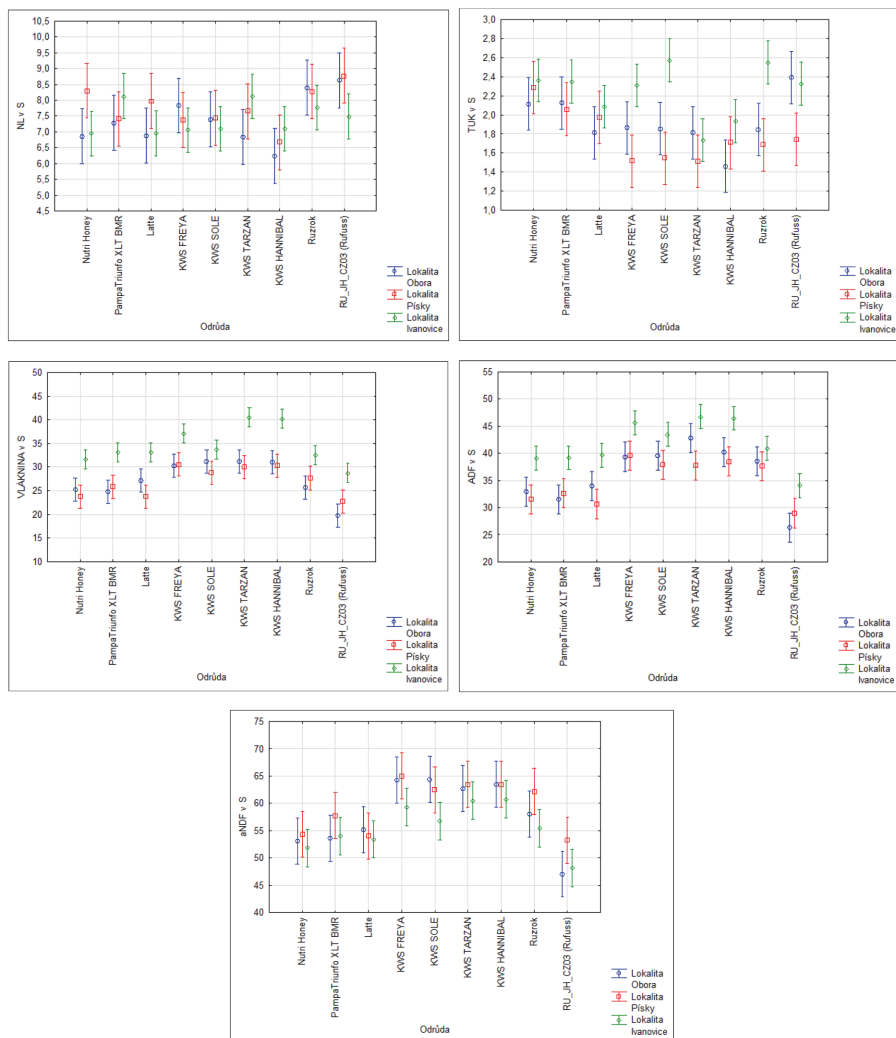
U hodnocených odrůd čiroku se pohybovaly obsahy NDF od 46,1 % u odrůdy RUBY do 66,5 % u odrůdy KWS SAMMOS. Průkazné rozdíly ($P < 0,05$) byly zjištěny pouze u odrůd RUBY (46,1 %) a RUFUSS (50,1 %) v porovnání s některými odrůdami KWS s obsahem NDF nad 60 % (FREYA, HANNIBAL, MERLIN, MINAS, SAMMOS, SOLE, TARZAN, TITUS, TRITON) a s odrůdou RUZROK (60,1 %). Obsah vlákniny a jejích složek souvisí se stářím porostu. Je třeba si nejen vybrat vhodnou odrůdu, ale zvolit i vhodnou vegetační fázi. U čiroků lze využít dvojsečnou technologii a sklídit rostliny v ranější fázi o nižší sušinu a nechat je zavadnout na vyšší sušinu. Také pak záleží na podílu plodiny v krmné dávce dojnice. Rozsah obsahu 45–60 % NDF odpovídá travním a jetelotravním porostům.

Hodnoty acido-detergentní vlákniny ADF, která zahrnuje lignocelulózový komplex se pohybovaly od 24 % u šlechtění KSH 9G32W až po 40,3 % u odrůdy KWS TARZAN. Odrůdy KWS vykazovaly vyšší hodnoty ADF (37–40 %), kromě odrůdy LUPUS (25,5 %) a lišily se průkazně ($P < 0,05$) od ostatních odrůd.

Tab. 10: Porovnání lokalit Žabčice-Obora, Žabčice-Písky a Ivanovice na Hané v obsahu živin u čiroků

Lokalita	Obora		Písky		Ivanovice n.H.	
n Živina	54		54		81	
	% živiny v sušině					
	Průměr	SD	Průměr	SD	Průměr	SD
NL	7,4	1,148	7,8	1,017	7,4	1,266
Tuk	1,9 ^a	0,360	1,8 ^a	0,351	2,2 ^b	0,472
Vláknina	27,4 ^a	4,392	27,1 ^a	4,268	34,5 ^b	4,810
ADF	36,2 ^a	5,474	35,0 ^a	4,653	41,7 ^b	5,516
aNDF	58,0 ^{ab}	7,580	59,5 ^b	7,148	55,6 ^a	5,975

Vysvětlivky: n – počet hodnocených případů; NL – dusíkaté látky; ADF – acido-detergentní vláknina; aNDF – neutrálně detergentní vláknina po úpravě vzorku amylázou; SD – směrodatná odchylka; hodnoty v řádku označené rozdílnými písmeny jsou mezi sebou průkazně odlišné ($P < 0,05$)



Obr. 8: a, b, c, d, e: Porovnání obsahu živin u jednotlivých odrůd čiroků na třech lokalitách

Tab. 11: Obsah sušiny při sklizni v % a obsah popela, NL, tuku a BNLV v % absolutní sušiny

Odrůda	n	Sušina v %		Popel		NL		TUK		BNLV	
				% živiny v sušině							
		Průměr	SD	Průměr	SD	Průměr	SD	Průměr	SD	Průměr	SD
Arigato	2	25	0,000	8,8	0,083	8,4	0,180	2,8	0,068	55,1	0,037
Arsky	4	28	1,036	7,0	0,071	10,5	1,092	1,8	0,222	58,4	1,088
Colorado	4	32	0,638	7,5	0,450	9,7	0,556	2,0	0,215	59,8	0,763
Diamond	10	28	3,193	7,2	0,739	9,1	2,101	2,2	0,225	59,2	2,970
Express	4	27	1,169	7,5	0,059	10,5	0,171	2,0	0,082	58,5	0,270
Harmattan	4	19	0,058	8,2	0,442	8,6	1,348	2,4	0,220	53,1	0,819
Latte	12	26	2,306	6,9	1,408	7,4	1,437	1,9	0,180	58,3	2,675
Nutri Honey	12	28	2,185	6,8	0,841	7,6	1,239	2,2	0,513	59,0	3,534
Ruby	10	28	3,400	7,0	0,482	10,2	1,576	2,5	0,312	61,6	2,017
Ranger	6	24	2,483	7,9	1,599	9,0	2,630	2,2	0,429	57,6	5,687
Ruzrok	12	33	5,726	6,0	0,539	8,3	0,524	1,8	0,142	57,2	3,490
Rufuss	12	27	1,717	7,2	1,239	8,7	0,471	2,1	0,349	60,8	3,277
Sweet Caroline	10	27	1,708	7,3	1,070	8,7	1,360	1,8	0,207	59,0	3,196
Willy	2	29	0,000	6,1	0,059	7,0	0,055	1,5	0,217	54,2	0,247
Big Kahuna BMR	4	25	3,943	9,1	1,823	5,1	0,229	1,5	0,191	56,5	0,711
Buffalo Grain BMR	2	27	0,000	6,0	0,054	6,0	0,188	2,2	0,037	63,5	0,426
Little Giant BMR	4	26	0,066	6,7	0,444	8,7	0,527	2,2	0,378	60,8	1,257
PampaTriunfo XLT BMR	24	27	2,002	7,0	0,761	8,5	1,344	2,4	0,394	56,0	3,810
Pampa Centurion BMR	6	27	1,307	7,0	0,507	7,6	0,659	2,1	0,139	57,8	3,975
Trail Boss BMR	2	27	0,000	5,5	0,035	5,5	0,079	1,7	0,113	65,2	0,080
KWS Bulldozer	4	28	2,217	6,7	0,687	5,3	0,267	1,6	0,249	54,4	0,595
KWS Freya	12	32	2,734	5,9	0,504	7,6	1,129	1,7	0,225	54,5	4,046
KWS Hannibal	12	30	2,032	5,7	0,472	6,5	0,621	1,6	0,212	55,6	1,924
KWS Juno	4	33	1,807	6,2	0,197	6,3	0,594	1,6	0,082	55,2	0,886
KWS Kallisto	4	29	1,160	6,2	0,447	6,8	0,352	1,7	0,047	53,9	1,170
KWS Lupus	4	29	2,183	7,6	0,164	10,6	0,293	1,5	0,153	59,0	0,623
KWS Merlin	6	31	1,910	5,9	0,742	6,2	0,987	1,4	0,153	54,2	2,040
KWS Minas	4	29	2,453	6,7	0,276	6,5	0,424	1,7	0,145	52,9	0,311
KWS Sammos	4	28	2,416	6,2	0,115	6,9	0,511	1,5	0,010	53,7	3,457
KWS Sole	12	36	5,620	5,6	0,539	7,4	1,039	1,7	0,381	55,2	5,437
KWS Tarzan	12	29	1,404	6,3	0,676	7,2	0,901	1,7	0,292	54,1	3,086
KWS Titus	4	30	0,015	6,3	0,327	7,3	0,863	1,6	0,147	53,4	1,542
KWS Triton	4	27	4,713	6,3	0,378	6,0	0,550	1,7	0,106	53,4	1,240
KSH 0G50R	4	29	1,770	6,5	0,129	9,4	0,293	1,8	0,060	63,3	0,827
KSH 9G32W	4	29	1,027	6,4	0,106	9,2	0,209	1,8	0,211	62,5	0,902

Vysvětlivky: n – počet hodnocených případů; S – sušina; NL – dusíkaté látky; BNLV – bezdusíkaté látky
 vytažkové; SD – směrodatná odchylka

Tab. 12: Obsah hrubé vlákniny, ADF, aNDF, ADL a celulózy v % absolutní sušiny

Odrůda	n	Vláknina		ADF		aNDF		ADL		Celulóza	
		% živiny v sušině									
		Průměr	SD	Průměr	SD	Průměr	SD	Průměr	SD	Průměr	SD
Arigato	2	25,0	0,158	28,3	0,352	53,1	0,216	2,5	0,132	25,8	0,220
Arsky	4	22,3	0,434	27,4	0,771	52,9	1,594	3,7	0,488	23,7	0,639
Colorado	4	20,9	1,063	26,2	1,201	49,2	2,185	3,0	0,177	23,2	1,125
Diamond	10	22,2	2,018	27,5	2,108	52,9	5,004	3,5	0,749	23,9	1,793
Express	4	21,5	0,449	25,6	0,328	52,4	0,826	2,6	0,140	23,0	0,430
Harmattan	4	27,7	1,892	32,6	1,488	59,1	0,862	4,0	0,295	28,7	1,720
Latte	12	25,4	3,230	32,3	2,974	54,6	4,454	4,8	0,701	27,5	2,444
Nutri Honey	12	24,5	3,092	32,2	2,919	53,7	5,949	6,3	1,254	25,9	2,156
Ruby	10	18,8	1,136	24,4	1,635	46,1	3,568	3,8	0,911	20,6	1,067
Ranger	6	23,3	2,188	29,1	1,321	54,1	4,947	3,6	0,391	25,5	1,635
Ruzrok	12	26,7	2,817	38,1	2,037	60,1	6,398	7,3	1,580	30,8	2,303
Rufuss	12	21,2	2,560	27,6	1,840	50,1	4,774	4,0	0,855	23,6	2,098
Sweet Caroline	10	23,1	1,655	29,1	1,406	54,6	2,954	3,7	0,612	25,3	1,585
Willy	2	31,2	0,461	38,2	0,537	64,7	0,526	7,0	0,188	31,2	0,349
Big Kahuna BMR	4	27,7	1,169	30,8	0,907	53,1	0,825	1,3	0,381	29,5	0,701
Buffalo Grain BMR	2	22,3	0,254	28,3	0,140	51,7	0,370	2,7	0,068	25,6	0,208
Little Giant BMR	4	21,7	0,674	27,1	1,517	50,0	2,013	3,6	1,568	23,5	0,175
PampaTriunfo XLT BMR	24	26,1	1,890	32,3	1,263	57,6	3,372	4,0	0,447	28,3	1,192
Pampa Centurion BMR	6	25,5	2,735	32,3	3,117	56,4	5,569	4,9	2,039	27,4	2,036
Trail Boss BMR	2	22,2	0,011	27,8	1,317	49,8	0,011	3,3	0,380	24,5	0,937
KWS Bulldozer	4	32,1	0,813	39,8	0,829	63,7	1,510	5,1	0,172	34,6	0,728
KWS Freya	12	30,4	3,004	39,5	2,374	64,7	5,971	6,8	1,551	32,7	2,578
KWS Hannibal	12	30,7	2,279	39,4	3,284	63,5	3,221	6,5	1,306	32,9	2,605
KWS Juno	4	30,7	0,320	37,8	0,569	62,9	1,058	5,0	0,253	32,8	0,513
KWS Kallisto	4	31,3	1,923	37,9	2,347	63,9	1,881	5,2	0,533	32,7	1,827
KWS Lupus	4	21,3	0,999	25,5	0,178	50,4	1,153	2,8	0,072	22,7	0,140
KWS Merlin	6	32,3	0,743	39,5	2,630	65,5	1,699	5,5	1,672	34,0	1,181
KWS Minas	4	32,1	0,282	39,0	0,331	65,2	1,309	4,8	0,217	34,2	0,465
KWS Sammos	4	31,6	3,711	37,3	1,453	66,5	7,064	4,9	0,154	32,3	1,560
KWS Sole	12	30,0	4,318	38,7	3,358	63,5	7,951	6,6	1,272	32,1	3,043
KWS Tarzan	12	30,6	2,980	40,3	4,180	63,1	6,201	6,5	1,659	33,8	2,915
KWS Titus	4	31,4	1,825	39,2	2,551	65,9	3,325	5,7	2,751	33,4	2,012
KWS Triton	4	32,6	0,222	40,1	0,269	65,8	2,144	6,0	1,543	34,1	1,464
KSH 0G50R	4	19,1	0,416	24,5	0,378	46,7	0,663	2,8	0,204	21,8	0,494
KSH 9G32W	4	20,1	0,757	24,0	0,891	46,2	1,771	2,4	0,160	21,6	0,761

Vysvětlivky: n – počet hodnocených případů; ADF – acido-detergentní vláknina; aNDF – neutrálně detergentní vláknina po úpravě vzorku amylázou; ADL – acido-detergentní lignin; SD – směrodatná odchylka

V Tab. 13 jsou uvedeny obsahy antinutričních látek dhurrinu a taninů analyzované v píce čiroků z lokalit Obora a Písky v roce 2022. Odrůdy NUTRI HONEY a LATTE obsahovaly nejméně dhurrinu, ale taninů obsahovala odrůda NUTRI HONEY nejvíce (4,89 mg.g⁻¹ S na lokalitě Obora). Vysoký obsah taninů (4,47 mg.g⁻¹ S) byl zjištěn i u odrůdy LITTLE GIANT BMR, ale pouze na lokalitě Písky. Hned po ní následovala ve vysokém obsahu taninů odrůda RUZROK (3,29–3,88 mg.g⁻¹ S). Z výsledků v Tab. 13 je patrné, že jednotlivé odrůdy reagovaly na stanoviště různě.

Tab. 13: Obsah antinutričních látek v píce čiroků

Odrůda	Dhurrin (mg.g ⁻¹ S)		Taniny (mg.g ⁻¹ S)	
	Obora	Písky	Obora	Písky
Diamond	1,03	0,72	1,52	0,93
Express	1,97	1,38	1,52	1,60
Ruby	0,67	0,28	1,86	2,78
Colorado	1,23	0,96	1,69	1,94
Sweet Caroline	1,18	1,55	2,95	0,76
Little Giant BMR	1,57	0,29	1,10	4,47
Big Kahuna BMR	0,86	0,72	2,28	1,43
Ruzrok	0,89	0,95	3,29	3,88
Rufuss	1,35	1,30	3,37	2,36
Nutri Honey	0,17	0,15	4,89	4,22
PampaTriunfo XLT BMR	0,55	0,57	2,45	1,86
Latte	0,17	0,17	1,86	2,36
KWS FREYA	0,91	0,48	3,88	3,37
KWS SOLE	1,00	0,73	2,78	2,53
KWS KALLISTO	0,63	0,40	3,46	2,87
KWS SAMMOS	0,70	0,53	3,29	2,95
KWS JUNO	0,47	0,71	3,37	3,80
KWS TARZAN	0,72	1,13	3,04	2,61
KWS MERLIN	0,68	0,87	2,87	3,29
KWS MINAS	0,75	0,76	2,45	1,60
KWS TRITON	0,48	0,63	2,36	2,45
KWS HANNIBAL	0,47	0,41	1,77	2,61
KWS TITUS	0,88	0,90	3,29	2,87
KWS BULLDOZER	0,69	0,35	1,52	2,61
KSH 0G50R	0,91	0,62	2,11	2,36
KSH 9G32W	0,83	0,62	1,52	3,04
KWS LUPUS	1,33	1,25	2,11	2,02
ARSKY	1,10			
HARMATTAN	0,60			

Vysvětlivky: Obora – Žabčice-Obora; Písky – Žabčice-Písky; IVA – Ivanovice na Hané; * hodnocení odrůdy; n – počet hodnocených případů

2.1.1.11 Doporučení a závěr

Pěstování čiroku v systému přímé sklizně (jednosečný) lze považovat za alternativní technologii v porovnání s pěstováním kukuřice na siláž. Čirok je oproti kukuřici teplomilnější, vyžaduje tedy výsev až v době, kdy je půda dostatečně prohřátá (teplota půdy v hloubce setí min. 12 °C). Proto i v nejteplejších oblastech je zapotřebí čirok vysévat na přelomu května a června. V porovnání s kukuřicí je vegetační období čiroku posunuto do letních měsíců, čímž lze eliminovat dopady sucha na produkci silážní hmoty. Některé odrůdy čiroku mají větší odnožovací schopnost a dokáží lépe obnovit růst v případě, že po suchém období následují vláhově příznivé podmínky. V sortimentu zkoušených odrůd byly zjištěny rozdíly v ranosti; odrůdy s kratší vegetační dobou lze doporučit do vyšších oblastí. Vhodným výběrem odrůd lze dosáhnout produkce 13–15 t čirokové siláže (v sušině), což prokázaly výsledky na experimentálních lokalitách v kukuřičné (Žabčice, Obr. 9) a řepařské výrobní oblasti (Ivanovice na Hané). Velmi kladně je třeba hodnotit výnosové výsledky z lokality Žabčice-Písky, kde byla produkce biomasy čiroku na úrovni 13 t v sušině. Tato lokalita s lehkou písčitou půdou je méně vhodná pro pěstování kukuřice, z důvodu velké výnosové nejistoty, zvláště v letech s déletrvajícím suchem. Právě pěstování čiroku dává předpoklady pro stabilnější výnosy. Sklízni ve vhodné fenofázi docílíme i lepšího obsahu živin. V případě sklizně v tvrdé zralosti zrna je třeba počítat s horším využitím škrobu a živin ze zrna. Aby byla energie zrna přežvýkavcem využita, musí být zrna rozrušena. Vzhledem k jeho velikosti toho lze se stávající technikou těžko dosáhnout. Vhodnější se zde jeví sklizeň v ranější fázi, na počátku metání nebo v metání, kdy mají rostliny i vyšší obsah dusíkatých látek a nižší obsah hrubé vlákniny.



Obr. 9: Pěstování čiroků na lokalitě Žabčice-Obora

2.1.2 Dvousečné využití čiroku – vyhodnocení produkce nadzemní biomasy

Pokusy s testováním pěstování čiroku na píci v systému dvou sečí - technologie se zavadáním sklizené hmoty na řádku (dvoufázová sklizeň) v provozních podmínkách byly založeny v období let 2022–2024 na pozemcích zemědělského podniku AGROSPOL, a.d. Knínice, hospodařících oblasti Boskovické brázdy (Malá Haná) s rozvinutou rostlinnou a živočišnou výrobou. Zájmové území se nachází v Jihomoravském a Pardubickém kraji, v okrese Blansko a Svitavy. Leží cca 60–80 km severně od Brna v Boskovické brázdě v nadmořských výškách od 350 do 550 m.

2.1.2.1 Vlastní popis výzkumných ploch (poloprovozních pokusů)

Poloprovozní pokusy s čírokem dvoubarevným /zrnovým/ (odrůda RUZROK) ve dvousečném využití (2 seče za rok) byly v období 2022 až 2024 sledovány na čtyřech lokalitách (experimentálních provozních polích /P1-4):

- (P1) Knínice (Staré letiště) – GPS: 49.5448289N, 16.6721144E; podnik: AGROSPOL, a.d. Knínice; půdní blok: DPB: 9204/3 (580-1120); nadmořská výška: 410 m n. m.; půdní typ: kambizem modální (KAM); rok výsevu 2022.
- (P2) Drválovice (Tlučenina) – GPS: 49.5692239N, 16.6361714E; podnik: AGROSPOL, a.d. Knínice; půdní blok: 1906/8 (590-1110); nadmořská výška: 450 m n. m.; půdní typ: kambizem modální (KAM); rok výsevu 2023.
- (P3) Paměťice (Vápenice) – GPS: 49.5463514N, 16.6527531E; podnik: AGROSPOL, a.d. Knínice; půdní blok: DPB: 0201/14 (590-1120); nadmořská výška: 450 m n. m.; půdní typ: pelozem karbonátová (PEC); rok výsevu 2023.
- (P4) Bačov (Za Stráží) – GPS: 49.5345314N, 16.6494469E; podnik: AGROSPOL, a.d. Knínice; půdní blok: 1302/59 (590-1120); nadmořská výška: 430 m n. m.; půdní typ: kambizem modální (KAM); rok výsevu 2024.

Agrotechnika výzkumných ploch (poloprovozních pokusů)

Agrotechnika poloprovozních pokusů na pozemcích společnosti AGROSPOL, a.d. Knínice v období 2022–2024 je uvedena v Tab. 14. Setí čiroku zrnového pro pícní využití (odrůda RUZROK) bylo realizováno vždy v měsíci květnu obilním secím strojem (rozteč řádků 14 cm, hloubka setí 3–4 cm) a výsevek se pohyboval v rozpětí od 22 do 27 kg.ha⁻¹. Pokusy s čírokem nebyly hnojeny. První seč porostu byla provedena ve většině případů v polovině července (počátek metání, sušina 16–19 %) rotačním žacíím strojem. V první seči bylo dbáno na to, aby výška strniště dosahovala od 8 do 10 cm z důvodu lepšího obrůstání. Následovalo obracení a nahrnování zavadlé píce do řádků,

sklizeň sklízecí řezačkou a konzervace silážováním. Druhá seč obrostlého čiroku byla provedena stejným způsobem, viz Tab. 14. Ve druhé seči se výška strniště pohybovala od 5 do 7 cm (zaorání nebo vymrznutí).

Tab. 14: Agrotechnika při pěstování čiroku dvoubarevného (dvousečný – dvě seče za rok) na poloprovozních plochách v oblasti Malé Hané (AGROSPOL, a.d. Knínice) v období 2022–2024

P1 – Knínice (2022)	
Datum	Pracovní operace
12/2021	orba střední – travní porost na orné půdě
12. 04. 2022	předsetová příprava (vláčení, kompaktor)
10. 05. 2022	předsetová příprava (vláčení, kompaktor)
10. 05. 2022	setí (výsevek 22–27 kg.ha ⁻¹ , šířka řádku 14,5 cm)
14. 07. 2022	1. seč – sečení (rotační žací stroj) ¹
16. 07. 2022	obracení
17. 07. 2022	nahrnování zavadlé píce do řádků, sklizeň sklízecí řezačkou, konzervace silážováním do vaku (silážní jámy)
05. 10. 2022	2. seč – sečení (rotační žací stroj) ²
07. 10. 2022	obracení
09. 10. 2022	nahrnování zavadlé píce do řádků
10. 10. 2022	sklizeň sklízecí řezačkou, konzervace silážováním do silážní jámy
P2 – Drválovice (2023)	
Datum	Pracovní operace
11/2022	orba střední
04/2023	předsetová příprava (vláčení, kompaktor)
13. 05. 2023	setí (výsevek 22–27 kg.ha ⁻¹ , šířka řádku 14,5 cm)
17. 07. 2023	1. seč – sečení (rotační žací stroj) ¹
18. 07. 2023	obracení
18. 07. 2023	nahrnování zavadlé píce do řádků, sklizeň sklízecí řezačkou, konzervace silážováním do vaku
04. 09. 2023	2. seč – sečení (rotační žací stroj) ²
05. 09. 2023	obracení
06. 09. 2023	nahrnování zavadlé píce do řádků
06. 09. 2023	sklizeň sklízecí řezačkou, konzervace silážováním do silážní jámy

P3 – Paměťice (2023)	
Datum	Pracovní operace
11/2022	orba střední
04/2023	předseťová příprava (vláčení, kompaktor)
13. 05. 2023	setí (výsevek 22–27 kg.ha ⁻¹ , šířka řádku 14,5 cm)
17. 07. 2023	1. seč – sečení (rotační žací stroj) ¹
18. 07. 2023	obracení
18. 07. 2023	nahrnování zavadlé píce do řádků, sklizeň sklízecí rezačkou, konzervace silážováním do vaku
04. 09. 2023	2. seč – sečení (rotační žací stroj) ²
05. 09. 2023	obracení
06. 09. 2023	nahrnování zavadlé píce do řádků
07. 09. 2023	sklizeň sklízecí rezačkou, konzervace silážováním do silážní jámy
P4 – Bačov (2024)	
Datum	Pracovní operace
11/2023	orba střední
17. 04. 2024	předseťová příprava (vláčení, kompaktor)
08. 05. 2024	předseťová příprava (vláčení, kompaktor)
10. 05. 2024	setí (výsevek 22–27 kg.ha ⁻¹ , šířka řádku 14,5 cm)
15. 07. 2024	1. seč – sečení (rotační žací stroj) ¹
16. 07. 2024	obracení
16. 07. 2024	nahrnování zavadlé píce do řádků, sklizeň sklízecí rezačkou, konzervace silážováním do vaku
23. 09. 2024	2. seč – sečení (rotační žací stroj) ²
24. 09. 2024	obracení
25. 09. 2024	nahrnování zavadlé píce do řádků
26. 09. 2024	odvoz na hnojiště (dostatečné zásoby kvalitní píce pro krmení přežvýkavců)

Vysvětlivky: P – experimentální (pokusné) pole; ¹ výška strniště 8–10 cm (obrástání);
² výška strniště 5–7 cm

2.1.2.2 Charakteristika průběhu počasí – lokalita Jevíčko (2022–2024)

Průběh počasí v každém sledovaném ročníku (2022–2024) mělo s dalšími faktory významný vliv jak na vývoj vegetace, tak i na úroveň a kvalitu dosažené produkce. Klimatické podmínky pro pěstování čiroku zrnového byly v ČR ve sklizňových letech 2022 a 2023 příznivé, v roce 2024 však došlo k extrémním projevům počasí jak z hlediska nedostatku srážek, tak i vysokých teplot vzduchu. Klimatické podmínky v období 2022–2024 z klimatologické stanice Jevíčko (ČHMÚ Ostrava) uvádí Tab. 15 a 16.

Vegetační období **roku 2022** bylo na lokalitě Jevíčko v porovnání s dlouhodobým průměrem srážkově i teplotně průměrné. Úhrn srážek byl za toto období o 51,5 mm vyšší (114 % dlouhodobého úhrnu) a průměrná teplota vzduchu o 0,4 °C vyšší. Teplota vzduchu byla na počátku vegetačního období v dubnu oproti normálu nižší, později průměrná. Pokus s dvousečným využitím čiroku na konzervaci píce silážováním byl založen v druhé polovině května. Ačkoliv po zasetí bylo chladněji, než je na konec května obvyklé (průměrná teplota vzduchu v poslední dekádě dosahovala jen 13,8 °C), díky pozvolnému nárůstu teploty a prohřívání půdy porosty čiroku vzházely dobře. Letní období se po všechny tři měsíce vyznačovalo nadprůměrnými teplotami a měsíční průměry se pohybovaly shodně na hranici 19 °C. Srážkově byly první čtyři hodnocené měsíce vegetačního období průměrné, červenec průměrný a první dvě třetiny srpna podprůměrné. Vlivem nedostatku vláhy s vysokými teplotami v tomto období došlo k výskytu delší periody sucha, které v dané oblasti čirok odolával lépe než kukuřice. Poslední dekáda srpna však s sebou přinesla intenzivní nadprůměrné srážky a dlouhotrvající období sucha tím bylo ukončeno. Porosty čiroku tak mohly před druhou sklizní lépe zregenerovat.

Rok 2023 byl srážkově průměrný, rozložení srážek však v průběhu roku nebylo optimální. Úhrn srážek za vegetační období 2023 byl oproti dlouhodobému průměrnému úhrnu o 37,6 mm nižší. Průměrná teplota za vegetační období 2023 byla oproti dlouhodobému průměru vyšší o 0,8 °C. V průběhu letních měsíců se vyskytly periody sucha, které negativně ovlivnily produkci nadzemní biomasy čiroku.

Vegetační období **roku 2024** bylo na lokalitě Jevíčko v porovnání s dlouhodobým průměrem srážkově i teplotně nadprůměrné. Úhrn srážek byl sice za toto období vyšší o 112,7 mm (130,5 % dlouhodobého úhrnu), ale jako velmi problematické se ukázalo jejich rozdělení v průběhu vegetačního období. Pokud se týká měsíčních úhrnů srážek, počátek vegetačního období byl v dubnu deficitní, úhrny v květnu průměrné a v červnu nadprůměrné. Zlom v podobě nedostatku srážek nastal od poloviny července až do konce srpna, kdy došlo ke dvěma výrazným periodám sucha, přerušeným na počátku srpna srážkami. Průměrná teplota vzduchu byla ve vegetačním období roku 2024 vyšší o 2 °C

Tab. 15: Měsíční úhrny srážek (mm) na stanovišti Jevíčko v letech 2022–2024

Srážky/rok (mm)	Měsíc												Úhrn rok	Úhrn veg. obd. ²	Rozdíl veg. obd. vs. dlou- hodobý normál (%)
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.			
2022	27,7	30,7	13,5	28,8	72,4	62,8	53,8	141,9	61,0	13,7	17,9	39,5	563,7	420,7	114,0
2023	34,4	30,6	27,9	64,4	32,0	24,8	53,4	150,2	6,8	37,4	72,1	66,8	600,8	331,6	89,8
2024	45,0	40,8	46,5	18,5	70,6	114,8	45,2	49,0	183,8	17,9	22,6	16,5	671,2	481,9	130,5
Dlouhodobý normál	29,1	26,2	29,1	28,6	64,0	82,2	68,3	73,0	49,8	39,8	29,8	24,2	547,8	365,9	-

Vysvětlivky: ¹Meteorologická stanice Jevíčko (2022–2024); ²Vegetační období 1. 4.–30. 9. nadprůměrné hodnoty/deficit ve vegetačním období (dle Kožnarové a Klabzuby, 2002)

Tab. 16: Průměrná denní teplota vzduchu (°C) na stanovišti Jevíčko v letech 2022–2024

Teplota/rok (°C)	Měsíc												Prům. rok	Prům. veg. obd. ²	Rozdíl veg. obd. vs. dlouhodo- bý normál (°C)
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.			
2022	0,7	3,2	2,5	6,9	14,5	19,0	19,0	19,4	12,0	10,4	4,2	-0,1	9,3	15,1	+0,4
2023	2,4	1,5	4,8	6,8	13,0	17,8	20,2	18,9	16,3	11,1	4,3	2,0	9,9	15,5	+0,8
2024	-0,4	5,9	7,5	10,2	15,0	18,6	20,5	20,5	15,2	9,8	2,6	0,7	10,5	16,7	+2,0
Dlouhodobý normál	-1,9	-0,5	3,1	8,6	13,3	16,8	18,4	17,9	13,1	8,3	3,9	-0,6	8,4	14,7	-

Vysvětlivky: Meteorologická stanice Jevíčko (2022–2024); ²Vegetační období 1. 4.–30. 9. nadprůměrné hodnoty ve vegetačním období (dle Kožnarové a Klabzuby, 2002)

a toto období patřilo k nejteplejším v historii měření teploty vzduchu jak v ČR, tak i na celém světě. Teplota vzduchu byla ve všech měsících vegetačního období oproti normálu výrazně nadnormální, velmi teplo bylo již na konci zimy a v předjaří (únor a březen). Jako netypický projev počasí na počátku vegetačního období byly nízké teploty a mrazíky ve třetí dekádě měsíce dubna.

2.1.2.3 Výnosy a kvalita píce

Přehled výnosových parametrů ze čtyř lokalit v období 2022–2024 v odlišných půdních podmínkách ve dvousečném využití v poloprovozních pokusech je uveden v Tab. 17. Výnosy píce čiroku v úhrnu sečí (1.+2. seč) se pohybovaly od 39 do 52 t.ha⁻¹ v zelené hmotě (ZH) a dále od 6,7 do 9,2 t.ha⁻¹ v suché hmotě

Tab. 17: Přehled výnosových parametrů čiroku dvoubarevného (dvousečný – dvě seče za rok) na poloprovozních plochách v oblasti Malé Hané (AGROSPOL, a.d. Knínice) v období 2022–2024

Lokalita (rok)	Seč	Výnos ZH (t.ha ⁻¹)	SD	Výnos SH (t.ha ⁻¹)	SD	Sušina (%)	SD	Výška (cm)	SD
P1 Knínice (2022)	1	22,62	7,71	4,08	1,23	18,3	1,3	136	17
	2	24,54	11,46	4,07	2,08	16,3	0,9	157	39
	Úhrn sečí	47,16	–	8,15	–	–	–	–	–
P2 Drvátovice (2023)	1	28,21	9,58	5,78	1,59	21,0	2,2	124	30
	2	23,71	4,88	3,44	0,64	14,6	1,6	131	13
	Úhrn sečí	51,93	–	9,23	–	–	–	–	–
P3 Pamětice (2023)	1	25,93	2,35	5,54	0,64	21,4	1,5	131	5
	2	26,43	6,18	3,6	1,01	13,7	2,6	138	7
	Úhrn sečí	52,36	–	9,14	–	–	–	–	–
P4 Bačov (2024)	1	26,68	6,92	3,66	0,92	13,8	1,9	122	12
	2	13,06	2,34	3,05	0,73	23,1	1,7	107	19
	Úhrn sečí	39,74	–	6,71	–	–	–	–	–
Průměr 2022–2024	1	25,86	2,36	4,76	1,05	–	–	–	–
	2	21,94	6,02	3,54	0,42	–	–	–	–
	Úhrn sečí	47,80	5,87	8,30	1,17	–	–	–	–

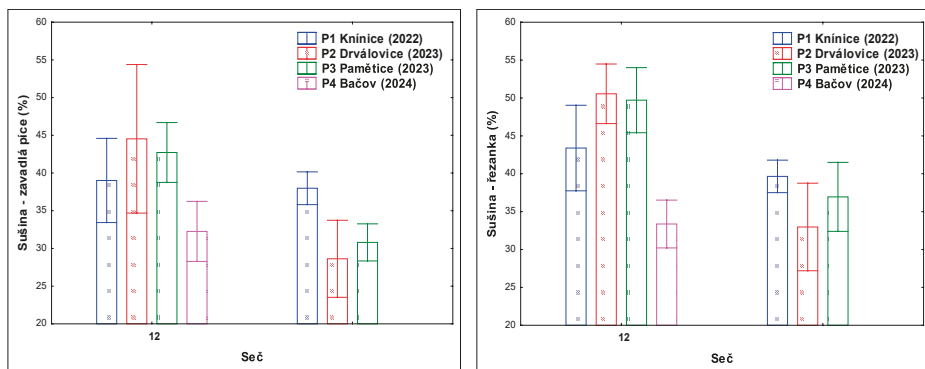
Vysvětlivky: průměr z pěti až sedmi opakování v jednotlivých letech, sklizňová plocha 1 m²; odrůda RUZROK; ZH – zelená hmota; SH – suchá hmota (105°C).

(SH). Průměrný výnos v SH v úhrnu seči byl stanoven v období 2022–2024 ve výši $8,3 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ($\pm 1,17 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$). První seč se na celkové produkci (výnosu) podílí v průměru z cca 57 %. Mezi jednotlivými lokalitami (roky) nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl (Tukeyův HSD test).

Vzájemné porovnání lokalit je problematické z důvodu odlišných půdních charakteristik. Sklizeň v období 2022–2024 v 1. a 2. seči byla provedena na počátku metání (porosty vymetány do max. 10 % rostlin). Sklizená hmota (zavadlá píce a následně řezanka) byla z 1. seče uskladněna (silážována) do silážního vaku, který byl následně využíván pro krmné pokusy (Menšík *et al.*, 2022, 2023, Menšík a Nerušil, 2024; Malý *et al.*, 2024); viz Obr. 10a a 10b.

V období 2022–2024 byl dále sledován obsah sušiny zavadlé hmoty a řezanky v poloprovozních pokusech v období sklizně 1. a 2. seče; viz Obr. 10a a 10b. Sušina zavadlé hmoty se pohybovala v 1. seči v rozpětí od 32 do 44 %, resp. ve druhé seči od 28 do 38 %. Sušina řezanky píce čiroku se pohybovala od 33 do 50 % v 1. seči a 32–39 % ve druhé seči. Sušina zavadlé hmoty i řezanky byla v jednotlivých letech ovlivněna průběhem počasí v době sklizně. Řezanka čiroku byla silážována jak do vaku (1. seč), tak i do silážní jámy (2. seč).

Kvalita píce zelené hmoty v roce 2023 pro lokality Drávovice (P2) a Paměťice (P3) v suchém stavu je uvedena v Tab. 18. N-látky píce v 1. seči byly stanoveny v rozpětí od 11,4 do 14,0 %, vláknina se pohybovala od 17,5 do 18,6 %. Parametry acido/neutrálně-detergentní vlákniny ADF (NDF) se pohybovaly v rozmezí 23,8–28,0 (44,8–48,1) %. Stravitelnost organické hmoty (OMD) byla stanovena ve výši cca 56–57 %. Obdobně vysoké charakteristiky kvality píce byly stanoveny i ve druhé seči; viz Tab. 18. Parametry kvality čirokové siláže vyrobené v roce 2024 z první seče uvádí Tab. 19.



Obr. 10: a, b: Sušina zavadlé hmoty a řezanky čiroku dvoubarevného na poloprovozních plochách v oblasti Malé Hané (AGROSPOL, a.d. Knínice) v období 2022–2024

Tab. 18: Parametry kvality píce (zelená hmota v suchém stavu) čiroku na poloprovozních plochách v oblasti Malé Hané (AGROSPOL, a.d. Knínice) v roce 2023

Lokalita	Seč	NL [%]	SD	Tuk [%]	SD	Vláknina [%]	SD	ADF [%]	SD
P2 Drválovice	1	11,40	1,11	1,22	0,23	18,58	1,61	23,87	1,70
	2	17,90	1,67	2,54	0,35	21,42	2,30	28,74	1,40
P3 Pamětice	1	14,03	1,03	1,42	0,11	17,57	1,94	28,05	2,82
	2	17,52	0,79	2,82	0,13	26,21	1,74	33,29	1,86
Lokalita	Seč	NDF [%]	SD	DMD [%]	SD	OMD [%]	SD		
P2 Drválovice	1	44,86	2,41	53,05	1,90	56,43	2,66		
	2	47,91	1,23	50,12	2,08	50,00	1,84		
P3 Pamětice	1	48,19	2,93	53,72	3,09	56,87	2,92		
	2	50,90	1,52	46,32	1,86	46,16	1,42		

Vysvětlivky: průměr z 5-ti opakování na každé lokalitě; NL – dusíkaté látky; Vlák – vláknina; ADF – acidodetergentní vláknina; NDF – neutrálně detergentní vláknina; DMD – stravitelnost sušiny; OMD – stravitelnost organické hmoty; laboratorní metoda NIRS (FOSS NIRSystems 6500 instrument, Company NIRSystems, Inc., Silver Spring, USA) dle vyvinutých kalibračních rovnic Menšík *et al.* (2023b).

Tab. 19: Základní parametry kvality siláže čiroku dvoubarevného z 1. seče v roce 2024 (silážní vak, AGROSPOL, a.d. Knínice, středisko živočišné výroby Vanovice, laboratoř S.O.S. Skalice nad Svitavou, s.r.o.)

Parametr	V čerstvé hmotě	V sušině	Parametr	V čerstvé hmotě	V sušině
Sušina (%)	33,10	100,00	Popel (%)	2,74	8,28
N-látky (%)	3,30	9,96	BNLV (%)	15,77	47,64
RDP (%)	2,41	7,27	Škrob (%)	2,69	8,13
Tuk (%)	0,68	2,04	ME/pro skot/(MJ.kg ⁻¹)	3,06	9,25
Vláknina (%)	10,62	32,08	NEL (MJ.kg ⁻¹)	1,80	5,42
STVL (%)	6,36	19,22	NEV (MJ.kg ⁻¹)	1,73	5,23
DVL (%)	3,74	11,31	Q/ME/BE/ (%)	51,45	–
ADF (%)	12,26	37,03	PDIN (g.kg ⁻¹)	20,24	61,14
NDF (%)	15,64	47,24	PDIE (g.kg ⁻¹)	17,05	51,52

Vysvětlivky: RDP – protein degradovatelný bacheru; STVL – strukturální vláknina; DVL – degradovatelná vláknina; ADF – acidodetergentní vláknina; NDF – neutrálně detergentní vláknina; BNLV – bezdusíkaté látky výtažkové; ME – metabolizovatelná energie; NEL – netto energie laktace; NEV – netto energie výkrmu; Q – metabolizovatelnost; BE – brutto energie; PDIN – protein stravitelný v tenkém střevě limitovaný zdrojem proteinu v bacheru; PDIE – protein stravitelný v tenkém střevě limitovaný zdrojem energie v bacheru.

2.1.2.4 Doporučení a závěr

Česká odrůda čiroku RUZROK má potenciál k multifunkčnímu využití, jak na produkci píce, tak i zrna, která dobře snáší i méně úrodné půdy, semena vyklíčí i z relativně suché půdy, s velmi dobrým potenciálem produkce biomasy a kvality píce, resp. následné siláže apod. V období s nadprůměrnými teplotami a nedostatkem srážek se u čiroku projevuje výhoda C4 fotosyntézy, jejíž efekt ve srovnání s C3 plodinami spočívá ve vyšší tvorbě nadzemní biomasy, kterou dosahuje i při nízkém množství vláhy (to bylo v oblasti Boskovické brázdy zaznamenáno v roce 2024). Díky vyšší odolnosti k suchu je čirok při nedostatku srážek dokonce výhodnější než ostatní C4 rostliny, jako je např. kukuřice nebo pícní druhy trav.

Agrotechnika pěstování čiroku: po předsetové přípravě (vláčení, příprava kompaktozemem) následuje setí obilním secím strojem (rozteč řádků 12–14 cm) s výsevkem od 22 do 27 kg.ha⁻¹. Sečení je realizováno rotačním žacíím strojem, při výšce strniště cca 8–10 cm z důvodu obrůstání (tvorby biomasy) ve druhé seči. Následuje nahrnování zavadlé píce do řádků, sklizeň sklízecí řezačkou, odvoz zelené hmoty (řezanky) a konzervace silážováním (vak, silážní jáma apod.).

Čirok dvoubarevný ve dvousečném systému využití nárůstu píce, testovaný v období 2022 až 2024 v podmínkách Boskovické brázdy (Malé Hané), má vysoký výnosový potenciál (prům. 47,8 t.ha⁻¹ v zelené hmotě; 8,3 t.ha⁻¹ v suché hmotě) pro výrobu siláže se zavádáním na řádku (2 seče/rok). První seč se na celkové produkci (výnosu) podílí v průměru z cca 57 %. Sušina zavadlé hmoty se pohybovala v 1. seči od 32 do 44 %, ve druhé seči od 28 do 38 %. Sklizňová sušina řezanky pak dosahovala hodnot v rozpětí od 33 do 50 % v 1. seči a 32–39 % ve druhé seči. Kvalita píce zelené hmoty v roce 2023 (metoda NIRS) dosahovala příznivě vysokých hodnot, dusíkaté látky v 1. seči se pohybovaly od 11,4 do 14,0 %, vláknina od 17,5 do 18,6 %, ADF (NDF) byla stanovena v rozpětí od 23,8 do 28,0 (44,8–48,1 %). Stravitelnost organické hmoty (OMD) se pohybovala ve výši cca 56–57 %. Obdobné hodnoty charakteristik kvality píce byly prokázány i ve druhé seči.

Siláže píce z čiroku dvoubarevného jsou již v zahraničí běžně doporučovány chovatelům skotu jako kvalitní krmivo. Uvedené výsledky kvality píce, resp. kvality čirokové siláže z oblasti Boskovické brázdy (Malé Hané) tato doporučení potvrzují a v rámci krmných pokusů v modelovém podniku AGROSPOL, a.d. Knínice (období 2019–2020, resp. 2022–2024) nebylo zaznamenáno snížení průměrné denní produkce mléka na dojnici při krmení dojnic čirokovou siláží v dávkách od 3 do 8 kg.den⁻¹ v rámci TMR (směsné krmné dávky), kdy byla v TMR siláž z travních porostů nahrazena siláží čiroku a v období klimatických výkyvů počasí (vysoké teploty vzduchu a suchu) čiroková siláž kompenzovala nedostatek objemné píce vyráběné z trvalých travních porostů.

2.2 VYUŽITÍ KONZERVOVANÉ PÍCE ČIROKU VE VÝŽIVĚ DOJNIC

Doporučení vycházejí z výsledků provozních experimentů provedených v letech 2022–2024, kdy bylo testováno pěstování dvou odrůd čiroku na výrobu siláže o různé sušině a následně zařazení této siláže do krmných dávek dojníc jako částečná náhrada vojtěško-travní senáže (modelové řešení I, čiroková siláž s obsahem sušiny 31 %, odrůda NUTRI HONEY) nebo travní senáže (modelové řešení II, čiroková siláž s obsahem sušiny 50 %, odrůda RUZROK).

2.2.1 Modelové řešení I

- **Odrůda čiroku NUTRI HONEY**
- **Siláž s obsahem sušiny 31 %**
- **Částečná náhrada vojtěško-travní senáže**

Čiroková siláž byla vyrobena ze zrnového čiroku odrůdy NUTRI HONEY. Čirok byl pěstovaný v lokalitě Knínice (400 m n. m.), předplodinou byla pšenice ozimá. Pro výrobu siláže byla použita první seč čiroku, který byl sklizený ve fenofázi na počátku metání (max. 10 % rostlin bylo ve fázi metání) s následným zavádáním píce na řádku. Poté byla zavádla píce sklizena sklízecí řezačkou a zasilážována do vaku s přídavkem silážního inokulantu na bázi homofermentativních bakterií (viz Tab. 20).

Tab. 20: Použitý agrotechnický postup při pěstování čiroku odrůdy NUTRI HONEY

Datum	Pracovní operace
11/2021	orba střední – strniště pšenice ozimé
22. 03. 2022	předseťová příprava
06. 05. 2022	— " —
06. 05. 2022	setí (výsevek 27 kg.ha ⁻¹ , šířka řádku 14,5 cm)
07. 07. 2022	1. seč – sečení – rotační žací stroj, výška strniště 8–10 cm (obruštění)
10. 07. 2022	obracení
11. 07. 2022	nahrnování zavdlé píce do řádků, sklizeň sklízecí řezačkou, konzervace silážováním do vaku
19. 09. 2022	2. seč – sečení – rotační žací stroj, výška strniště 5–7 cm
23. 09. 2022	obracení
29. 09. 2022	nahrnování zavdlé píce do řádků
30. 09. 2022	sklizeň sklízecí řezačkou, konzervace silážováním do silážní jámy

Čirok byl pěstovaný v režimu dvou sečí, kdy první sklizeň proběhla začátkem července, kdy porost dosahoval výšky 142 cm. Porost byl posečený na výšku strniště 8–10 cm, aby lépe obrůstal. Druhá sklizeň proběhla v druhé polovině září, kdy porost dosáhl průměrné výšky 169 cm. Výška strniště byla nižší, a to 5–7 cm. Sušina porostu v jednotlivých sečích byla 13,4 a 16,0 %. Souhrnný výnos suché hmoty z obou sečí byl 9,2 t.ha⁻¹ (Tab. 21).

Tab. 21: Výnos hmoty čiroku odrůdy NUTRI HONEY pěstované v režimu dvou sečí (průměr z pěti opakování, sklizňová plocha 1 m²)

Ukazatel	Jednotky	1. seč		2. seč		Úhrn sečí	
		Průměr	SD	Průměr	SD	Průměr	SD
Výnos zelené hmoty	t.ha ⁻¹	32,1	13,0	31,8	9,3	63,9	20,9
Výnos suché hmoty ¹	t.ha ⁻¹	4,2	1,5	5,0	1,0	9,2	2,3
Sušina	%	13,4	1,0	16,0	1,5	–	–
Výška porostu	cm	141,8	31,6	168,9	12,2	–	–

Vysvětlivky: ¹Stanoven při sušíně 105 °C; SD – směrodatná odchylka

Tab. 22: Nutriční hodnota vyrobené siláže

Ukazatel	Jednotky	Čiroková siláž	
		n=9	
		Průměr	SD
Sušina	g.kg ⁻¹	314,3	54,7
Popel	g.kg ⁻¹ sušiny	122,5	8,9
NL	g.kg ⁻¹ sušiny	134,0	15,3
Tuk	g.kg ⁻¹ sušiny	36,0	3,0
Vláknina	g.kg ⁻¹ sušiny	289,6	13,7
ADF	g.kg ⁻¹ sušiny	339,9	11,3
aNDF	g.kg ⁻¹ sušiny	583,5	30,4
ADL	g.kg ⁻¹ sušiny	31,7	8,6
Celulóza	g.kg ⁻¹ sušiny	308,2	17,1
BNLV	g.kg ⁻¹ sušiny	398,5	101,4
Antinutriční látky			
Taniny	mg.g ⁻¹ sušiny	4,68	0,75
Dhurrin	mg.g ⁻¹ sušiny	3,12	3,37

Vysvětlivky: n – počet hodnocených případů; NL – dusíkaté látky; ADF – acido-detergentní vláknina; aNDF – neutrálně detergentní vláknina po úpravě vzorku amylázou; ADL – acidodetergentní lignin; BNLV – bezdusíkaté látky výtažkové; SD – směrodatná odchylka

Pro testování na dojnících byla použita čiroková siláž vyrobená z první seče po zavadnutí porostu na sušinu 33 % a zasílážovaná do vaku s přídatkem silážního inokulantu na bázi homofermentativních bakterií. Vyrobená siláž měla dobrou nutriční hodnotu (Tab. 22), 31 % sušiny, 13,4 % NL a 58,3 % aNDF (obojí v sušině) a obsahovala relativně nízké koncentrace antinutričních látek, a to taninů (4,68 mg.g⁻¹ sušiny) a dhurinu (3,12 mg.g⁻¹ sušiny).

Ve středisku chovu skotu ve Vanovicích (Agrospol, a.d. Knínice) pak byla čiroková siláž zařazená do krmné dávky dojnic českého strakatého skotu ve středu laktace tak, aby zčásti nahradila vojtěško-travní senáž (Obr. 11). Jak již bylo zmíněno v teoretickém úvodu, při substituci vybraného krmiva čirokovou siláží bývá často nutné krmnou dávku modifikovat tak, aby byly vybalancovány rozdíly v nutriční hodnotě substituovaných krmiv, proto i v uvedené modelové krmné dávce byla upravena množství některých komponent, aby výsledné dávky byly isonitrogenní a isoenergetické (Tab. 23).

Testování probíhalo na skupině dojnic (cca 120 ks) po dobu 6 měsíců, kdy celé skupině byla zkrmována nejprve krmná dávka s čirokovou siláží (3 měsíce) a poté běžná krmná dávka (3 měsíce). Pro porovnání užitkovosti dojnic byla využita data z kontroly užitkovosti. Ve stejném termínu, jako byla kontrola užitkovosti, proběhlo i sledování příjmu krmiva (tj. 1× měsíčně 3 po sobě jdoucí dny bylo evidováno množství založených krmiv a zbytků krmiv a byly odebrány vzorky k analýzám. Tak bylo možné vyhodnotit vliv zařazení čirokové siláže do krmné dávky dojnic na skutečný příjem sušiny). V krmné dávce byl kromě obsahu živin

Tab. 23: Modelové složení krmných dávek pro dojnice českého strakatého skotu ve středu laktace, kde byla vojtěško-travní senáž částečně nahrazena čirokovou siláží (v kg.d⁻¹, v původní hmotě)

Komponenty	Jednotky	Běžná krmná dávka	Krmná dávka s čirokovou siláží
Kukuřičná siláž	kg.d ⁻¹	27	22
Vojtěško-travní senáž	kg.d ⁻¹	6	2,5
Čirok siláž	kg.d ⁻¹	–	8
Seno	kg.d ⁻¹	0,25	–
Cukrovarské řízky	kg.d ⁻¹	6	3
Melasa	kg.d ⁻¹	1	1
Směs produkce ¹	kg.d ⁻¹	10	10,3
Řepkový extrahovaný šrot	kg.d ⁻¹	–	0,4
Celkem	kg.d⁻¹	50,25	47,2

Vysvětlivky: ¹Směs produkce – složení (%): pšenice (20,2), ječmen (15,5), kukuřice (17,0), sójový extrahovaný šrot (13,0), řepkový extrahovaný šrot/výlisky (28,0), minerálně-vitaminový premix SM Production U (3,1), vápenec (1,4), sůl (0,4), soda (1,4)

sledovaný i obsah antinutričních látek. Z Tab. 24 je zřejmé, že skutečný obsah některých živin se v krmné dávce s čirokovou siláží mírně lišil od běžné krmné dávky. Odlišnosti byly v obsahu sušiny a NL, které byly u krmné dávky s čirokovou siláží vyšší, a naopak v obsahu vlákniny a BNLV, které byly u této krmné dávky nižší ve srovnání s běžnou krmnou dávkou. Na základě těchto zkušeností můžeme doporučit nechat si udělat kontrolní analýzu používané krmné dávky a popř. její složení upravit. Z hlediska obsahu antinutričních látek lze konstatovat, že čiroková siláž zařazená do krmné dávky dojníc v množství 8 kg nezpůsobila prokazatelný nárůst v obsahu taninů. V případě dhurrinu sice k navýšení došlo, ale i tak byl obsah dhurrinu stopový, v řádu mikrogramů na kilogram sušiny (viz Tab. 24).

Evidování navážek krmných dávek a zbytků po krmení a analýzy odebraných vzorků nám umožnily spočítat skutečný příjem živin a antinutričních látek na dojnici a den (Tab. 25). Lze říct, že příjmy živin jsou v souladu s nutričním složením krmných dávek, tj. při obdobném příjmu sušiny přijímaly dojnice krmené krmnou dávkou s čirokovou siláží vyšší množství NL a nižší množství vlákniny a BNLV ve srovnání s dojnicemi krmenými běžnou krmnou dávkou. Celkový denní příjem taninů byl obdobný z obou krmných dávek. Po zařazení čirokové siláže dojnice sice přijímaly vyšší množství dhurrinu,

Tab. 24: Průměrný obsah živin a antinutričních látek v modelových krmných dávkách

Parametr	Jednotky	Běžná krmná dávka		Krmná dávka s čirokovou siláží	
		Průměr	SD	Průměr	SD
Sušina	g/kg	402*	15,7	434*	6,6
NL	g.kg ⁻¹ sušiny	134*	8,24	147*	6,14
Tuk	g.kg ⁻¹ sušiny	35	1,45	36	2,65
Vláknina	g.kg ⁻¹ sušiny	153*	4,43	148*	3,84
ADF	g.kg ⁻¹ sušiny	189	3,91	187	4,07
aNDF	g.kg ⁻¹ sušiny	307	6,85	313	7,24
ADL	g.kg ⁻¹ sušiny	24	4,18	25	2,26
Celulóza	g.kg ⁻¹ sušiny	165	5,53	162	4,79
BNLV	g.kg ⁻¹ sušiny	608*	13,87	588*	10,67
Antinutriční látky					
Taniny	g.kg ⁻¹ sušiny	3,53	0,92	3,71	0,89
Dhurrin	mg.kg ⁻¹ sušiny	0,01*	0,01	0,02*	0,00

Vysvětlivky: n – počet hodnocených případů; NL – dusíkaté látky; ADF – acido-detergentní vláknina; aNDF – neutrálně detergentní vláknina po úpravě vzorku amylázou; ADL – acidodetergentní lignin; BNLV – bezdusíkaté látky výtažkové; SD – směrodatná odchylka; *hodnoty se liší P < 0,05

Tab. 25: Skutečný příjem vybraných živin a antinutričních látek na dojnici ve středu laktace u modelových krmných dávek po odpočtení nedožerků ve výši do 5 % (vychází z výsledků provozního experimentu)

Parametr	Jednotky	Běžná krmná dávka		Krmná dávka s čirokovou siláží	
		Průměr	SD	Průměr	SD
Příjem živin na dojnici					
Sušina	kg.d ⁻¹	20,3	0,92	19,6	1,28
NL	kg.d ⁻¹	2,7*	0,23	2,9*	0,11
Vláknina	kg.d ⁻¹	3,1*	0,18	2,9*	0,21
ADF	kg.d ⁻¹	3,8	0,19	3,6	0,25
aNDF	kg.d ⁻¹	6,2	0,32	6,1	0,45
ADL	kg.d ⁻¹	0,5	0,10	0,5	0,03
Celulóza	kg.d ⁻¹	3,4	0,16	3,2	0,26
BNLV	kg.d ⁻¹	12,4*	0,53	11,6*	0,90
Antinutriční látky					
Taniny	g.d ⁻¹	68,15	19,14	72,29	21,56
Dhurrin	g.d ⁻¹	0,14**	0,19	0,29**	0,09
Příjem kyanovodíku					
Kyanovodík ¹	mg.d ⁻¹	12,16**	16,50	25,12**	8,23
Kyanovodík ²	mg.kg ⁻¹ žh	0,02*	0,03	0,04*	0,01

Vysvětlivky: ¹vypočtené množství kyanovodíku, které by se mohlo uvolnit z dhurrinu obsaženého v krmné dávce; prahová hodnota obsahu kyanovodíku v krmivech je 50 mg.kg⁻¹ krmiva (s obsahem vlhkosti 12 %) (Evropská směrnice 2002/32/ES); ²přepočteno na dojnici o průměrné hmotnosti 650 kg; **letální dávka kyanovodíku pro skot a ovce** je přibližně 2 mg.kg⁻¹ živé hmotnosti (Gensa, 2019); *hodnoty se liší P < 0,05, **tendence k odlišným hodnotám P < 0,09

nicméně množství kyanovodíku, které se z dhurrinu uvolnilo, bylo hluboce pod legislativním limitem, cca 50× nižší než prahová hodnota obsahu kyanovodíku v krmivech, a proto pro dojnice zcela bezpečné.

Pokud jde o mléčnou užitkovost, tak zařazení 8 kg čirokové siláže do krmné dávky nemělo vliv na dojivost. Byl ale zjištěn mírně vyšší obsah tuku, bílkovin a močoviny v mléce ve srovnání s mlékem od dojnic krmených běžnou krmnou dávkou (Tab. 26). Nárůst v obsahu tuku a bílkovin ale nebyl natolik výrazný, aby ovlivnil produkci mléka přepočtenou na FCM a ECM. Zvýšený obsah močoviny v mléce bývá často pozorován po zařazení čirokových siláží do krmných dávek dojnic (Cattani *et al.*, 2017; Khosravi *et al.*, 2018) nicméně může být ovlivněn i mnoha dalšími faktory, jako je např. individualita zvířat, úroveň mléčné produkce, doba dojení atd. (Jílek *et al.*, 2006).

Tab. 26: Mléčná užitkovost dojníc ve středu laktace v závislosti na druhu krmné dávky

Ukazatel	Jednotky	Běžná krmná dávka		Krmná dávka s čirokovou siláží	
		n=368		n=364	
		Průměr	SD	Průměr	SD
Pořadí laktace	den	2,6	1,6	2,6	1,8
Dny laktace	den	203,6*	63,8	193,4*	76,2
Dojivost	kg.d ⁻¹	26,9	4,4	26,8	4,8
FCM ¹	kg.d ⁻¹	26,9	4,4	26,9	4,6
ECM ¹	kg.d ⁻¹	27,9	4,5	27,9	4,8
Tuk	%	4,02*	0,56	4,07*	0,55
Bílkovina	%	3,71**	0,24	3,76**	0,24
Laktóza	%	4,89	0,21	4,84	0,24
Močovina	mg.100 ml ⁻¹	18,61**	4,24	21,02**	4,53

Vysvětlivky: ¹FCM – množství mléka korigované na obsah tuku 4%; ²ECM – množství mléka korigované na obsah energie, výpočet dle Sjaunja *et al.*, 1991; *hodnoty se liší P<0,05; **tendence k odlišným hodnotám P<0,09

**Obr. 11:** Zkrmování krmné dávky s čirokovou siláží dojnícím

2.2.2 Modelové řešení II

- **Odrůda čiroku RUZROK**
- **Siláž s obsahem sušiny 50 %**
- **Částečná náhrada travní senáže**

Čiroková siláž byla vyrobena ze zrnového čiroku odrůdy RUZROK, pěstovaného v lokalitě Knínice – Drválovice (450 m n. m.), který byl sklizený ve dvou sečích. Předplodinou byla pšenice ozimá.

Pro výrobu siláže pro dojnice byla použita první seč čiroku, který byl sklizený ve fenofázi na počátku metání s následným zavádáním na řádku. Poté byla zavadlá píce sklizena sklízecí řezačkou a zasilážována do vaku s přídávkem silážního inokulantu na bázi homofermentativních bakterií (viz Tab. 27).

Zrnový čirok odrůdy RUZROK byl pěstovaný pro dvojsečné využití pro produkci siláže. Setí proběhlo v polovině května a první seč o 2 měsíce později, tj. v polovině července, kdy byl porost ve fenofázi začátku metání. Za tu dobu porost čiroku dosáhl průměrné výšky 124 cm, sušina byla 21 %. Podobně jako v předchozím roce byla první seč provedena na vyšší výšku strniště, 8–10 cm, aby porost lépe obrůstal. Druhá seč proběhla za další dva měsíce, kdy porost dosáhl výšky 131 cm, obsah sušiny byl ale tentokrát nižší, 14,6 %. Souhrnný výnos suché hmoty byl 9,2 t.ha⁻¹, podobně jako u odrůdy NUTRI HONEY v předchozím roce (viz Tab. 28).

Tab. 27: Použitý agrotechnický postup při pěstování čiroku odrůdy RUZROK

Datum	Pracovní operace
11/2022	orba střední
04/2023	předseťová příprava
13. 05. 2023	setí (výsevek 27 kg.ha ⁻¹ , šířka řádku 14,5 cm)
17. 07. 2023	1. seč – sečení (rotační žací stroj), výška strniště 8–10 cm (obrůstání)
18. 07. 2023	obracení
18. 07. 2023	nahrnování zavadlé píce do řádků, sklizeň sklízecí řezačkou, konzervace silážováním do vaku
04. 09. 2023	2. seč – sečení (rotační žací stroj), výška strniště 5–7 cm
05. 09. 2023	obracení
06. 09. 2023	nahrnování zavadlé píce do řádků
06. 09. 2023	sklizeň sklízecí řezačkou, konzervace silážováním do silážní jámy

Tab. 28: Výnos hmoty široko odrůdy RUZROK pěstovaného v režimu dvou sečí

Ukazatel	Jednotky	1. seč		2. seč		Úhrn sečí	
		Průměr	SD	Průměr	SD	Průměr	SD
Výnos zelené hmoty	t.ha ⁻¹	28,2	9,6	23,7	4,9	51,9	13,2
Výnos suché hmoty ¹	t.ha ⁻¹	5,8	1,6	3,4	0,6	9,2	1,8
Sušina	%	21,0	2,2	14,6	1,6	–	–
Výška porostu	cm	124	29,7	131	13,1	–	–

Vysvětlivky: ¹Stanoven při sušině 105 °C; SD – směrodatná odchylka

Podobně jako v předchozím roce byla široková siláž pro výživu dojníc vyrobená z první seče po zavadnutí porostu, tentokrát ale na vyšší sušinu 49 %. Silážování bylo opět provedeno do vaku a s přidavkem silážního inokulantu na bázi homofermentativních bakterií. Vyrobená siláž měla poměrně vysoký obsah sušiny, 50 %, a nižší obsah NL, 12,8 % a aNDF, 48,3 % (obojí v sušině) ve srovnání se siláží vyrobenou v předchozím roce z odrůdy Nutri Honey. Obsah taninů byl 5,06 mg.g⁻¹ sušiny, obsah dhurrinu byl zanedbatelný (Tab. 29).

Tab. 29: Nutriční hodnota vyrobené siláže

Ukazatel	Jednotky	Čiroková siláž	
		n=9	
		Průměr	SD
Sušina	g.kg ⁻¹	501,1	42,3
Popel	g.kg ⁻¹ sušiny	106,9	5,4
NL	g.kg ⁻¹ sušiny	128,3	10,0
Tuk	g.kg ⁻¹ sušiny	45,4	10,4
Vláknina	g.kg ⁻¹ sušiny	250,5	9,5
ADF	g.kg ⁻¹ sušiny	311,0	11,2
aNDF	g.kg ⁻¹ sušiny	483,2	18,4
ADL	g.kg ⁻¹ sušiny	48,7	2,3
Celulóza	g.kg ⁻¹ sušiny	262,3	10,1
BNLV	g.kg ⁻¹ sušiny	468,8	17,8
Antinutriční látky			
Taniny	mg.g ⁻¹ sušiny	5,06	0,89
Dhurrin	mg.g ⁻¹ sušiny	0,01	0,001

Vysvětlivky: NL – dusíkaté látky; ADF – acidodetergentní vláknina; aNDF – neutrodetergentní vláknina po úpravě vzorku amylázou; ADL – acidodetergentní lignin; BNLV – bezdusíkaté látky výťažkové; n – počet vzorků

Pro testování byl použitý stejný model jako v přechozím roce, tj. testování probíhalo na skupině dojníc ve středu laktace (cca 120 ks) po dobu 6 měsíců, kdy celé skupině byla zkrmována nejprve běžná krmná dávka (3 měsíce) a poté krmná dávka s čirokovou siláží (3 měsíce). Pro porovnání užitkovosti dojníc byla opět využita data z kontroly užitkovosti. A ve stejném termínu, jako byla kontrola užitkovosti, proběhlo i sledování příjmu krmiva a odběr vzorků (tj. 1× měsíčně 3 po sobě jdoucí dny bylo evidováno množství založených krmiv a zbytků krmiv a byly odebrány vzorky k analýzám), aby bylo možné vyhodnotit příjmy živin. Změna byla pouze v tom, že tentokrát proběhla částečná náhrada travní senáže a čiroková siláž byla do krmné dávky zařazena ve výši 5 % (Tab. 30). Výsledná živinová hodnota obou krmných dávek, běžné i s čirokovou siláží byla obdobná. A podobně jako v předchozím případě zařazení čirokové siláže neovlivnilo obsah antinutričních dávek v celé krmné dávce. Překvapivý byl ovšem nález vyššího obsahu dhurrinu v běžné krmné dávce ve srovnání s krmnou dávkou s čirokem. I tak ale byla zjištěná koncentrace téměř 4× nižší než legislativní limit (Tab. 31).

Příjem živin dojnícemi byl z obou krmných dávek obdobný. Jediný statisticky průkazný rozdíl byl v příjmu NL a ADL, který byl mírně vyšší u dojníc krmených krmnou dávkou s čirokovou siláží. Příjem antinutričních látek se nelišil a podobně jako v předchozím případě množství kyanovodíku, které se uvolnilo z přijatého dhurrinu bylo hluboce pod legislativním limitem (cca 50× nižší) a nemohlo tedy dojnícím způsobit žádné zdravotní potíže (Tab. 32).

Po částečném nahrazení travní senáže v krmné dávce 5 kg čirokové siláže došlo k numerickému navýšení dojivosti z 24,8 na 26,1 kg mléka (Tab. 33), statisticky ale tento rozdíl průkazný nebyl kvůli vyšší variabilitě dílčích hodnot. Byl ale zjištěný mírný pokles v obsahu tuku a bílkovin v mléce, ale to neovlivnilo produkci mléka vyjádřenou v FCM a ECM. Podobně jako v předchozím testování byl u dojníc krmených krmnou dávkou s čirokovou siláží zjištěný vyšší obsah močoviny v mléce.

Tab. 30: Modelové složení krmných dávek pro dojnice českého strakatého skotu ve střední laktaci, kde byla travní senáž částečně nahrazena čirokovou siláží

Komponenty	Jednotky	Běžná krmná dávka	Krmná dávka s čirokovou siláží
Kukuřičná siláž (37 %)	kg.d ⁻¹	20	21,5
Travní senáž 1. seč (35 %)	kg.d ⁻¹	10,5	5
Čirok siláž	kg.d ⁻¹	–	5
Cukrovarské řízky (23 %)	kg.d ⁻¹	7	7
Melasa	kg.d ⁻¹	1,2	1,2
Směs produkce ¹	kg.d ⁻¹	9,8	9,7
Řepkový extrahovaný šrot	kg.d ⁻¹	0,85	1
Celkem	kg.d⁻¹	49,35	50,4

Vysvětlivky: ¹Směs produkce – složení (%): pšenice (29,5), ječmen (12,5), kukuřice (19,0), sójový extrahovaný šrot (17,5), řepkový extrahovaný šrot/výlisky (14,0), minerálně-vitaminový premix SM Production U (3,5), vápenec (1,5), sůl (0,5), soda (2)

Tab. 31: Průměrný obsah živin a antinutričních látek v modelových krmných dávkách

Parametr	Jednotky	Běžná krmná dávka		Krmná dávka s čirokovou siláží	
		Průměr	SD	Průměr	SD
Sušina	g/kg	422	14,8	440	22,6
NL	g.kg ⁻¹ sušiny	141	4,5	145	3,1
Tuk	g.kg ⁻¹ sušiny	31	4,2	36	7,4
Vláknina	g.kg ⁻¹ sušiny	146	6,7	136	6,8
ADF	g.kg ⁻¹ sušiny	182	10,9	179	6,4
aNDF	g.kg ⁻¹ sušiny	313	12,0	307	8,2
ADL	g.kg ⁻¹ sušiny	26	2,5	30	2,2
Celulóza	g.kg ⁻¹ sušiny	156	8,7	150	5,2
BNLV	g.kg ⁻¹ sušiny	606	6,9	607	8,5
Antinutriční látky					
Taniny	g.kg ⁻¹ sušiny	3,5	1,27	3,7	0,54
Dhurrin	mg.kg ⁻¹ sušiny	12,9	11,59	6,2	14,17

Vysvětlivky: n – počet hodnocených případů; NL – dusíkaté látky; ADF – acido-detergentní vláknina; aNDF – neutrálně detergentní vláknina po úpravě vzorku amylázou; ADL – acidodetergentní lignin; BNLV – bezdusíkaté látky výtažkové; SD – směrodatná odchylka

Tab. 32: Skutečný příjem vybraných živin a antinutričních látek na dojnici ve středu laktace u modelových krmných dávek po odpočtení nedožerků ve výši do 5 % (vychází z výsledků provozního experimentu)

Parametr	Jednotky	Běžná krmná dávka		Krmná dávka s širokovou siláží	
		Průměr	SD	Průměr	SD
Přijem živin na dojnici					
Sušina	kg.d ⁻¹	21,0	1,3	22,0	1,2
NL	kg.d ⁻¹	3,0*	0,2	3,2*	0,2
Vláknina	kg.d ⁻¹	3,1	0,2	3,0	0,2
ADF	kg.d ⁻¹	3,8	0,3	3,9	0,4
aNDF	kg.d ⁻¹	6,6	0,5	6,7	0,4
ADL	kg.d ⁻¹	0,6*	0,1	0,7*	0,1
Celulóza	kg.d ⁻¹	3,3	0,2	3,3	0,3
BNLV	kg.d ⁻¹	12,7	0,8	13,4	0,8
Antinutriční látky					
Taniny	g.d ⁻¹	73,9	28,2	82,6	13,4
Dhurrin	g.d ⁻¹	0,28	0,26	0,13	0,31
Přijem kyanovodíku					
Kyanovodík ¹	mg.d ⁻¹	24,73	22,48	11,71	27,27
Kyanovodík ²	mq.kg ⁻¹ žh	0,04	0,03	0,02	0,04

Vysvětlivky: ¹vypočtené množství kyanovodíku, které by se mohlo uvolnit z dhurrinu obsaženého v krmné dávce; prahová hodnota obsahu kyanovodíku v krmivech je 50 mg.kg⁻¹ krmiva (s obsahem vlhkosti 12 %) (Evropská směrnice 2002/32/ES); ²přepočteno na dojnici o průměrné hmotnosti 650 kg; **letální dávka kyanovodíku pro skot a ovce** je přibližně 2 mg.kg⁻¹ živé hmotnosti (Gensa, 2019); * hodnoty se liší P < 0,05

Tab. 33: Mléčná užitkovost dojnic ve středu laktace v závislosti na druhu krmné dávky

Ukazatel	Jednotky	Běžná krmná dávka		Krmná dávka s čirokovou siláží	
		n=368		n=364	
		Průměr	SD	Průměr	SD
Pořadí laktace	den	2,4	1,45	2,5	1,49
Dny laktace	den	222,6	94,71	224,8	88,48
Dojivost	kg.d ⁻¹	24,8	5,46	26,1	4,87
FCM ¹	kg.d ⁻¹	25,8	5,57	26,72	4,93
ECM ¹	kg.d ⁻¹	27,0	5,85	27,94	5,21
Tuk	%	4,31*	0,61	4,18*	0,49
Bílkovina	%	4,01*	0,32	3,92*	0,30
Laktóza	%	4,77	0,22	4,84	0,19
Močovina	mg.100 ml ⁻¹	14,35*	4,92	19,84*	3,94

Vysvětlivky: ¹FCM – množství mléka korigované na obsah tuku 4%; ²ECM – množství mléka korigované na obsah energie, výpočet dle Sjaunja *et al.*, 1991; * hodnoty se liší P < 0,05;

2.2.3 Závěrečná doporučení

Popsané modelové postupy založené na výsledcích provozního testování ukázaly, že čiroková siláž v množství 5–8 kg.d⁻¹ může být vhodnou částečnou náhradou vojtěško-travních nebo travních senází v krmných dávkách dojnic českého strakatého skotu ve středu laktace.

Pro výrobu siláží je vhodné pěstovat čirok v režimu dvou sečí, kdy porost poskytne celkovou produkci suché hmoty cca 9 t.ha⁻¹.

Doporučený agrotechnický postup při pěstování čiroku v režimu dvou sečí pro produkci siláže (termíny nutno přizpůsobit konkrétním podmínkám v provozu). Na podzim předchozího roku provést střední orbu. V březnu a květnu provést předseťovou přípravu a v květnu setí čiroku (výsevek 27 kg.ha⁻¹, šířka řádku 14,5 cm). První seč by měla být provedena v červenci (výška strniště 8–10 cm kvůli obrůstání) a 2. seč se uskuteční v září (výška strniště 5–7 cm).

Pro produkci siláží je vhodné čirok sklízet na začátku metání; sklizeň v pozdější fenofázi (např. v mléčné nebo mléčné voskové zralosti) by vyžadovala technologii, která dokáže narušit zrno, které je v neporušeném stavu pro přežvýkavce špatně stravitelné (vliv na stravitelnost škrobu). Posečený čirok je třeba nechat zavadat na řádku na zvolenou sušinu, sklídit sklízecí řezačkou a zasilážovat s vhodným silážním aditivem. Je vhodné použít silážní aditiva např. na bázi homofermentativních bakterií mléčného kvašení, je však třeba neopomenout důležitost dusání a dalších nezbytných opatření pro správné zasilážování (přikrytí, zamezení přístupu vzduchu a srážkové vody, správná délka řezanky podle aktuální sušiny silážované hmoty). Sušina zavadlé píce nesmí překročit 50 %. Uvedené postupy minimalizují výskyt dhurrinu v silážích a tím i riziko otravy zvířat kyanovodíkem.

Před zařazením čirokové siláže do krmné dávky je třeba provést analýzy obsahu živin a krmnou dávku vybalancovat tak, aby nutričně odpovídala potřebám dojnic v daném stádiu laktace. Po zahájení zkrmování krmných dávek s čirokovou siláží je žádoucí provést kontrolní analýzy obsahu živin v krmné dávce a krmnou dávku v případě potřeby modifikovat.

2.3 VÝVOJ KALIBRAČNÍCH ROVNIC K PREDIKCI PARAMETRŮ KVALITY PÍCE ČIROKU A VÝŽIVNÉ HODNOTY KONZERVOVANÉ ČIROKOVÉ SILÁŽE POMOCÍ NIR SPEKTROSKOPIE

Čirok dvoubarevný je celosvětově jednou z pěti hlavních obilnin (po kukuřici [*Zea mays* L.], rýži [*Oryza sativa* L.], pšenici [*Triticum aestivum* L.] a ječmeni [*Hordeum vulgare* L.]), který je ve srovnání s ostatními obilninami vysoce tolerantní k podmínkám nedostatku vody, a to díky hluboké a husté struktuře kořenů, uzavírání průduchů, ale také i díky svinování listů, které snižují transpiraci a metabolické procesy při stresových podmínkách (Ajoudan *et al.*, 2024). Čirok ve světovém měřítku slouží jako zdroj potravy pro více než 500 milionů lidí v 98 zemích (Pennisi, 2009). Jeho využití je velmi široké a sahá od krmiv pro zvířata až po výrobu biopaliv, což v současné době podtrhuje jeho značný význam a všestrannost (Zhu *et al.*, 2019; Chadalavada *et al.*, 2021).

Čirok pro výrobu píce se pěstuje jako jednoletá plodina s mnoha význačnými vlastnostmi, mezi které patří vysoká produkce biomasy (Marsalis *et al.*, 2010), vysoká kvalita píce (Mirahki *et al.*, 2023), vysoká tolerance k suchu (Smith and Frederiksen, 2000; OECD, 2017) a vysoká účinnost využití dusíku (Rosati *et al.*, 2019). Siláž z čiroku lze s úspěchem využít ke stabilizaci výkyvů jak ve výnosech silážní kukuřice, tak i konzervované píce z travních porostů a udržení dostatečného množství krmiv pro zvířata v případě nedostatku objemné píce (Smith a Frederiksen, 2000; Bolsen *et al.*, 2015; Costa *et al.*, 2016; Moura *et al.*, 2017; Neto *et al.*, 2017; Rodrigues *et al.*, 2020; Fernandes *et al.*, 2020; Ramos *et al.*, 2021; Sabertanha *et al.*, 2021; Hartati *et al.*, 2023; Nazli a Polat, 2024).

Stanovení základních kvalitativních parametrů kvality píce a siláží (výživná hodnota) se v současné době provádí převážně standardní laboratorní analýzou – metodami mokré chemie (Bianchini *et al.*, 2020; Otero *et al.*, 2023). Tyto metody však vyžadují odborné znalosti, drahé analytické vybavení a značné množství chemických činidel. Kromě toho jsou tyto metody náročné na práci a čas kvůli pomalé přípravě vzorků a extrakčním procesům, což je činí nevhodnými pro screening velkého počtu vzorků nebo sledování složení biomasy v reálném čase (Zhang *et al.*, 2017; Rodrigues *et al.*, 2022; Szabó *et al.*, 2025).

Blízká infračervená spektroskopie (NIRS) je účinná analytická technika (Manley, 2014) používaná v celé řadě výzkumných i zkušebních laboratořích v oblasti kontroly kvality rostlinných a živočišných produktů (Muselík, 2012). Provedení analýzy pomocí NIRS na rozdíl od většiny laboratorních metod, nevyžaduje žádné chemické látky, rozpouštědla ani činidla, neznečišťuje přírodní prostředí a tato analýza je považována za metodu šetrnou k životnímu prostředí (Yang *et al.*, 2017).

V současné době existuje v odborné literatuře stále málo informací o využití kalibračních modelů NIRS k predikci kvality píce čiroku, čirokových siláží a stanovení jeho nejdůležitějších parametrů (NL, vláknina, ADF, NDF, OMD apod.).

Podkladem pro zpracování kalibračních rovnic ke stanovení výživné hodnoty píce a siláží hybridů čiroku zrnového byly usušené a na laboratorním mlýnku standardně pomleté (velikost částic < 1 mm) vzorky celých rostlin čiroku a následně vyrobených siláží širokého spektra silážních i zrnových odrůd ze sklizňových let 2015 až 2024. Sledované parametry píce a siláží čiroku byly stanoveny klasickými laboratorními metodami a současně u nich byla změřena spektra NIR spektroskopii. Identické vzorky píce a siláží čiroku byly proměřeny na disperzním spektrometru FOSS NIRSystems 6500 instrument (Company NIRSystems, Inc., Silver Spring, USA), umístěném na pracovišti CARC Praha, VS Jevíčko. Měření vzorků bylo provedeno v malých kruhových kyvetách (small ring cups) ve dvou paralelních opakováních. Skenování vzorku bylo nastaveno v režimu reflektance pro oblast 400–2500 nm, tj. ve viditelné a blízké infračervené oblasti spektra, krok snímání 2 nm. Pro vývoj kalibračních rovnic a jejich validaci včetně grafických výstupů byl využit software WinISI II (Infrasoft International, Inc., USA), verze 1.50. Z regresních metod byly pro kalibrační model využity metoda částečných nejmenších čtverců PLSR (Partial Least Squares) (Naesset *et al.*, 2005) a modifikovaná metoda částečných nejmenších čtverců MPLSR (Modified Partial Least Squares Regression) (Martens a Naes, 1992; Cheng a Wu, 2006; González-Martín *et al.*, 2015; Nawar *et al.*, 2023).

Vývoj kalibračních rovnic pro píci/siláž byl proveden na kalibračním souboru o počtu 361/154 vzorků usušené a pomleté píce/siláže čiroku. Před samotným vývojem kalibrací (vývoj kalibračních rovnic pro predikci parametrů kvality píce čiroku) byla provedena analýza hlavních komponent (PCA). Ve všech případech byla vysvětlená spektrální variabilita vyšší než 95–97 %. Výsledné statistické parametry kalibrace (regrese) byly získány pro každý parametr kvality píce (NL, obsah vlákniny, NDF, ADF, DMD, OMD, obsah tuku apod.) pomocí výpočtů za využití (1) spektrálních kritérií (H-kritérium /statistika/) nebo (2) chemických kritérií (T-kritérium/ statistika/). Anomální spektra byla detekována pomocí Mahalanobisovy vzdálenosti.¹ Riziko chyb ve vyvinutých rovnicích je v praktických podmínkách velmi nízké nebo téměř nulové za předpokladu, že se standardizovaná H statistika (Mahalanobisova vzdálenost) používá při rutinní analýze neznámých vzorků (odlišné spektrum neznámého vzorku od

¹ Mahalanobisova vzdálenost (MV), pravděpodobnostní vzdálenost od průměru. Dá se přirovnat ke vzdálenosti od střední hodnoty jednorozměrného výběru v jednotkách sigma. Velká hodnota MV je málo pravděpodobná, a tedy podezřelá. Spolehlivější pro diagnostiku vybočujících dat je robustní MV založená na M-odhadu střední hodnoty místo průměru, která není ovlivněna vybočujícími daty (https://www.trilobyte.cz/downloadfree/qcmanual/multivar_an.pdf)

průměrného spektra v kalibrační sadě). Vzorky s hodnotou $H > 3$ mohou být považovány za tzv. „outliery“ (vzorky nepatřící do souboru, ze kterého jsou rovnice vytvořeny), a v tomto případě by rovnice neměly být používány k provádění predikcí (González-Martín *et al.*, 2011).

Dosažené výsledky přesnosti predikcí kvality píce/siláže čiroku ověřené na nezávislých validačních souborech vzorků shodného charakteru ($n = 85/16$) potvrzují předpoklad vysoké míry shody klasické laboratorní metody se stanovením NIRS metodami regrese MPLSR a PLSR (kalibrace: $R^2 = 0,84$ až $0,97$ pro píci čiroku, resp. $R^2 = 0,76$ až $0,93$ pro čirokovou siláž (viz Tab. 34 a 35).

Tab. 34: Vybrané kalibrační modely k predikci parametrů kvality píce čiroku pomocí techniky NIRS

Parametr	Regresní model	Kalibrace				Predikce	
		n	Průměr	SEC	R^2	SEP	R^2
NL	MPLSR	322	10,304	0,299	0,984	0,410	0,969
Vláknina	MPLSR	327	27,308	0,864	0,965	1,054	0,948
NDF	MPLSR	338	52,032	1,327	0,965	1,588	0,950
ADF	MPLSR	332	31,424	1,060	0,960	1,346	0,936
OMD	MPLSR	330	46,814	2,705	0,886	3,160	0,842

Vysvětlivky: NL – dusíkaté látky; NDF – neutrálně detergentní vláknina; ADF – acidodetergentní vláknina; OMD – stravitelnost organické hmoty; MPLSR – modifikovaná metoda částečných nejmenších čtverců (Modified Partial Least Squares Regression); n – počet vzorků kalibrace, SEC – směrodatná odchylka kalibrace; SEP – směrodatná odchylka predikce; R^2 – koeficient determinace

Tab. 35: Vybrané kalibrační modely k predikci parametrů kvality siláže čiroku pomocí techniky NIRS

Parametr	Regresní model	Kalibrace				Predikce	
		n	Průměr	SEC	R^2	SEP	R^2
NL	MPLSR	154	9,530	0,355	0,955	0,442	0,930
Vláknina	MPLSR	148	30,404	0,648	0,826	0,744	0,774
Popel	MPLSR	139	7,475	0,139	0,849	0,177	0,764
ADF	MPLSR	138	37,731	0,503	0,882	0,697	0,812
NDF	MPLSR	142	61,140	0,813	0,880	0,901	0,860

Vysvětlivky: NL – dusíkaté látky; NDF – neutrálně detergentní vláknina; ADF – acidodetergentní vláknina; OMD – stravitelnost organické hmoty; MPLSR – modifikovaná metoda částečných nejmenších čtverců (Modified Partial Least Squares Regression); n – počet vzorků kalibrace, SEC – směrodatná odchylka kalibrace; SEP – směrodatná odchylka predikce; R^2 – koeficient determinace

Při validaci vyvinutých kalibračních rovnic píce/siláže bylo dosaženo koeficientu determinace (R^2) u jednotlivých parametrů v rozsahu 0,76 až 0,94 (viz Tab.36 a 37). Směrnice přímky píce/siláže (Slope) se blížila hodnotě 1,0 – od 0,76 (OMD) do 1,23 (ADF). Uvedené regresní parametry kalibračního souboru jsou dle dosaženého koeficientu determinace u většiny hodnocených parametrů píce/siláže excelentní ($R^2 = 0,90$ a více) a dále použitelné pro běžnou zemědělskou praxi, resp. sledování kvality rostlinných produktů ($R^2 = 0,82$ – $0,90$) (Dvořáček *et al.*, 2014). Index predikce k hodnotě odchylky RPD (Index of Prediction to Deviation) nabýval hodnot od 2,0 do 4,0 (viz Tab.36 a 37). Čím vyšší je hodnota RPD, tím větší je pravděpodobnost, že modely budou přesně

Tab. 36: Validace vybraných parametrů kvality píce široku pomocí techniky NIRS

Parametr	Validace						
	N	SEP	SEP (C)	BIAS	SLOPE	R^2	RPD
NL	69	0,866	0,511	-0,702	0,795	0,914	2,6
Vláknina	81	0,834	1,197	-4,750	0,834	0,935	3,2
NDF	65	2,022	2,037	-0,061	0,934	0,905	3,1
ADF	65	2,421	1,631	-1,800	0,818	0,916	2,6
OMD	69	3,629	3,623	-0,482	0,761	0,780	2,0

Vysvětlivky.: NL – dusíkaté látky, ADF – acidodetergentní vláknina, NDF – neutrodetergentní vláknina, OMD – stravitelnost organické hmoty; n – počet vzorků validace, SEP – směrodatná odchylka predikce, SEP (C) – směrodatná odchylka predikce korigovaná konstantou kalibrační křivky (BIAS), BIAS – konstanta kalibrační křivky, SLOPE – směrnice kalibrační křivky, R^2 – koeficient determinace; RPD – index predikce k hodnotě odchylky (Index of Prediction to Deviation)

Tab. 37: Validace parametrů kvality siláže široku pomocí techniky NIRS

Parametr	Validace						
	N	SEP	SEP (C)	BIAS	SLOPE	R^2	RPD
NL	16	0,401	0,411	-0,045	0,887	0,941	4,0
Vláknina	15	0,772	0,662	-0,431	0,881	0,767	2,4
Popel	16	0,182	0,181	-0,049	0,920	0,862	3,2
ADF	14	0,874	0,888	0,176	1,235	0,890	2,0
NDF	14	1,203	0,755	0,957	0,906	0,923	3,8

Vysvětlivky.: NL – dusíkaté látky, ADF – acidodetergentní vláknina, NDF – neutrodetergentní vláknina, OMD – stravitelnost organické hmoty; n – počet vzorků validace, SEP – směrodatná odchylka predikce, SEP (C) – směrodatná odchylka predikce korigovaná konstantou kalibrační křivky (BIAS), BIAS – konstanta kalibrační křivky, SLOPE – směrnice kalibrační křivky, R^2 – koeficient determinace; RPD – index predikce k hodnotě odchylky (Index of Prediction to Deviation)

a robustně predikovat požadované nutriční parametry (kvalitu píce) nebo chemické koncentrace souboru vzorků dat (Darusman *et al.*, 2019; Yunus *et al.*, 2019). Parametry nad hodnotou 2,0, resp. 2,5 a vyšší dle dosaženého koeficientu RPD jsou u většiny hodnocených parametrů použitelné pro běžnou zemědělskou praxi, resp. sledování kvality přírodního prostředí (Williams a Sobering, 1993; Williams, 2014; Pasquini, 2018; Sam *et al.*, 2020).

Souhrn

Blízká infračervená spektroskopie (NIRS) je moderní laboratorní metoda vhodná pro velké série měření. Pomocí NIRS lze stanovit složky (parametry) analyzovaného materiálu (vzorku píce) z jednoho měření (usušený a pomletý vzorek, resp. vzorek čerstvé hmoty). NIRS analýza je sekundární instrumentální metoda, kde je o něco nižší přesnost měření ve srovnání s klasickou laboratorní (referenční) analýzou. Precizním regresním modelováním s využitím vhodných vícerozměrných kalibrací (MLR, PCR, PLSR, MPLSR) a ve světě používaných predikčních modelů (RF, SVM, ANN apod.) včetně využití umělé inteligence (AI) lze dospět k velmi hodnotným výsledkům predikce parametrů kvality píce i siláží.

Kalibrační rovnice pro měření kvality píce/siláží v parametrech (NL, vláknina, NDF, ADF, OMD apod.) pomocí techniky NIRS dosáhly vysoké míry shody laboratorní metody se stanovením pomocí NIRS (kalibrační soubor, $R^2 = 0,84$ až $0,97$; validační soubor, $R^2 = 0,76$ – $0,94$). Velmi významný vliv na přesnost predikce má počet vzorků (čím více, tím lepší parametry kalibrace) a dále heterogenní podmínky (klimatické podmínky pěstování, variabilita odrůd, technologie sklizně apod.). Pro analýzu NIRS je potřebné malé množství vzorku biomasy (píce), cca 5–10 g. Výhodou je bezpečnost práce a ekologická nezávadnost měření (není spotřebováván žádný materiál a nevznikají žádné chemické odpady). Měření je dostatečně rychlé (cca 2–5 minut, podle nastavení přístroje), přesné, pracovně bezpečné, nemá negativní vliv na životní prostředí a je velmi levné.

Z ekonomického pohledu je přínosem NIR spektroskopie efektivnost a rychlost prováděných měření (rozborů) při výrazném snížení ceny analýzy jednoho vzorku (velmi nízké nebo žádné náklady) na spotřební materiál. Rentabilita metody NIRS je pak tím vyšší, čím náročnější a dražší je referenční metoda laboratorního stanovení, zvláště pokud jsou měřeny velké série vzorků.

Komplexní výsledky vývoje kalibračních rovnic k predikci parametrů kvality píce čiroku a výživné hodnoty konzervované čirokové siláže pomocí NIR spektroskopie jsou uvedeny v ověřených technologiích Menšík *et al.* (2025a,b).

3 SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ

Většina studií ve vědecké a odborné literatuře testovala, zda je čiroková siláž vhodná jako úplná nebo částečná náhrada kukuřičné siláže, a to v reakci na požadavky na zajištění dostatečné krmivové základny v oblastech, kde je pěstování kukuřice, jako prioritní plodiny pro výrobu konzervovaných krmiv pro dojnice, silně ohroženo probíhajícími změnami klimatu. V podmínkách ČR jsou významnou součástí krmných dávek i konzervovaná krmiva vyrobená z trvalých nebo dočasných travních porostů, víceletých píceň nebo jetelovino-travních směsek. Produkce těchto píceň také může být ohrožena změnami klimatu, ale dosavadní úroveň poznání v oblasti možné náhrady těchto konzervovaných krmiv čirokovou siláží je nedostatečná. Rovněž většina prací prováděla testování na holštýnských dojnicích, obdobné práce na dojnicích kombinovaných plemen, jakým je český strakatý skot, chybí. Předložená metodika přináší nový pohled na možnosti využití čirokové siláže ve výživě dojnic, a to jako částečná náhrada tradičních konzervovaných krmiv zmíněných výše. Zohledňuje přitom i možné negativní působení antinutričních látek (taninů a dhurinu) na zdraví a užitkovost zvířat. To vše s cílem zachovat dosavadní úroveň užitkovosti s minimálním dopadem na ekonomiku chovu dojnic a ekonomiku výroby mléka.

Novost postupů spočívá v získání tříletých výsledků ze dvou technologií pěstování čiroku za účelem produkce silážní hmoty. Výsledkem jsou nejen informace o produkční schopnosti jednotlivých odrůd, ale také o kvalitativních parametrech (obsahu základních živin a antinutričních látek). Pěstování čiroku v systému přímé sklizně (jednosečný) lze považovat za alternativní technologii v porovnání s pěstováním kukuřice na siláž. U technologie dvousečného využití čiroku byly získány výsledky u české odrůdy RUZROK s velmi dobrým potenciálem produkce biomasy a kvality píce, resp. následné siláže apod. v podmínkách Boskovické brázdy (Malé Hané).

Součástí výzkumu byly krmné testy, kdy byla čiroková siláž zkrmována dojnícím v modelovém podniku AGROSPOL, a.d. Knínice jako částečná náhrada vojtěško-travní a travní siláže a v prvním modelu nahradila i část kukuřičné siláže. Popsané modelové postupy založené na výsledcích provozního testování ukázaly, že čiroková siláž v množství 5–8 kg.den⁻¹ může být vhodnou částečnou náhradou vojtěško-travních nebo travních senáží v krmných dávkách dojnic českého strakatého skotu ve středu laktace.

Pro produkci siláží je vhodné čirok sklízet na začátku metání; sklizeň v pozdější fenofázi (např. v mléčné nebo mléčné voskové zralosti) by vyžadovala technologii, která dokáže narušit zrno, které je v neporušeném stavu pro přežvýkavce špatně stravitelné (vliv na stravitelnost škrobu).

Posečený čirok je třeba nechat zavadat na řádku na zvolenou sušinu, sklídit sklízecí řezačkou a zasilážovat s vhodným silážním aditivem. Je vhodné použít silážní aditiva např. na bázi homofermentativních bakterií mléčného kvašení, je však třeba neopomenout důležitost dusání a dalších nezbytných opatření pro správné zasilážování (přikrytí, zamezení přístupu vzduchu a srážkové vody, správná délka řezanky podle aktuální sušiny silážované hmoty). Sušina zavdlé píce nesmí překročit 50 %.

Uvedené postupy minimalizují výskyt dhurrinu v silážích a tím i riziko otravy zvířat kyanovodíkem.

Před zařazením čirokové siláže do krmné dávky je třeba provést analýzy obsahu živin a krmnou dávku vybalancovat tak, aby nutričně odpovídala potřebám dojnic v daném stádiu laktace.

Po zahájení zkrmování krmných dávek s čirokovou siláží je žádoucí provést kontrolní analýzy obsahu živin v krmné dávce a krmnou dávku v případě potřeby modifikovat.

Velkým přínosem je vytvoření kalibračních křivek pro měření základních živin v píci čiroku metodou NIRS. Tato metoda velmi zrychlí a případně i zlevní analýzu živin. Zároveň je to metoda velmi šetrná k životnímu prostředí. Kalibrační rovnice pro měření kvality píce/siláží v parametrech (NL, vláknina, NDF, ADF, OMD apod.) pomocí techniky NIRS dosáhly vysoké míry shody laboratorní metody se stanovením pomocí NIRS (kalibrační soubor, $R^2 = 0,84$ až $0,97$; validační soubor, $R^2 = 0,76$ – $0,94$).

4 POPIS UPLATNĚNÍ CERTIFIKOVANÉ METODIKY

Metodika popisuje možnosti využití čirokové siláže jako alternativního krmiva pro částečnou náhradu siláží z TTP, jetelovino-travních směsek nebo víceletých pícnin. Zahrnuje soubor technicko-organizačních doporučení, která uživateli metodiky pomohou vybrat vhodnou odrůdu čiroku, vhodnou agrotechniku jeho pěstování i způsob sklizně a konzervace. Modelové příklady zařazení čirokové siláže do krmné dávky dojnic pak mohou sloužit jako návod na způsob tvorby krmných dávek pro dojnici ve střední laktaci.

Metodiku mohou využívat jak zemědělci, jako návod pro pěstování čiroku a jeho zařazení do krmných dávek skotu, tak i nevýrobní sféra, jako jsou střední a vysoké školy se zemědělským zaměřením nebo i zemědělské poradci.

Byla uzavřena smlouva se zemědělským podnikem Agropol, agrární družstvo se sídlem v Kníně, který je zárukou jejího využívání a také rozšíření mezi zájemce o pěstování čiroku.

5 EKONOMICKÉ ASPEKTY

Z mnoha studií dopadů změny klimatu je známo, že sucho negativně ovlivňuje produkci píce a kvalitu píce, což vede k nedostatku objemných krmiv pro dobytek. Zvláště na lehkých písčitých půdách v kukuřičné výrobní oblasti je již dnes (a do budoucna ještě více) pěstování kukuřice na siláž problematické. U kukuřice, v obdobích déletrvajícího sucha, obvykle dochází k nevratnému zastavení růstu. Výsledkem je pak velmi nízký výnos nadzemní biomasy kukuřice (navíc často s nízkým podílem palic, které jsou poškozeny vlivem stresu suchem). Právě v těchto oblastech je prostor pro pěstování čiroku (pro tzv. **jednosečné využití**, s přímou sklizní jako u kukuřice), vzhledem k vyšší pravděpodobnosti dosažení produkce pro výrobu siláže využitelné do krmné dávky přežvýkavců. Na základě víceletých výsledků s pěstováním kukuřice a čiroku lze odhadnout, že cca 10 % současné výměry kukuřice na siláž v ČR (cca 20 000 ha) bude do budoucna ohroženo suchem, kdy lze předpokládat výnos na úrovni 20–25 t silážní hmoty (při 33% sušíně) na hektar. Naopak v těch samých podmínkách lze počítat s produkcí 30–40 t čirokové siláže z jednoho hektaru. Pokles výnosu se u kukuřice výrazně projeví v navýšení nákladů na 1 t siláže. V případě pěstování čiroku lze počítat s úsporou 800–1 000 Kč na tunu siláže v porovnání s kukuřicí. Při tomto scénáři „dopadu sucha“, náhrada kukuřice čirokem jako adaptačního opatření přináší celkovou úsporu nákladů ve výši 350 mil. Kč ročně. Výhodou pěstování čiroku jsou nižší náklady na vstupy v porovnání s kukuřicí. Jedná se o levnější osivo, nižší náklady na hnojení dusíkem a také přípravky na ochranu rostlin (není zapotřebí insekticidní ochrana). To se celkově projeví nižšími náklady na tunu siláže u čiroku (cca o 1/3) v porovnání s kukuřicí (při standardním výnosu, při příznivých podmínkách).

Je logické, že výše uvedená úvaha o **ekonomických přínosech** je velmi ovlivněna konkrétními výnosy obou plodin. Nicméně v rámci našich tříletých pokusů bylo zjištěno, že u čiroku lze dosáhnout produkce 13–15 t siláže (v sušíně), což prokázaly výsledky na experimentálních lokalitách v kukuřičné (Žabčice) a řepářské výrobní oblasti (Ivanovice na Hané). Velmi kladně je třeba hodnotit výnosové výsledky z lokality Žabčice-Písky, kde byla produkce biomasy čiroku na úrovni 13 t v sušíně. Tato lokalita s lehkou písčitou půdou je méně vhodná pro pěstování kukuřice, z důvodu velké výnosové nejistoty, zvláště v letech s déletrvajícím suchem. Právě pěstování čiroku dává předpoklady pro stabilnější výnosy. Osivářské firmy nabízejí široký sortiment odrůd čiroku, přičemž některé mají větší odnožovací schopnost a dokáží lépe obnovit růst v případě, že po suchém období následují vláhově příznivé podmínky. V sortimentu zkoušených odrůd byly zjištěny rozdíly v ranosti, odrůdy s kratší vegetační dobou lze doporučit do vyšších oblastí. Je zapotřebí respektovat nároky čiroku na teplo, což znamená

neuspěchat termín setí a i v nejteplejších oblastech je zapotřebí čirok vysévat až na přelomu května a června. Z pohledu kvality produkce lze doporučit sklizeň v ranější fázi, na počátku metání nebo v metání, kdy mají rostliny i vyšší obsah dusíkatých látek a nižší obsah hrubé vlákniny.

Výsledky výzkumu dále potvrdily praktické využití české odrůdy čiroku RUZROK, která má potenciál k multifunkčnímu využití, jak na produkci píce, tak i zrna. V poloprovozních podmínkách byla úspěšně ověřena technologie pěstování čiroku pro **dvousečné využití**. Při této technologii se provádí výsev čiroku do užších řádků (12–14 cm) obilním secím strojem, což dává předpoklady pro rychlejší zapojení porostu čiroku a zároveň dobré konkurenci vůči plevelům, což většinou nevyžaduje použití herbicidu (**environmentální přínos**). V podmínkách Boskovické brázdy (Malé Hané) v letech 2022–2024, byl prokázán vysoký výnosový potenciál této odrůdy (v průměru 47,8 t.ha⁻¹ v zelené hmotě; 8,3 t.ha⁻¹ v suché hmotě) pro výrobu siláže se zavádáním na řádku (2 seče/rok).

Vlastní metodika poskytuje výsledky výzkumu nejen z oblasti pěstitelské, ale i krmivářské (výživářské), tzn., že jsou v ní zpracovány výsledky analýz sklizené hmoty. Navíc ze dvou odrůd čiroku byly vyrobeny siláže, které byly zařazeny do krmných dávek dojníc jako částečná náhrada vojtěško-travní senáže a částečně i kukuřičné siláže (modelové řešení I, čiroková siláž s obsahem sušiny 31 %, odrůda NUTRI HONEY) nebo travní senáže (modelové řešení II, čiroková siláž s obsahem sušiny 50 %, odrůda RUZROK). V rámci krmných pokusů v modelovém podniku AGROSPOL, a.d. Knínice (2022–2024) nebylo zaznamenáno snížení průměrné denní produkce mléka na dojnici (český strakatý skot) čirokovou siláží v dávkách od 5 do 8 kg.den⁻¹ v rámci TMR (směsné krmné dávky), kdy byla v TMR siláž z travních porostů nahrazena siláží čiroku a v období výkyvů počasí (vysoké teploty vzduchu a sucho) čiroková siláž kompenzovala nedostatek objemné píce z trvalých travních porostů. **Ekonomické přínosy** využití čirokové siláže v krmné dávce spočívají především v zachování stávající úrovně užitkovosti dojníc, a tím i tržeb za mléko, při minimálních změnách v nákladech na krmiva při změně krmné dávky. Z kalkulace nákladů na krmnou dávku (tj. cena krmných komponent, nikoli náklady na krmný den) vyplývá, že průměrná jednotková cena TMR s čirokovou siláží byla cca o 100 Kč.t⁻¹ vyšší, s tím, že cena čirokové siláže byla kalkulována v podobné výši jako cena travní nebo vojtěško-travní senáže.

Ve výše uvedeném výzkumu zaměřeném na problematiku pěstování čiroku a jeho využití ve výživě skotu byla část práce věnována využití metod NIRS v této oblasti. Z **ekonomického pohledu** je přínosem NIR spektroskopie efektivnost a rychlost prováděných měření (rozborů) při výrazném snížení ceny analýzy jednoho vzorku (velmi nízké nebo žádné náklady) na spotřební materiál.

SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY

- ABOAGYE, I. A., BEAUCHEMIN, K. A. 2019. Potential of Molecular Weight and Structure of Tannins to Reduce Methane Emissions from Ruminants: A Review. *Animals*. 9(11), 856. <https://doi.org/10.3390/ani9110856>
- ADAMCZYK, B., SIMON, J., KITUNEN, V., ADAMCZYK, S., SMOLANDER, A. 2017. Tannins and Their Complex Interaction with Different Organic Nitrogen Compounds and Enzymes: Old Paradigms versus Recent Advances. *ChemistryOpen*. 6(5), 610–614. <https://doi.org/10.1002/open.201700113>
- AJOUDANI, M. R., SAYFZADEH, S., VALADABADI, S. A., SHAHSAVARI, N., ZAKERIN, H. 2024. Response of forage sorghum cultivars to different water availability. *Crop, Forage & Turfgrass Management*. 10(2), e70008. <https://doi.org/10.1002/cft2.70008>
- AMER, S., SEGUIN, P., MUSTAFA, A. F. 2012. Short communication: Effects of feeding sweet sorghum silage on milk production of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 95(2), 859–863. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4884>
- ANALCO-CISNEROS, Gerardo *et al.* 2020. Yield, Agronomic Characteristics and Chemical Composition of Silage Fodder (*Sorghum bicolor* L.) With and Without Fertilization. *Agro Productividad*. 13(12), 107–111. ISSN 2594-0252. <https://doi.org/10.32854/agrop.v13i12.1896>
- ASSEFA, Y., STAGGENBORG, S. A., PRASAD, V. P. V. 2010. Grain Sorghum Water Requirement and Responses to Drought Stress: A Review. *Crop Management*. 9(1), 1–11. <https://doi.org/10.1094/CM-2010-1109-01-RV>
- AYDIN, G., GRANT, R. J., O'REAR, J. 1999. Brown Midrib Sorghum in Diets for Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. 82(10), 2127–2135. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75456-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75456-1)
- BARBEHENN, R. V., PETER CONSTABEL, C. 2011. Tannins in plant-herbivore interactions. *Phytochemistry*. 72(13), 1551–1565. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2011.01.040>
- BARTZIALIS, D. *et al.* 2021. Nitrogen fertilization's effect on the quality characteristics of various sorghum varieties. In: KOVACEVIC, D. *et al.* (ed.). *Book of Proceedings: XII International Scientific Agriculture Symposium „AGROSYM 2021“*. East Sarajevo: Faculty of Agriculture, s. 63–70. ISBN 978-99976-787-9-9.
- BERNARD, J. K., TAO, S. 2015. Short communication: Production response of lactating dairy cows to brachytic forage sorghum silage compared with corn silage from first or second harvest. *Journal of Dairy Science*. 98(12), 8994–9000. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9716>
- BIANQUINI, T. S., FLORENCIO, C., HENRIQUE DOS SANTOS GARCIA, R., COLNAGO, L. A., CECCATO-ANTONINI, S. R., CARMO, M., TELES, J., FARINAS, C. S., RIBEIRO, T. S. 2020. Time domain NMR spectroscopy as a fast method for probing the

- efficiency of biomass pretreatments for second generation ethanol production. *Biomass Bioenergy*. 142(December 2019), 105734. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2020.105734>
- BOGAŇ, J. 2014. Optimální agrotechnika čiroku pro vysoký výnos. *Úroda*. 62(4), 12. ISSN: 0139-6013
- BOLSEN, K. K., MOORE, K. J., COBLENTZ, W. K., SIEFERS, M. K., WHITE, J. S. 2015. Sorghum silage. *Silage Science and Technology*. (42), 609–632. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr42.c13>
- BOUT, S., VERMERRIS, W. 2003. A candidate-gene approach to clone the sorghum Brown midrib gene encoding caffeic acid O-methyltransferase. *Molecular Genetics and Genomics*. 269(2), 205–214. <https://doi.org/10.1007/s00438-003-0824-4>
- BROWNING, C. B., LUSK, J. W. 1967. Effect of Stage of Maturity at Harvest on Nutritive Value of Combine-Type Grain Sorghum Silage. *Journal of Dairy Science*. 50(1), 81–85. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(67\)87358-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(67)87358-2)
- BUSCHMANN, M. 2024. *Five important steps for succesful Sorghum growing*. Osobní sdělení.
- BUSK, P. K., MØLLER, B. L. 2002. Dhurrin Synthesis in Sorghum Is Regulated at the Transcriptional Level and Induced by Nitrogen Fertilization in Older Plants. *Plant Physiology*. 129(3), 1222–1231. <https://doi.org/10.1104/pp.000687>
- CATTANI, M., GUZZO, N., MANTOVANI, R., BAILONI, L. 2017. Effects of total replacement of corn silage with sorghum silage on milk yield, composition, and quality. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 8(1), 15. <https://doi.org/10.1186/s40104-017-0146-8>
- COLOMBINI, S., GALASSI, G., CROVETTO, G. M., RAPETTI, L. 2012. Milk production, nitrogen balance, and fiber digestibility prediction of corn, whole plant grain sorghum, and forage sorghum silages in the dairy cow. *Journal of Dairy Science*. 95(8), 4457–4467. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4444>
- COLOMBINI, S., RAPETTI, L., COLOMBO, D., GALASSI, G., CROVETTO, G. M. 2010. Brown midrib forage sorghum silage for the dairy cow: Nutritive value and comparison with corn silage in the diet. *Italian Journal of Animal Science*. 9(3), e53. <https://doi.org/10.4081/ijas.2010.e53>
- COSTA N. R., ANDREOTTI, M., CRUSCIOL, C. A. C., PARIZ, C. M., LOPES, K. S. M., DE ALMEIDA YOKOBATAKE, K. L., FERREIRA, J. P., DA ROCHA LIMA, C. G., DE SOUZA, D. M. 2016. Effect of intercropped tropical perennial grasses on the production of sorghum-based silage. *Agronomy Journal*. 108(6), 2379–2390. <https://doi.org/10.2134/agronj2016.07.0385>
- COWAN, M., MØLLER, B. L., NORTON, S., KNUDSEN, C., CROCOLL, C., FURTADO, A., HENRY, R., BLOMSTEDT, C., GLEADOW, R. M. 2022. Cyanogenesis in the Sorghum Genus: From Genotype to Phenotype. *Genes*. 13(1), 140. <https://doi.org/10.3390/genes13010140>

- DARUSMAN, Z., YUNUS, Y., ARIP MUNAWAR, A. 2019. Soil Quality Assessment By Near Infrared Spectroscopy: Predicting Ph And Soil Organic Carbon. *International Journal Of Scientific & Technology Research*. 8(10), 2512–2516.
- DVOŘÁČEK, V., PROHASKOVÁ, A., ŠTOČKOVÁ, L. 2014. *Efektivní využití blízké infračervené spektroskopie s Fourierovou transformací pro hodnocení technologických vlastností pšenice*. Metodika pro praxi. Praha. <http://invenio.nusl.cz/record/181038?ln=cs>
- EFSA CONTAM. 2020. Risk assessment of nitrate and nitrite in feed. *EFSA Journal*. 18(11), e06290. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.6290>
- EMENDACK, Y. Y., HAYES, C. M., CHOPRA, R., SANCHEZ, J., BUROW, G., XIN, Z., BURKE, J. J. 2017. Early Seedling Growth Characteristics Relate to the Staygreen Trait and Dhurrin Levels in Sorghum. *Crop Science*. 57(1), 404–415. <https://doi.org/10.2135/cropsci2016.04.0284>
- FARHA, A. K., YANG, Q.-Q., KIM, G., LI, H.-B., ZHU, F., LIU, H.-Y., GAN, R.-Y., CORKE, H. 2020. Tannins as an alternative to antibiotics. *Food Bioscience*. 38, 100751. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100751>
- FERNANDES, T., PAULA, E. M., SULTANA, H., FERRARETTO, L. F. 2020. Short communication: Influence of sorghum cultivar, ensiling storage length, and microbial inoculation on fermentation profile, N fractions, ruminal in situ starch disappearance and aerobic stability of whole-plant sorghum silage. *Animal Feed Science and Technology*. 266, 114535. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114535>
- FLORIT, E., ROMANZIN, A., FOLETTO, V., PIASENTIER, E., CORAZZIN, M. 2025. Sorghum silage and cover crop silage in diets for late-lactation cows: Effects on feed intake, digestibility, feeding behaviour, and milk yield. *Journal of Animal and Feed Sciences*. 34(2), 242–248. <https://doi.org/10.22358/jafs/195584/2025>
- FONSECA, N. V. B., CARDOSO, A. DA S., BAHIA, A. S. R. DE S., MESSANA, J. D., VICENTE, E. F., REIS, R. A. 2023. Additive Tannins in Ruminant Nutrition: An Alternative to Achieve Sustainability in Animal Production. *Sustainability*, 15(5), Article5. <https://doi.org/10.3390/su15054162>
- FOX, G. P., O'DONNELL, N. H., STEWART, P. N., GLEADOW, R. M. 2012. Estimating Hydrogen Cyanide in Forage Sorghum (*Sorghum bicolor*) by Near-Infrared Spectroscopy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 60(24), 6183–6187. <https://doi.org/10.1021/jf205030b>
- GENSA, U. 2019. Review on Cyanide Poisoning in Ruminants. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*. 9(6), 1. <https://doi.org/10.7176/JBAH>
- GIANTIN, S., FRANZIN, A., BRUSA, F., MONTEMURRO, V., BOZZETTA, E., CAPRAI, E., FEDRIZZI, G., GIROLAMI, F., NEBBIA, C. 2024. Overview of Cyanide Poisoning in Cattle from Sorghum halepense and S. bicolor Cultivars in Northwest Italy. *Animals*. 14(5), 743. <https://doi.org/10.3390/ani14050743>

- GILCHRIST, M., WINYARD, P. G., BENJAMIN, N. 2010. Dietary nitrate – Good or bad? *Nitric Oxide*. 22(2), 104–109. <https://doi.org/10.1016/j.niox.2009.10.005>
- GLEADOW, R. M., MØLDRUP, M. E., O'DONNELL, N. H., STUART, P. N. 2012. Drying and processing protocols affect the quantification of cyanogenic glucosides in forage sorghum. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 92(11), 2234–2238. <https://doi.org/10.1002/jsfa.5752>
- GLEADOW, R. M., WOODROW, I. E. 2002. Mini-Review: Constraints on Effectiveness of Cyanogenic Glycosides in Herbivore Defense. *Journal of Chemical Ecology*. 28(7), 1301–1313. <https://doi.org/10.1023/A:1016298100201>
- GRANT, R. J., HADDAD, S. G., MOORE, K. J., PEDERSEN, J. F. 1995. Brown Midrib Sorghum Silage for Midlactation Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. 78(9), 1970–1980. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(95\)76823-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(95)76823-0)
- GONZÁLEZ-MARTÍN, I., HERNÁNDEZ-HIERRO, J. M., REVILLA, I., VIVAR-QUINTANA, A., LOBOS ORTEGA, I. 2011. The mineral composition (Ca, P, Mg, K, Na) in cheeses (cow's, ewe's and goat's) with different ripening times using near infrared spectroscopy with a fibre-optic probe. *Food Chemistry*. 127(1), 147–152. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.12.114>
- GONZÁLEZ-MARTÍN, M. I., ESCUREDO, O., REVILLA, I., VIVAR-QUINTANA, A. M., CARMEN COELLO, M., RIOCERESO, C. P., MONCADA, G. W. 2015. Determination of the mineral composition and toxic element contents of propolis by near infrared spectroscopy. *Sensors (Switzerland)*. 15(11), 27854–27868. <https://doi.org/10.3390/s151127854>
- GRUSS, S. M., GHASTE, M., WIDHALM, J. R., TUINSTRA, M. R. 2022. Seedling growth and fall armyworm feeding preference influenced by dhurrin production in sorghum. *Theoretical and Applied Genetics*. 135(3), 1037–1047. <https://doi.org/10.1007/s00122-021-04017-4>
- GRUSS, S. M., JOHNSON, K. D., GHASTE, M., WIDHALM, J. R., JOHNSON, S. K., HOLMAN, J. D., OBOUR, A., AIKEN, R. M., TUINSTRA, M. R. 2023. Dhurrin stability and hydrogen cyanide release in dried sorghum samples. *Field Crops Research*. 291, 108764. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2022.108764>
- HABYARIMANA, E., LAURETI, D., DE NINNO, M., LORENZONI, C. 2004. Performances of biomass sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] under different water regimes in Mediterranean region. *Industrial Crops and Products*. 20(1), 23–28. ISSN 09266690. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2003.12.019>
- HARTATI, E., KLEDEN, M. M., LESTARI, G. A. Y., JELANTIK, I. G. N., TELUPERE, F. M. S. 2023. Rumen Fermentation Optimization of Kacang Goats Fed Complete Silage-Based Feed Sorghum-Clitoria ternatea with Various Concentrate Levels Contains ZnSO₄ and Zn-Cu Isoleucinate. *International Journal Of Scientific Advances*. 4(1), 32–36. <https://doi.org/10.51542/ijscia.v4i1.8>

- HERBSTTRITT, S., RICHARD, T. L., LENCE, S. H., WU, H., O'BRIEN, P. L., EMMETT, B. D., KASPAR, T. C., KARLEN, D. L., KOHLER, K., MALONE, R. W. 2022. Rye as an Energy Cover Crop: Management, Forage Quality, and Revenue Opportunities for Feed and Bioenergy. *Agriculture*. 12, 1691. <https://doi.org/10.3390/agriculture12101691>
- HERMUTH, J. 2020. Zakládání porostů čiroků a jejich požadavky na prostředí. *Úroda*. 68 (12), 38-40. ISSN: 0139-6013.
- HERMUTH, J., JANOVSÁ, D., STRAŠIL, Z., UŠŤAK, S., HÝSEK, J. 2012. Čirok obecný – *Sorghum bicolor* (L.) MOENCH: možnosti využití v podmínkách České republiky: Metodika pro praxi. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby. ISBN 978-80-7427-093-2.
- HERMUTH, J., KOSOVÁ, K. 2017. Characterization of the first Czech sorghum variety Ruzrok tested in the Czech Republic. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*. 53(1), 37–44. <https://doi.org/10.17221/134/2016-CJGPB>
- HERRERA-SALDANA, R. E., HUBER, J. T., POORE, M. H. 1990. Dry Matter, Crude Protein, and Starch Degradability of Five Cereal Grains. *Journal of Dairy Science*. 73(9), 2386–2393. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(90\)78922-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(90)78922-9)
- HEUZÉ, V., TRAN, G., EDOUARD, N., LEBAS, F. 2017. Maize green forage. *Feedipedia*. INRA, CIRAD, AFZ and FAO. <https://www.feedipedia.org/node/358>
- HRISTOV, A. N., MELGAR, A., WASSON, D., ARNDT, C. 2022. Symposium review: Effective nutritional strategies to mitigate enteric methane in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 105(10), 8543–8557. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21398>
- CHADALAVADA, K., KUMARI, B. D. R., KUMAR, T. S. 2021. Sorghum mitigates climate variability and change on crop yield and quality. *Planta*. 253(5), 113. <https://doi.org/10.1007/s00425-021-03631-2>
- CHENG, B., WU, X. 2006. An modified PLSR method in prediction. *Journal of Data Science*. 4, 257–274. [https://doi.org/10.6339/JDS.2006.04\(3\).285](https://doi.org/10.6339/JDS.2006.04(3).285)
- CHEN, D. 2008. Enhanced efficiency fertilisers for agricultural sustainability and environmental quality in Australia. In: *IFA Crossroads Asia-Pacific*. December 2008, Melbourne, Australia, 12 s.
- ICRISAT. 2025. ICRISAT's Sorghum Scientists' Field Day Highlights Over 13,000 Advanced Breeding Innovations [Media Release]. April 09, 2025 [cit. 2025-12-04]. <https://pressroom.icrisat.org/icrisats-sorghum-scientists-field-day-highlights-over-13000-advanced-breeding-innovations>
- JAYANEGARA, A., LEIBER, F., KREUZER, M. 2012. Meta-analysis of the relationship between dietary tannin level and methane formation in ruminants from in vivo and in vitro experiments. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 96(3), 365–375. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2011.01172.x>

- JÍLEK, F., ŘEHÁK, D., VOLEK, J., ŠTÍPKOVÁ, M., NĚMCOVÁ, E., FIEDLEROVÁ, M., RAJMON, R., ŠVESTKOVÁ, D. 2006. Effect of herd, parity, stage of lactation and milk yield on urea concentration in milk. *Czech Journal of Animal Science*. 51(12), 510–517. <https://doi.org/10.17221/3971-CJAS>
- KACZMAREK, S., MATYSIAK, K., KIERZEK, R. 2013. Reakcja sorga zwyczajnego (*Sorghum bicolor* L. Moench) na wybrane herbicydy stosowane nalistnie. *Fragmenta Agronomica*. 30(1), 62–68.
- KÁRA, J., STRAŠIL, Z., HUTLA, P., UŠŤAK, S. 2005. *Energetické rostliny – Technologie pro pěstování a využití*. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i. 81 s. ISBN 80-86884-06-6.
- KASPAR, C., PARKIN, T. B., JAYNES, D. B., CAMBARDELLA, C. A., MEEK, D. W., JUNG, Y. S. 2006. Examining changes in soil organic carbon with oat and rye cover crops using terrain covariates. *Soil Science Society of America Journal*. 70, 1168–1177. <https://doi.org/10.2136/sssaj2005.0095>
- KASPAR, T. C., RADKE, J. K., LAFLEN, J. M. 2001. Small grain cover crops and wheel traffic effects on infiltration, runoff, and erosion. *Journal of Soil and Water Conservation*. 56, 160–164. <https://doi.org/10.1080/00224561.2001.12457370>
- KHIAOSA-ARD, R., BRYNER, S. F., SCHEEDER, M. R. L., WETTSTEIN, H.-R., LEIBER, F., KREUZER, M., SOLIVA, C. R. 2009. Evidence for the inhibition of the terminal step of ruminal α -linolenic acid biohydrogenation by condensed tannins. *Journal of Dairy Science*. 92(1), 177–188. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1117>
- KHOSRAVI, M., ROUZBEHAN, Y., REZAEI, M., REZAEI, J. 2018. Total replacement of corn silage with sorghum silage improves milk fatty acid profile and antioxidant capacity of Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 101(12), 10953–10961. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14350>
- KOSOVÁ, K., HERMUTH, J. 2018. Pěstování a využití čiroku v Severní Americe. In: *Agromanual.cz* [online]. České Budějovice, 2020. [cit. 2023-04-19]. <https://www.agromanual.cz/cz/index.php?page=clanky%2Ftechnologie%2Fpestovani-a-vyuziti-ciroku-v-severni-americe&fbclid=IwAR2KeNwrUeME1LGMkch2FfqIryKwAohiKejSohz5Omx8lh8KSVqdBw6Li7I>
- KRUEGER, E. S., OCHSNER, T. E., PORTER, P. M., BAKER, J. M. 2011. Winter Rye Cover Crop Management Influences on Soil Water, Soil Nitrate, and Corn Development. *Agronomy Journal*. 103, 316–323. <https://doi.org/10.2134/agronj2010.0327>
- LAIDLAW, H. K. C., MACE, E. S., WILLIAMS, S. B., SAKREWSKI, K., MUDGE, A. M., PRENTIS, P. J., JORDAN, D. R., GODWIN, I. D. 2010. Allelic variation of the β -, γ - and δ -kafirin genes in diverse *Sorghum* genotypes. *Theoretical and Applied Genetics*. 121(7), 1227–1237. <https://doi.org/10.1007/s00122-010-1383-9>
- LATHAM, E. A., ANDERSON, R. C., PINCHAK, W. E., NISBET, D. J. 2016. Insights on Alterations to the Rumen Ecosystem by Nitrate and Nitrocompounds. *Frontiers in Microbiology*, 7. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00228>

- LAUER, J. 2013. Brown midrib (BMR) hybridy kukuřice ve výživě dojníc. In: *Hodnocení krmiv pro dojnice*. Pohořelice: AgroDigest s.r.o., s. 246-255. ISBN 978-80-260-2514-6
- LI, Yuan *et al.* 2015. Dynamic expression of the nutritive values in forage sorghum populations associated with white, green and brown midrib genotypes. *Field Crops Research*. 184, 112-122. ISSN 03784290. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.09.008>
- LOUČKA, R., HOMOLKA, P. 2013. Silážování čiroku. In: *Hodnocení krmiv pro dojnice*. Pohořelice: AgroDigest s.r.o., s. 350-354. ISBN 978-80-260-2514-6.
- LV, X., CHEN, L., ZHOU, C., ZHANG, G., XIE, J., KANG, J., TAN, Z., TANG, S., KONG, Z., LIU, Z., DU, Z. 2023. Application of different proportions of sweet sorghum silage as a substitute for corn silage in dairy cows. *Food Science & Nutrition*. 11(6), 3575-3587. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3347>
- MAKKAR, H. P. S. 2003. Effects and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. *Small Ruminant Research*. 49(3), 241-256. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(03\)00142-1](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(03)00142-1)
- MALÝ, P., KŘÍŽOVÁ, L., DADÁKOVÁ, K., KAŠPAROVSKÝ, T. 2024. Effect of Sorghum Silage in Diet of Dairy Cows on Eighteen-Carbon Fatty Acids in Milk Fat. In: NOVOTNÝ, J., ŘIHÁČEK, M., ŠTASTNÍK, O. (Eds.). *NutriNet 2024*. Brno: Mendel University in Brno. p. 136-151. ISBN 978-80-7509-994-5. <https://doi.org/10.11118/978-80-7509-994-5-0136>
- MCALLISTER, T. A., RODE, L. M., MAJOR, D. J., CHENG, K.-J., BUCHANAN-SMITH, J. G. 1990. Effect of ruminal microbial colonization on cereal grain digestion. *Canadian Journal of Animal Science*. 70(2), 571-579. <https://doi.org/10.4141/cjas90-069>
- MCCARY, C. L., VYAS, D., FACIOLA, A. P., FERRARETTO, L. F. 2020. Graduate Student Literature Review: Current perspectives on whole-plant sorghum silage production and utilization by lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 103(6), 5783-5790. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-18122>
- MENŠÍK, L. 2023. Možnosti pěstování odrůd bėru italského v oblasti boskovické brázdy (Malé Hané): Příklad provozního pokusu ve společnosti AGROSPOL Knínice, a.d. In: HERMUTH, J. *et al.* *Pěstební technologie a praktické využití českých vyšlechtěných odrůd bėru italského*. Ověřená technologie (Ztech). Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., s. 12-15. ISBN 978-80-7427-387-2
- MENŠÍK, L., NERUŠIL, P. 2023. Výzkum na VS Jevíčko, VÚRV, v.v.i. v oblasti Boskovické brázdy /minulost, současnost. In: MENŠÍK, L., NERUŠIL, P. *Historie, současnost a budoucnost pícninářství a půdního výzkumu na Výzkumné stanici Jevíčko, VÚRV, v.v.i.* Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha – Ruzyně, s. 9. ISBN 978-80-7427-427-5

- MENŠÍK, L., NERUŠIL, P., HERMUTH, J., MENŠÍK, L., PODRÁBSKÝ, M. 2022. Čirok a bér pro výrobu objemných krmiv. *Krmivářství*. 26(2), 24–26. ISSN 1212-9992
- MILOŠ, L. 2025. *Poloprovozní vyhodnocení rozdílných technologií pěstování čiroku na výnos a kvalitu siláže*. Diplomová práce. Brno: Mendelova univerzita v Brně.
- MIRAHKI, I., ARDAKANI, M. R., GOLZARDI, F., PAKNEJAD, F., MAHROKH, A., FARAJI, S. 2023. Yield, Water Use Efficiency and Silage Feeding Value of Sorghum Cultivars as Affected by Planting Date and Planting Method. *Gesunde Pflanzen*. 75, 1963–1973. <https://doi.org/10.1007/s10343-022-00822-z>
- MIRON, J., ZUCKERMAN, E., ADIN, G., SOLOMON, R., SHOSHANI, E., NIKBACHAT, M., YOSEF, E., ZENOU, A., WEINBERG, Z. G., CHEN, Y., HALACHMI, I., BEN-GHEDALIA, D. 2007. Comparison of two forage sorghum varieties with corn and the effect of feeding their silages on eating behavior and lactation performance of dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*. 139(1), 23–39. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.01.011>
- MIRON, J., ZUCKERMAN, E., SADEH, D., ADIN, G., NIKBACHAT, M., YOSEF, E., BEN-GHEDALIA, D., CARMİ, A., KIPNIS, T., SOLOMON, A. R. 2005. Yield, composition and in vitro digestibility of new forage sorghum varieties and their ensilage characteristics. *Animal Feed Science and Technology*. 120(1), 17–32. ISSN 0377-8401. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.01.008>
- MITRÍK, T. 2018. *Silážovanie*. Spišská Nová Ves: FEED LAB, s.r.o. 287 s. ISBN 978-80-969658-2-3
- MOURA, M. M. A., PIRES, D. A. D. A., COSTA, R. F., TOLENTINO D. C., RIGUEIRA J. P. S., DE SALES E. C. J. 2017. Nutritional value of sorghum silages. *Acta Sci*. 39(2), 137–142. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v39i1.32677>
- MUELLER-HARVEY, I., BEE, G., DOHME-MEIER, F., HOSTE, H., KARONEN, M., KÖLLIKER, R., LÜSCHER, A., NIDERKORN, V., PELLIKAAN, W. F., SALMINEN, J.-P., SKØT, L., SMITH, L. M. J., THAMSBORG, S. M., TOTTERDELL, P., WILKINSON, I., WILLIAMS, A. R., AZUHNWI, B. N., BAERT, N., BRINKHAUS, A. G., ... WAGHORN, G. C. 2019. Benefits of Condensed Tannins in Forage Legumes Fed to Ruminants: Importance of Structure, Concentration, and Diet Composition. *Crop Science*. 59(3), 861–885. <https://doi.org/10.2135/cropsci2017.06.0369>
- MUSELÍK, J. 2012. Aplikace blízké infračervené spektroskopie ve farmaceutické analýze. *Chemické Listy*. 106, 10–15.
- NÆSSET, E., BOLLANDSÅS, O. M., GOBAKKEN, T. 2005. Comparing regression methods in estimation of biophysical properties of forest stands from two different inventories using laser scanner data. *Remote Sensing of Environment*. 94(4), 541–553. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.11.010>
- NAHRSTEDT, A., ROCKENBACH, J. 1993. Occurrence of the cyanogenic glucoside prunasin and II corresponding mandelic acid amide glucoside in *Olinia* species (olinaceae). *Phytochemistry*. 34(2), 433–436. [https://doi.org/10.1016/0031-9422\(93\)80024-M](https://doi.org/10.1016/0031-9422(93)80024-M)

- NASCIMENTO, W. G., PRADO, I. N., JOBIM, C. C., EMILE, J. C., SURAUULT, F., HUYGHE, C. 2008. Valor alimentício das silagens de milho e de sorgo e sua influência no desempenho de vacas leiteiras. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 37, 896–904. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982008000500018>
- NAWAR, S., MOHAMED, E. S., ESSAM-ELDEEN SAYED, S., MOHAMED, W. S., REBOUH, N. Y., HAMMAM, A. A. 2023. Estimation of key potentially toxic elements in arid agricultural soils using Vis-NIR spectroscopy with variable selection and PLSR algorithms. *Frontiers in Environmental Science*. 11. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1222871>
- NAZLI, R. I., POLAT, M. 2024. Agronomic Practices for Sorghum Production. In: *Omics and Biotechnological Approaches for Product Profile-Driven Sorghum Improvement*. Singapore: Springer Nature Singapore; p. 21–53. https://doi.org/10.1007/978-981-97-4347-6_2
- NETO, A. B., DOS REIS, R. H. P., CABRAL, L. D. S., DE ABREU, J. G., DE PAULA SOUSA, D., PEDREIRA, B. C., MOMBACH, M. A., BALBINOT, E., DE CARVALHO, P., DA SILVA CARVALHO, A. P. 2017. Fermentation characteristics of different purposes sorghum silage. *Semina: Ciências Agrárias*. 38(4), 2607–2618. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n4Supl1p2607>
- OECD. 2017. Sorghum (Sorghum bicolor). In: *Safety Assessment of Transgenic Organisms in the Environment*. OECD Consensus Documents. Report. Vol. 7. Paris: OECD Publishing, pp. 29–68. [Accessed: 2023-02-19] <https://doi.org/10.1787/9789264279728-5-en>
- OLIVER, A. L., GRANT, R. J., PEDERSEN, J. F., O'REAR, J. 2004. Comparison of Brown Midrib-6 and -18 Forage Sorghum with Conventional Sorghum and Corn Silage in Diets of Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. 87(3), 637–644. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73206-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73206-3)
- OLIVER, A. L., PEDERSEN, J. F., GRANT, R. J., KLOPFENSTEIN, T. J. 2005. Comparative Effects of the Sorghum bmr-6 and bmr-12 Genes: I. Forage Sorghum Yield and Quality. *Crop Science*. 45(6), 2234–2239. <https://doi.org/10.2135/cropsci2004.0644>
- OTERO, A., SEGURA, C., TEY, L., MASFERRER, G., COMAPOSADA, J., FERNÁNDEZ, B. 2023. Near infrared spectroscopy for fast characterization of animal by products feedstocks for biogas production: Calibration of a handheld device. *Biomass Bioenergy*. 169, 106691. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2022.106691>
- OUMA, L. A., CHERUIYOT, E. K., OGENDO, J. O. 2023. Biosynthesis and Role of Dhurrin in Forage Sorghum. *Reviews in Agricultural Science*. 11, 259–270. https://doi.org/10.7831/ras.11.0_259
- OWEN, F. G. 1967. Factors Affecting Nutritive Value of Corn and Sorghum Silage. *Journal of Dairy Science*. 50(3), 404–416. ISSN 00220302. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(67\)87435-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(67)87435-6)

- OWEN, J. R., MILES, J. T., COWSERT, W. C., LUSK, J. W., CUSTER, E. W., CARDWELL, J. T. 1957. Feeding Value of Corn and Sorghum Silage for Milk Production. *Journal of Dairy Science*. 40(12), 1554–1558. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(57\)94677-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(57)94677-5)
- PASQUINI, C. 2018. Near infrared spectroscopy: A mature analytical technique with new perspectives – A review. *Analytica Chimica Acta*. 1026:8–36. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2018.04.004>
- PAZDERA, J., VARGA, L., DUCSAY, L. 2023a. Interannual effect of digestate fertilization on yields and quality of winter rye forage. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 71(3), 131–140. ISSN 2464-8310. <https://doi.org/10.11118/actaun.2023.009>
- PAZDERA, J., VARGA, L., DUCSAY, L., SITKEY, J., HEJDUK, S., DOLEŽAL, P., ZEMAN, L., NEUGSCHWANDTNER, R., MIERZWA-HERSZTEK, M. 2023b. Effect of different fertilizers and no-till versus strip-till on silage maize yield in dual cropping system. *Acta fytotechnica et zootechnica*. 26(4), 438–444. ISSN 1336-9245. <https://doi.org/10.15414/afz.2023.26.04.438-444>
- PENNISI, E. 2009. How Sorghum Withstands Heat and Drought. *Science* (1979). 323(5914), 573–573. <https://doi.org/10.1126/science.323.5914.573>
- PETŘÍKOVÁ, V., WEGER, J. 2015. Pěstování rostlin pro energetické a technické využití: biomasa, bioplyn, krmiva. Praha: Profi Press. ISBN 978-80-86726-69-4.
- PIČMANOVÁ, M., NEILSON, E. H., MOTAWIA, M. S., OLSEN, C. E., AGERBIRK, N., GRAY, C. J., FLITSCH, S., MEIER, S., SILVESTRO, D., JØRGENSEN, K., SÁNCHEZ-PÉREZ, R., MØLLER, B. L., BJARNHOLT, N. 2015. A recycling pathway for cyanogenic glycosides evidenced by the comparative metabolic profiling in three cyanogenic plant species. *Biochemical Journal*. 469(3), 375–389. <https://doi.org/10.1042/BJ20150390>
- PODRÁBSKÝ, M. 2010. Hybridy čiroku cukrového se súdánskou trávou. *Agrární obzor*. 8(5), 12–14. ISSN 1214-1291
- PODRÁBSKÝ, M. 2017. Pěstování a využití čiroků se liší podle typu. *Agromanuál*. 12(1), 73. ISSN 1801-7673
- PRAŽÁK, R. 2016. Prospects for Sorghum cultivation in Poland. *Acta Agrobotanica*. 69(2), 1661. <http://dx.doi.org/10.5586/aa.1661>
- RAMOS, J. C. P., JÚNIOR, V. R. R., MONÇÃO, F. P., DA COSTA PARRELA, R. A., CAXITO, A. M., CORDEIRO, M. W. S., DA HORA, F. F., DE ASSIS PIRES D. A. 2021. Effect of replacing forage sorghum silage with biomass sorghum silage in diets for F1 Holstein × Zebu lactating cows. *Tropical Animal Health and Production*. 53(1), 99. <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02503-3>
- RAN, T., TANG, S. X., YU, X., HOU, Z. P., HOU, F. J., BEAUCHEMIN, K. A., YANG, W. Z., WU, D. Q. 2021. Diets varying in ratio of sweet sorghum silage to corn silage for lactating dairy cows: Feed intake, milk production, blood biochemistry, ruminal

- fermentation, and ruminal microbial community. *Journal of Dairy Science*. 104(12), 12600–12615. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20408>
- REDDY, Y. R., BLÜMMEL, M. 2020. Options for Enhancing Sorghum Forage Utilization in Ruminants. In: TONAPI, V. A., TALWAR, H. S., ARE, A. K., BHAT, B. V., REDDY, C. R., DALTON, T. J. (Eds.). *Sorghum in the 21st Century: Food – Fodder – Feed – Fuel for a Rapidly Changing World*. Springer, pp. 667–686. https://doi.org/10.1007/978-981-15-8249-3_26
- RODRIGUES, H. M., PINEDO, L. A., MEYER, P. M., DA SILVA, T. H., GUIMARÃES, I. C. S. B. 2020. Sorghum silage quality as determined by chemical-nutritional factors. *Grass and Forage Science*. 75(4), 462–473. ISSN 1365-2494. <https://doi.org/10.1111/gfs.12495>
- RODRIGUES, R. C. L. B., GREEN RODRIGUES, B., VIEIRA CANETTIERI, E., ACOSTA MARTINEZ, E., PALLADINO, F., WISNIEWSKI, A., RODRIGUES, D. 2022. Comprehensive approach of methods for microstructural analysis and analytical tools in lignocellulosic biomass assessment – A review. *Bioresource Technology*. 348(December 2021), 126627. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.126627>
- ROSATI, V. C., BLOMSTEDT, C. K., MØLLER, B. L., GARNETT, T., GLEADOW, R. 2019. The Interplay Between Water Limitation, Dhurrin, and Nitrate in the Low-Cyanogenic Sorghum Mutant adult cyanide deficient class 1. *Frontiers in Plant Science*. 10. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01458>
- RŮŽEK, P., PIŠANOVÁ, J. 2007. Možnosti usměrnění přeměn N v půdě s využitím inhibitorů ureasy a nitrifikace. In: *Racionální použití hnojiv. Sborník 13. mezinárodní konference zaměřené na problematiku současných trendů hnojení dusíkem*. ČZU Praha, s. 35-37.
- RŮŽEK, P., MÜHLBACHOVÁ, G., SVOBODA, P. 2006. Nové postupy při aplikaci dusíkatých minerálních hnojiv. pp. 15–20. In: RŮŽEK, P., PIŠANOVÁ, J. *Nové trendy z používání dusíkatých hnojiv. Sborník příspěvků z konference*. VÚRV Praha-Ruzyně, MZLU Brno, AGRA GROUP a.s., 47 s.
- SÁNCHEZ-DUARTE, J. I., KALSCHUR, K. F., GARCÍA, A. D., CONTRERAS-GOVEA, F. E. 2019. Short communication: Meta-analysis of dairy cows fed conventional sorghum or corn silages compared with brown midrib sorghum silage. *Journal of Dairy Science*. 102(1), 419–425. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14552>
- SATTLER, S. E., SAATHOFF, A. J., HAAS, E. J., PALMER, N. A., FUNNELL-HARRIS, D. L., SARATH, G., PEDERSEN, J. F. 2009. A Nonsense mutation in a cinnamyl alcohol dehydrogenase gene is responsible for the sorghum brown midrib6 phenotype1. *Plant Physiology*. 150(2), 584–595. <https://doi.org/10.1104/pp.109.136408>
- SABERTANHA, E., ROUZBEHAN, Y., FAZAEI, H., REZAEI, J. 2021. Nutritive value of sorghum silage for sheep. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition (Berl)*. 105(6), 1034–1045. <https://doi.org/10.1111/jpn.13548>

- SAMADI, WAJIZAH, S., MUNAWAR, A. A. 2020. Near infrared spectroscopy (NIRS) data analysis for a rapid and simultaneous prediction of feed nutritive parameters. *Data Brief.* 29, 105211. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2020.105211>
- SELLE, P. H., CADOGAN, D. J., LI, X., BRYDEN, W. L. 2010. Implications of sorghum in broiler chicken nutrition. *Animal Feed Science and Technology.* 156(3), 57–74. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.01.004>
- SHARMA, K., KUMAR, V., KAUR, J., TANWAR, B., GOYAL, A., SHARMA, R., GAT, Y., KUMAR, A. 2021. Health effects, sources, utilization and safety of tannins: A critical review. *Toxin Reviews.* 40(4), 432–444. <https://doi.org/10.1080/15569543.2019.1662813>
- SHI, R., DONG, S., MAO, J., WANG, J., CAO, Z., WANG, Y., LI, S., ZHAO, G. 2023. Feeding Behavior , Rumen Fermentation , and Production Performance during the Period of Peak-Lactation. *Animals.* 13, 2876. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/ani13182876>
- SJAUNJA, L. O., BAEVRE, L., JUNKKARINEN, L., PEDERSEN, J., SETALA, J. 1991. *A Nordic proposal for an energy corrected milk (ECM) formula.* Performance recording of animals: State of the art 1990. EAAP Publication 50, pp.156–157, 192
- SMITH, C. W., FREDERIKSEN, R. A. 2000. *Sorghum: Origin, History, Technology, and Production.* John Wiley & Sons. <https://books.google.cz/books?id=b7vxU44v794C>
- SMITH, ZOETENDAL, E., MACKIE, R. I. 2005. Bacterial Mechanisms to Overcome Inhibitory Effects of Dietary Tannins. *Microbial Ecology.* 50(2), 197–205. <https://doi.org/10.1007/s00248-004-0180-x>
- SZABÓ, A., SIPHIWE, N. G., BUDAY-BÓDI, E., ADEMOLA, B., TAMÁS, J., NAGY, A. 2025. Evaluation of ground based spectral imaging for real time maize biomass monitoring. *Frontiers in Plant Science.* 16. <https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1566305>
- THAPA, S., STEWART, B. A., XUE, Q. 2017. Grain sorghum transpiration efficiency at different growth stages. *Plant, Soil and Environment.* 63(2), 70–75. <https://doi.org/10.17221/796/2016-PSE>
- THAYER, S. S., CONN, E. E. 1981. Subcellular Localization of Dhurrin β -Glucosidase and Hydroxynitrile Lyase in the Mesophyll Cells of Sorghum Leaf Blades 1. *Plant Physiology.* 67(4), 617–622. <https://doi.org/10.1104/pp.67.4.617>
- ÚKZÚZ. 2025. Seznam doporučených odrůd 2025. *Věstník Ústředního Kontrolního a Zkušebního Ústavu Zemědělského.* Ročník XXIV. [cit. 2025-12-04] <https://ukzuz.gov.cz/public/portal/ukzuz/-q461333---C0HNI0j6/seznam-odrud-2020?linka=a663738>
- WATSON, C. 2005. *Urease Inhibitors.* IFA International Workshop on Enhanced-Efficiency Fertilizers. 16 s.
- WEGER, J., STRÁŠIL, Z., HONZÍK, R., BUBENÍK, J. 2012. *Možnosti pěstování biomasy jako energetického zdroje v Ústeckém kraji.* Průhonice: Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví. ISBN 978-80-85116-66-3.

- WAY, J. L. 1984. Cyanide Intoxication and its Mechanism of Antagonism. *Annual Review of Pharmacology and Toxicology*. 24(Volume 24, 1984), 451–481. <https://doi.org/10.1146/annurev.pa.24.040184.002315>
- WIDODO, S., INDRIATAMA, W. M., ANGGRAENY, Y. N., SHOLIKIN, M. M., JAYANEGARA, A., WAHYONO, T. 2025. Forage biomass and nutrient quality in brown midrib (BMR) compared to conventional sorghum: A meta-analysis approach. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*. 12(1), 157–168. <https://doi.org/10.5455/javar.2025.l883>
- WILLIAMS, P. 2014. The RPD Statistic: A Tutorial Note. *NIR news*. 25(1):22–26. <https://doi.org/10.1255/nirn.1419>
- WILLIAMS, P. C., SOBERING, D. C. 1993. Comparison of Commercial near Infrared Transmittance and Reflectance Instruments for Analysis of Whole Grains and Seeds. *J Near Infrared Spectrosc*. 1(1), 25–32. <https://doi.org/10.1255/jnirs.3>
- WU, P., FU, X., WANG, H., HOU, M., SHANG, Z. 2021. Effect of Silage Diet (Sweet Sorghum vs. Whole-Crop Corn) and Breed on Growth Performance, Carcass Traits, and Meat Quality of Lambs. *Animals*. 11(11), 3120. <https://doi.org/10.3390/ani11113120>
- YADAV, M., SINGH, I. K., SINGH, A. 2023. Dhurrin: A naturally occurring phytochemical as a weapon against insect herbivores. *Phytochemistry*. 205, 113483. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2022.113483>
- YANG, Y., FERREIRA, G., CORL, B. A., CAMPBELL, B. T. 2019. Production performance, nutrient digestibility, and milk fatty acid profile of lactating dairy cows fed corn silage- or sorghum silage-based diets with and without xylanase supplementation. *Journal of Dairy Science*. 102(3), 2266–2274. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15801>
- YANG, Z., NIE, G., PAN, L., ZHANG, Y., HUANG, L., MA, X., ZHANG, X. 2017. Development and validation of near-infrared spectroscopy for the prediction of forage quality parameters in *Lolium multiflorum*. *PeerJ*. 5, e3867. <https://doi.org/10.7717/peerj.386>
- YANZA, Y. R., FITRI, A., SUWIGNYO, B., ELFAHMI, HIDAYATIK, N., KUMALASARI, N. R., IRAWAN, A., JAYANEGARA, A. 2021. The Utilisation of Tannin Extract as a Dietary Additive in Ruminant Nutrition: A Meta-Analysis. *Animals*. 11(11), 11. <https://doi.org/10.3390/ani11113317>
- YUNUS, Y., DEVIANTI, SATRIYO, P., MUNAWAR, A. A. 2019. Rapid Prediction of Soil Quality Indices Using Near Infrared Spectroscopy. In: *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*. Vol. 365. Institute of Physics Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/365/1/012043>
- YE, J. Y., TIAN, W. H., JIN, C. W. 2022. Nitrogen in plants: From nutrition to the modulation of abiotic stress adaptation. *Stress Biology*. 2(1), 4. <https://doi.org/10.1007/s44154-021-00030-1>

- ZHANG, S., WANG, J., LU, S., CHAUDHRY, A. S., TARLA, D., KHANAKI, H., RAJA, I. H., SHAN, A. 2024. Effects of Sweet and Forge Sorghum Silages Compared to Maize Silage without Additional Grain Supplement on Lactation Performance and Digestibility of Lactating Dairy Cows. *Animals*. 14(11), 1702. <https://doi.org/10.3390/ani14111702>
- ZHANG, K., ZHOU, L., BRADY, M., XU, F., YU, J., WANG, D. 2017. Fast analysis of high heating value and elemental compositions of sorghum biomass using near-infrared spectroscopy. *Energy*. 118:1353–1360. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.11.015>
- ZHENG, H. *et al.* 2024. Molecular mechanisms of stress resistance in sorghum: Implications for crop improvement strategies. *Journal of Integrative Agriculture*. 23(3), 741-768. ISSN 20953119. <https://doi.org/10.1016/j.jia.2023.12.023>
- ZHU, L., WANG, D., SUN, J., MU, Y., PU, W., MA, B., REN, F., YAN, W., ZHANG, Z., LI, G. *et al.* 2019. Phenotypic and proteomic characteristics of sorghum (*Sorghum bicolor*) albino lethal mutant *sbe6-a1*. *Plant Physiology and Biochemistry*. 139, 400–410. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2019.04.001>

SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE

Článek v odborném časopise (J)

- HERMUTH, J. 2022. Odrůdy čiroku a bérů pro praktické využití. *Vesmír*. 101(1), 39. ISSN 1214-4029
- HERMUTH, J. 2024. Odrůdy čiroku a bérů pro praktické využití v zemědělství a potravinářství. *Selská revue*. 4, 22–23.
- HERMUTH, J., SALAVA, J. 2024. Potenciál odrůdy čiroku Ruzrok pro zelené biofumigační hnojení. *Selská revue*. 19(5), 18–19. ISSN 2533-3607
- MENŠÍK, L., NERUŠIL, P., HERMUTH, J., MENŠÍK, L., PODRÁBSKÝ, M. 2022. Čirok a bér pro výrobu objemných krmiv. *Krmivářství*. 26(2), 24–26. ISSN 1212-9992. https://www.vurv.cz/wp-content/uploads/2022/04/Krm_02_22_24-28_pok.pdf
- SALAVA, J., HERMUTH, J. 2024. Obsah durinu a výnos biomasy odrůd čiroku během růstu. *Úroda*. 4, 26.
- PORČOVÁ, L., FRANTOVÁ, N., RÁBEK, M., JOVANOVIČ, I., SMUTNÝ, V., ŘIHÁČEK, M., MRKVICOVÁ, E. 2025. Yield Potential of Silage Sorghum: Cultivar Differences in Biomass Production, Plant Height, and Tillering Under Contrasting Soil Conditions in Central Europe. *Agronomy*. 15(10), 2352. <https://doi.org/10.3390/agronomy15102352>

Ověřená technologie (Ztech)

- MENŠÍK, L. ml., NERUŠIL P., MRKVICOVÁ E., HERMUTH J., HLISNIKOVSÝ L., KUNZOVÁ E., PLISKOVÁ J., ŠTROBACH J., SMUTNÝ V., KŘÍŽOVÁ L., JAMBOR V., ŠTASTNÍK O., PAVLATA L., KAŠPAROVSKÝ T., PFEFR L., BENEŠOVÁ V., MENŠÍK L. st. 2024. *Pěstování čiroku v systému dvou sečí pro využití ve výživě dojníc*. Ověřená technologie (VURV-OT02/2024). Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i. – VS Jevíčko, 27 s.

Příspěvky / Abstrakty ve sborníku s ISBN

- DOLEŽAL, P., MRKVICOVÁ, E., ŠTASTNÍK, O., PAVLATA, L., ŘIHÁČEK, M., NOVOTNÝ, J., KOLEČKÁŘ, J., FILIPČÍKOVÁ, J. 2023. Využití čirokové siláže ve výživě dojníc. In: *Mezinárodní vědecká konference Lazarove dni výživy a veterinární dietetiky XV*. Košice. 7. – 8. september 2023. Univerzita veterinárskeho lekárstva a farmácie v Košiciach, s. 19–23. ISBN 978-80-8077-797-5.
- MALÝ, P., KŘÍŽOVÁ, L., DADÁKOVÁ, K., KAŠPAROVSKÝ, T. 2024. Effect of sorghum silage in diet of dairy cows on eighteen-carbon fatty acids in milk fat. Online. In: NOVOTNÝ, J., ŘIHÁČEK, M., ŠTASTNÍK, O. *NutriNET 2024, Proceedings of reviewed scientific papers*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2024, s. 136–151. ISBN 978-80-7509-994-5. <https://dx.doi.org/10.11118/978-80-7509-994-5-0136>

- MALÝ, P., KŘÍŽOVÁ, L., DADÁKOVÁ, K., KAŠPAROVSKÝ, T. 2025. The effect of sorghum silage in dairy diets on dietary and milk fatty acid profile and milk lipid quality indicators – preliminary results. In: *32nd International Conference MendelNet 2025*. Mendel University in Brno, pp. 36. ISBN 978-80-7701-074-0. <https://doi.org/10.11118/978-80-7701-074-0>
- MALÝ, P., KŘÍŽOVÁ, L., DADÁKOVÁ, K., KAŠPAROVSKÝ, T., FARKOVÁ, V. 2024. The application of gas chromatography for the evaluation of technological and health indicators of bovine milk fat after dietary changes. In: *31st International Conference MendelNet 2024*. Mendel University in Brno. ISBN 978-80-7701-007-8. <https://dx.doi.org/10.11118/978-80-7701-007-8>
- MENŠÍK, L., MRKVICOVÁ, E., PAVLATA, L., NERUŠIL, P., PLISKOVÁ, J., SMUTNÝ, V., ŠTASTNÍK, O., ŘIHÁČEK, M., DOLEŽAL, P., JAMBOR, V. 2023. Development of calibration equations for monitoring the quality of sorghum forage. In: *19th International Symposium Forage Conservation*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, pp. 88–89. ISBN 978-80-7509-919-8
- MENŠÍK, L., NERUŠIL, P. 2023. Výzkum na VS Jevíčko, VÚRV, v.v.i. v oblasti Boskovické brázdy /minulost, současnost. In: MENŠÍK, L., NERUŠIL, P. *Historie, současnost a budoucnost pícninářství a půdního výzkumu na Výzkumné stanici Jevíčko, VÚRV, v.v.i.*, Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., s. 9. ISBN 978-80-7427-427-5
- Hermuth, J., Menšík, L., Hlisnikovský, L., Podrábský, M., Menšík, L. 2019. The potential of Sorghum cultivar "Ruzrok" for production of biomass in the Czech Republic. In: *18th International Symposium Forage Conservation*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, p. 64. ISBN 978-80-7509-670-8

Konference, Workshop (M, W, D)

- HERMUTH, J., PODRÁBSKÝ, M. 2025. *Polní den čiroků*. CARC v.v.i., Ivanovice na Hané, 25. 9. 2025 (CZ)
- MENŠÍK, L. a kol. 2025. *Polní den kukuřice, čiroku a víceletých pícnin*. Paměťice, 25. 6. 2025 (CZ)
- SMUTNÝ, V., RÁBEK, M. 2025. *MENDEL-INFO (2025), Pěstování čiroku a jeho využití ve výživě přežvýkavců*. Žabčice, 5. 2. 2025, (CZ)
- HERMUTH, J., HUDEC, S., PODRÁBSKÝ, M., MENŠÍK, L. 2024. *Polní den čiroků*. VÚRV, v.v.i., Ivanovice na Hané, 17. 09. 2024, (CZ). <https://www.vurv.cz/2024/09/04/polni-den-ciroku-ivanovice-na-hane-17-9-2024/>
- MENŠÍK, L. ml., KINCL, D., MRKVICOVÁ, E., NERUŠIL, P., SMUTNÝ, V., SRBEK, J., ŠEDEK, A., MENŠÍK, L. st. 2024. *Polní den kukuřice a čiroku*. AGROSPOL, a.d. Knínice, obec Paměťice (Kulturní dům), okres Blansko. 27. 06. 2024, (CZ).
- HERMUTH, J., PODRÁBSKÝ, M. 2023. *Polní den čiroků*. Ivanovice na Hané, VÚRV, v.v.i., 13. 09. 2023, (CZ). <https://www.vurv.cz/2023/09/08/polni-den-cirok-na-hane-ivanovice-n-h-27-9-2023/>

- JAMBOR, V., LOUČKA, R., MENŠÍK, L. 2024. *S Precizní hodnocení objemných krmiv – základ ekonomické výroby mléka*. Hotel Termal Pasohlávky, 22. 02. 2024, (CZ) <https://www.nutrivet.cz/nutrivet/akce/31.pdf>
- JAMBOR, V., PAVLATA, L., DOLEŽAL, P., SKLÁDANKA, J., ŽITŇAN, R., RAJČÁKOVÁ, L., HOMOLKA, P., LOUČKA, R., NEDĚLNÍK, J., MENŠÍK, L. 2023. *International Symposium Forage Conservation*. Brno: Augustiniánského opatství, 25. – 27. 04. 2023, (CZ). <https://www.isfc.eu/>
- JAMBOR, V., LOUČKA, R., MENŠÍK, L. 2023. *Seminář k aktuálním problémům výroby konzervovaných krmiv, její hodnocení a uplatnění ve výživě skotu, zejména v návaznosti na precizní zemědělství*. Hotel Termal Pasohlávky, 02. 02. 2023, (CZ) <https://www.nutrivet.cz/nutrivet/akce/30.pdf>
- KŘÍŽOVÁ, L., MRKVICOVÁ, E., MENŠÍK, L., DOLEŽAL, P., PAVLATA, L., ŠTASTNÍK, O., HAUPTMANOVÁ, K., ŘIHÁČEK, M., NOVOTNÝ, J., KAŠPAROVSKÝ, T. 2023. *Využití širokových siláží ve výživě dojníc – předběžné výsledky*. MendelsUN 2023, Polní den konaný v Žabčicích, 7. 9. 2023

Přednášky pro praxi

- MENŠÍK, L., MRKVICOVÁ, E., KŘÍŽOVÁ, L., MENŠÍK, L. st., JAMBOR, V., NERUŠIL, P., SMUTNÝ, V., HERMUTH, J. 2024. *Pěstování čiroku pro pícní využití (dvě seče / rok) v oblasti Malé Hané*. Zemědělský seminář Humpolec, Rodinný pivovar Bernard, 23. 10. 2024. https://www.vpagro.cz/_dokumenty/278202417474750/vpagro-finalni-humpolec.pdf
- MENŠÍK, L., MRKVICOVÁ, E., KŘÍŽOVÁ, L., MENŠÍK, L. st., JAMBOR, V., NERUŠIL, P., SMUTNÝ, V., HERMUTH, J. 2024. *Zkušenosti s odrůdou Ruzrok v oblasti Boskovické brázdy*. Polní den čiroků, Velké Opatovice, 24. 09. 2024. <https://seedservice.cz/novinky/polni-den-ciroku-1>
- MENŠÍK, L., MRKVICOVÁ, E., KŘÍŽOVÁ, L., MENŠÍK, L. st., JAMBOR, V., NERUŠIL, P., SMUTNÝ, V., HERMUTH, J. 2024. *Zkušenosti s odrůdou Ruzrok v oblasti Boskovické brázdy*. Polní den čiroků, Ivanovice na Hané, 17. 09. 2024. <https://www.vurv.cz/2024/09/04/polni-den-ciroku-ivanovice-na-hane-17-9-2024/>
- MENŠÍK, L., NERUŠIL, P. 2024. *Nové technologie pěstování silážní kukuřice a čiroku pro výživu skotu*. Přednáška na semináři: „Precizní hodnocení objemných krmiv – základ ekonomické výroby mléka“. Pasohlávky, 22. 02. 2024. https://www.nutrivet.cz/nutrivet/posledni_akce/SE_Musov_2024_Mensik_Nerusil.pdf
- MENŠÍK, L., NERUŠIL, P., PLISOVÁ, J., HERMUTH, J., KŘÍŽOVÁ, L., MRKVICOVÁ, E., JAMBOR, V. 2023. *Pěstování trav a čiroku ke krmení dojníc*. Přednáška na semináři k aktuálním problémům výroby konzervovaných krmiv, jejich hodnocení a uplatnění ve výživě skotu, zejména v návaznosti na precizní zemědělství. Pasohlávky, 02. 02. 2023. https://www.nutrivet.cz/nutrivet/posledni_akce/SE_Musov_2023_Mensik.pdf

- HERMUTH, J., PODRÁBSKÝ, M. 2023. Čirok – perspektivní plodina českých polí. TV Zemědělec, diskuzní pořad 29. 08. 2023. <https://tvzemedelec.cz/porad/odborna-diskuse/>
- MENŠÍK, L., HERMUTH, J., NERUŠIL, P., HLISNIKOVSKÝ, L., MENŠÍK, L. st., PFEFR, L., PODRÁBSKÝ, M., JAMBOR, V. 2022. Pěstování čiroků v oblasti Malé Hané. Den otevřených dveří „Čirok ve výživě zvířat“, 12. 10. 2022, Žabčice. https://www.agromanual.cz/data/web/akce/2022/ciroke_zabcice_2022.pdf
- MENŠÍK, L., NERUŠIL, P., HERMUTH, J., PLISKOVÁ, J., MRKVICOVÁ, E., JAMBOR, V. 2022. Pěstování čiroku pro využití ve výživě přežvýkavců a využití NIR spektroskopie v analýze pícnin, krmiv a půdy pro podmínky precizního zemědělství (Zemědělství 4.0). Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i., Vrbice 2022, 24. 11. 2022, Kostelec nad Orlicí. https://vuzv.cz/wp-content/uploads/2022/12/www_24_11_2022-Vrbice-scaled.jpg
- MENŠÍK, L. et al. 2022. Možnosti pěstování čiroku zrnového 'Ruzrok' v zemědělské společnosti AGROSPOL Knínice, a.d. DOD AGROSPOL, a.d. Knínice, 18. 06. 2022, Vanovice.
- HERMUTH, J. 2022. Přednáška Ruzrok, česká registrovaná odrůda čiroku zrnového, možnosti využití v zemědělství a potravinářství. Akce demonstrační farmy, Farma Lukava, s.r.o., 04. 06. 2022, Jindřichovice pod Smrkem. https://www.vurv.cz/wp-content/uploads/2022/05/seminar_6-4_DOD_CZ_A01_RGB.pdf

Diplomové práce, které vznikly při řešení projektu:

- HRONOVÁ, L. 2024. Vliv konzervančních přípravků na průběh sekundární fermentace u modelových čirokových siláží. Diplomová práce. Mendelova univerzita v Brně. 71 s.
- LIČINAR, K. 2024. Využití čirokové siláže ve výživě dojníc. Diplomová práce. Mendelova univerzita v Brně. 63 s.
- MALÝ, P. 2025. Vliv čirokové siláže v krmné dávce dojníc na profil mastných kyselin v krmivech, bachorové tekutině a mléce. Diplomová práce. Masarykova univerzita, 92 s.
- MRÁZOVÁ, T. 2024. Vliv bakteriálního inokulantu na průběh fermentace čirokové siláže. Diplomová práce. Mendelova univerzita v Brně. 91 s.
- SKOUPÝ, R. 2025. Porovnání konzervačního procesu vybraných odrůd čiroku. Diplomová práce. Mendelova univerzita v Brně. 71 s.
- SIVÁKOVÁ, M. 2025. Použití konzervantu na bázi močoviny při výrobě čirokové siláže. Diplomová práce. Mendelova univerzita v Brně. 92 s.
- ŠRÁMKOVÁ, P. 2025. Stanovování taninů a dhurrinu v čiroku v závislosti na lokalitě pěstování a fázi fermentačního procesu při výrobě siláží. Diplomová práce. Masarykova univerzita, 51 s.
- VÍTEČKOVÁ, M. 2024. Porovnání in vitro stravitelnosti neutrálně detergentní vlákniny u čirokových siláží. Diplomová práce. Mendelova univerzita v Brně. 77 s.

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Termíny setí, sklizně, předplodiny – 3 lokality, roky 2022–2024	29
Tab. 2: Termíny setí a sklizně u jednotlivých odrůd (Žabčice-Obora, Žabčice-Písky; 2022, 2023)	29
Tab. 3: Měsíční úhrny srážek (mm) na stanovišti Žabčice v letech 2022–2024 ..	31
Tab. 4: Průměrná denní teplota vzduchu (°C) na stanovišti Žabčice v letech 2022–2024	31
Tab. 5: Měsíční úhrny srážek (mm) na stanovišti Ivanovice na Hané v letech 2022–2024	33
Tab. 6: Průměrná denní teplota vzduchu (°C) na stanovišti Ivanovice na Hané v letech 2022–2024	33
Tab. 7: Výnos suché hmoty a sušina při sklizni odrůd čiroku na lokalitách Žabčice-Obora, Žabčice-Písky a Ivanovice na Hané (průměr 2022–2024)	38
Tab. 8: Výška rostlin a počet odnoží u odrůd čiroku na lokalitách Žabčice-Obora, Žabčice-Písky a Ivanovice na Hané (2022–2024).	39
Tab. 9: Schéma hodnocení odrůd čiroků v letech 2022–2024 a na lokalitách Žabčice-Obora, Žabčice-Písky a Ivanovice na Hané	40
Tab. 10: Porovnání lokalit Žabčice-Obora, Žabčice-Písky a Ivanovice na Hané v obsahu živin u čiroků	42
Tab. 11: Obsah sušiny při sklizni v % a obsah popela, NL, tuku a BNLV v % absolutní sušiny	44
Tab. 12: Obsah hrubé vlákniny, ADF, aNDF, ADL a celulózy v % absolutní sušiny	45
Tab. 13: Obsah antinutričních látek v píce čiroků	46
Tab. 14: Agrotechnika při pěstování čiroku dvoubarevného (dvousečný – dvě seče za rok) na poloprovozních plochách v oblasti Malé Hané (AGROSPOL, a.d. Knínice) v období 2022–2024	49
Tab. 15: Měsíční úhrny srážek (mm) na stanovišti Jevíčko v letech 2022–2024 ..	52
Tab. 16: Průměrná denní teplota vzduchu (°C) na stanovišti Jevíčko v letech 2022–2024	52
Tab. 17: Přehled výnosových parametrů čiroku dvoubarevného (dvousečný – dvě seče za rok) na poloprovozních plochách v oblasti Malé Hané (AGROSPOL, a.d. Knínice) v období 2022–2024	53
Tab. 18: Parametry kvality píce (zelená hmota v suchém stavu) čiroku na poloprovozních plochách v oblasti Malé Hané (AGROSPOL, a.d. Knínice) v roce 2023.	55
Tab. 19: Základní parametry kvality siláže čiroku dvoubarevného z 1. seče v roce 2024 (silážní vak, AGROSPOL, a.d. Knínice, středisko živočišné výroby Vanovice, laboratoř S.O.S. Skalice nad Svitavou, s.r.o.)	55
Tab. 20: Použitý agrotechnický postup při pěstování čiroku odrůdy NUTRI HONEY.	57

Tab. 21: Výnos hmoty čiroku odrůdy NUTRI HONEY pěstované v režimu dvou sečí (průměr z pěti opakování, sklizňová plocha 1 m ²)	58
Tab. 22: Nutriční hodnota vyrobené siláže	58
Tab. 23: Modelové složení krmných dávek pro dojnice českého strakatého skotu ve středu laktace, kde byla vojtěško-travní senáž částečně nahrazena čirokovou siláží (v kg.d ⁻¹ , v původní hmotě)	59
Tab. 24: Průměrný obsah živin a antinutričních látek v modelových krmných dávkách	60
Tab. 25: Skutečný příjem vybraných živin a antinutričních látek na dojnici ve středu laktace u modelových krmných dávek po odpočtení nedožerků ve výši do 5 % (vychází z výsledků provozního experimentu)	61
Tab. 26: Mléčná užitkovost dojníc ve středu laktace v závislosti na druhu krmné dávky	62
Tab. 27: Použitý agrotechnický postup při pěstování čiroku odrůdy RUZROK ..	63
Tab. 28: Výnos hmoty čiroku odrůdy RUZROK pěstované v režimu dvou sečí ..	64
Tab. 29: Nutriční hodnota vyrobené siláže	64
Tab. 30: Modelové složení krmných dávek pro dojnice českého strakatého skotu ve středu laktace, kde byla travní senáž částečně nahrazena čirokovou siláží ..	66
Tab. 31: Průměrný obsah živin a antinutričních látek v modelových krmných dávkách	66
Tab. 32: Skutečný příjem vybraných živin a antinutričních látek na dojnici ve středu laktace u modelových krmných dávek po odpočtení nedožerků ve výši do 5 % (vychází z výsledků provozního experimentu)	67
Tab. 33: Mléčná užitkovost dojníc ve středu laktace v závislosti na druhu krmné dávky	67
Tab. 34: Vybrané kalibrační modely k predikci parametrů kvality siláže čiroku pomocí techniky NIRS	71
Tab. 35: Vybrané kalibrační modely k predikci parametrů kvality píce čiroku pomocí techniky NIRS	71
Tab. 36: Validace vybraných parametrů kvality píce čiroku pomocí techniky NIRS ..	72
Tab. 37: Validace parametrů kvality siláží čiroku pomocí techniky NIRS	72

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Chemická struktura hydrolyzovatelného a kondenzovaného taninu ..	23
Obr. 2: Čiřok pro jednosečné využití na lokalitě Žabčice-Obora	25
Obr. 3: Sklizeň čiroku na lokalitě Žabčice-Obora	28
Obr. 4: Čiřok odrůdy RUZROK	34
Obr. 5: a, b, c, d Výnos suché hmoty, obsah sušiny při sklizni a další růstové charakteristiky odrůd čiroku v lokalitě Žabčice-Obora (2022–2024)	35
Obr. 6: a, b, c, d: Výnos suché hmoty, obsah sušiny při sklizni a další růstové charakteristiky odrůd čiroku v lokalitě Žabčice-Písky (2022–2024)	36
Obr. 7: a, b, c, d: Výnos suché hmoty, obsah sušiny při sklizni a další růstové charakteristiky odrůd čiroku v lokalitě Ivanovice na Hané (2022–2024)	37
Obr. 8: a, b, c, d, e: Porovnání obsahu živin u jednotlivých odrůd čiroků na třech lokalitách	43
Obr. 9: Pěstování čiroků na lokalitě Žabčice-Obora	47
Obr. 10: a, b: Sušina zavadlé hmoty a řezanky čiroku dvoubarevného poloprovozních plochách v oblasti Malé Hané (AGROSPOL, a.d. Knínice) v období 2022–2024	54
Obr. 11: Zkrmování krmné dávky s čirokovou siláží dojnicím	62

SEZNAM JEDNOTEK A ZKRATEK

%	procento
°C	stupeň Celsia
a.d.	agrární družstvo
ADF	acido-detergentní vláknina
ADL	acidodetergentní lignin
AI	umělá inteligence
aNDF	neutrálně detergentní vláknina stanovená po úpravě amylázou
BE	brutto energie
BG	Bulharsko
BIAS	konstanta kalibrační křivky
BMR	brown mid rib - hnědá barva řapíku listu (rostliny s nižším podílem ligninu)
BNLV	bezdušikaté látky výťažkové
C3	rostliny, které fixují CO ₂ z atmosféry pomocí enzymu RuBisCO
C4	rostliny využívající tzv. Hatchův-Slackův cyklus
CAD	cinnamylalkoholdehydrogenáza
CRO	Chorvatsko
CO ₂	oxid uhličitý
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČR	Česká republika
DE	Německo
DMD	dry matter digestibility = stravitelnost sušiny
DVL	degradovatelná vláknina
EU	Evropská unie
ECM	Energy Corrected Milk (množství mléka korigované na obsah energie - s obsahem 3,5 % tuku a 3,2 % bílkovin), výpočet dle Sjaunja et al., 1991)
FCM	fat corrected milk (množství mléka korigované na obsah tuku 4 %)
ES	Španělsko
g	gram
g.kg ⁻¹	gram na kilogram
g.l ⁻¹	gram na litr
GPS	Global Positioning System (globální polohový systém)
ha	hektar
HCN	kyanovodík
IT	Itálie
kg	kilogram
kg.d ⁻¹	kilogram na den
kg.ha ⁻¹	kilogram na hektar

l.kg ⁻¹	litr na kilogram
ME	metabolizovatelná energie
MJ	megajoule
m ²	metr čtvereční
MENDELU	Mendelova univerzita v Brně
mm	milimetr
m n. m.	metr nad mořem
mg	miligram
mg.kg ⁻¹	miligram na kilogram
MPLSR	Modified Partial Least Squares Regression (modifikovaná metoda částečných nejmenších čtverců)
MZe	Ministerstvo zemědělství
n	počet případů – počet vzorků (při statistickém hodnocení)
NDF	neutrálně detergentní vláknina
NEL	netto energie laktace
NEV	netto energie výkrmu
NIRS	Near-Infrared Spectroscopy (měření pomocí blízkého infračerveného světla)
NL	dusíkaté látky
nm	nano metr
Obr.	obrázek
OMD	Organic Matter Digestibility (stravitelnost organické hmoty)
OMT	caffeic acid O-methyltransferáza
OT	ověřená technologie
PDIE	protein stravitelný v tenkém střevě limitovaný zdrojem energie v batoru
PDIN	protein stravitelný v tenkém střevě limitovaný zdrojem proteinu v batoru
pH	potentia hydrogenii (vodíkový exponent)
ppm	parts per million (díly nebo částice na jeden milion)
PT	Portugalsko
PVPP	polyvinylpolypyrrolidon
Q	metabolizovatelnost
R ²	koeficient determinace
RDP	protein degradovatelný batoru
RPD	Index of Prediction to Deviation (index predikce k hodnotě odchylky)
RUP	ruminálně nedegradovaný protein
s.	strana
SD	směrodatná odchylka
SEC	směrodatná odchylka kalibrace

SEP	směrodatná odchylka predikce
SLOPE	směrnice kalibrační křivky
s.r.o.	společnost s ručením omezeným
STVL	strukturální vláknina
t	tuna
t.ha ⁻¹	tuna na hektar
Tab.	tabulka
TMR	směsná krmná dávka
TTP	trvalý travní porost
USA	Spojené státy americké
v.v.i.	veřejná výzkumná instituce
WSC	Water-Soluble Carbohydrates (vodorozpustné cukry)
žh	živá hmotnost

FOTODOKUMENTACE



Foto 1: RUZROK



Foto 2: RUFUSS



Foto 3: NUTRI HONEY



Foto 4: PAMPA TRIUNFO



Foto 5: LATTE



Foto 6: KWS SOLE



Foto 7: KWS FREYA



Foto 8: KWS HANNIBAL



Foto 9: KWS TARZAN



Foto 10: Porost široku po vzejití



Foto 11: Čirok – zapojený porost

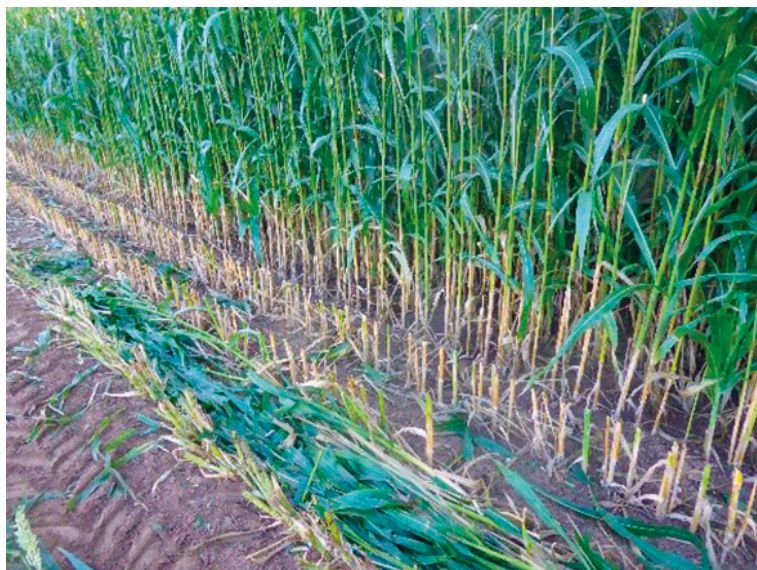


Foto 12: Porost čiroku při sklizni

Název: Inovace pěstební technologie čiroku ke stabilizaci produkce
objemných krmiv a uplatnění ve výživě dojnic
Certifikovaná metodika

Autoři: Eva Mrkvicová, Ludmila Křížová, Ladislav Menšík ml., Václav Jambor,
Ladislav Menšík st. a kolektiv

Vydavatel: Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno
Vydání: první, 2025

ISBN 978-80-7701-068-9 (online ; pdf)
<https://doi.org/10.11118/978-80-7701-068-9>

