

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Porovnání agrotechnických a ekologických aspektů
pěstování silážní kukuřice a čiroku**

Bakalářská práce

Autor práce: Pavel Duda

Zemědělství a rozvoj venkova, Faremní hospodaření

Vedoucí práce: Ing. Pavel Fuksa, Ph.D.

© 2024 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Porovnání agrotechnických a ekologických aspektů pěstování silážní kukuřice a čiroku" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 24. 4. 2024

Poděkování

Rád bych upřímně touto cestou poděkoval všem, kteří přispěli k vytvoření této bakalářské práce. Velké díky patří mému vedoucímu práce Ing. Pavlu Fuksovi, Ph.D. za vedení, ochotu a cenné rady. Také bych chtěl vyjádřit vděk své rodině a přítelkyni, kteří mě podporovali po dobu vytváření bakalářské práce i celého mého studia.

Porovnání agrotechnických a ekologických aspektů pěstování silážní kukuřice a čiroku

Souhrn

Silážní kukuřice je jedna z nejvýznamnějších a nejvíce pěstovaných plodin pro krmivářské účely po celém světě. Je známá pro své vysoké výnosy, dobrou skladovatelnost a pro výbornou kvalitu biomasy. V našich podmínkách tvoří kukuřičná siláž významnou část krmné dávky skotu a má značný význam i pro energetické účely. Čirok je též jednoletá pícní plodina s obdobným využitím, ale jeho uplatnění není v současnosti tak rozšířené, přestože jeho pěstování je spojeno s řadou pozitivních aspektů. Nároky na prostředí a agrotechnické postupy jsou u obou plodin podobné, přesto je mezi oběma plodinami řada specifických rozdílů.

V rámci této bakalářské práce byla věnována pozornost způsobu začlenění obou plodin do osevního postupu, technice setí, předseťové přípravě, strategii výživy a hnojení, ochraně proti plevelům, chorobám a škůdcům a optimálnímu procesu sklizně. Dále byla provedena analýza morfologie obou plodin a zohlednění jejich nároků na prostředí, zejména specifické požadavky na teplotu a vodu. Jedním z významných zjištění práce je, že obě plodiny nevyžadují specifické předplodiny, ale jako vhodné se jeví luskoviny a okopaniny hnojené statkovými hnojivy. Čirok je častější volbou pro meziplodinové využití a metoda podplodiny je používána pouze pro kukuřici. Obě plodiny dosahují dobrých výsledků jak při hloubkovém, tak při lokálním zpracování půdy, ale technologie setí je pro ně značně rozdílná. Kukuřice se vysévá dříve do větší hloubky a s větší meziřádkovou vzdáleností ve srovnání s čirokem, který dominuje potřebou většího výsevku. Studie ukazuje, že obě plodiny jsou náročné na odběr živin a reagují pozitivně na hnojení statkovými hnojivy. Čirok je však postižen obtížnou regulací plevelů, a je pro něj povolen, ve srovnání s kukuřicí, jen zlomek přípravků určených k ochraně proti plevelům, což vyžaduje použití alternativních způsobů regulace plevelů. Pro kukuřici je registrován také větší počet fungicidů a insekticidů v porovnání s čirokem. Morfologicky jsou rostliny čiroku a kukuřice podobné, ale čiroky mají mohutnější kořenový systém a více delších listů, zatímco kukuřice dominuje svým vysokým vzrůstem, silnějšími stébly a především přítomností palic, což se následně promítá do kvality silážní hmoty.

Závěrem bakalářské práce je, že kukuřice zůstává dominantní plodinou pro produkci krmiva a substrátu pro bioplynové stanice v ČR, ale čirok představuje potenciální vhodnou náhradu pro teplejší a sušší oblasti, kde kukuřice nemůže dosáhnout uspokojivých výnosů.

Klíčová slova: agrotechnika; zakládání porostu; výživa rostlin; ochrana rostlin; výnos

Comparison of agrotechnical and ecological aspects of silage maize and sorghum cultivation

Summary

Silage maize is one of the most important and widely grown crops for feed purposes worldwide. It is known for its high yields, good storability and excellent biomass quality. In our conditions, maize silage forms a significant part of cattle rations and is also of considerable importance for energy purposes. Sorghum is also an annual forage crop with similar uses, but its use is not as widespread at present, although its cultivation is associated with a number of positive aspects. The environmental requirements and agronomic practices are similar for both crops, yet there are a number of specific differences between the two crops.

In this bachelor thesis, attention was paid to the way of integrating both crops into the sowing procedure, sowing technique, pre-sowing preparation, nutrition and fertilization strategy, weed, disease and pest control and optimal harvesting process. In addition, the morphology of both crops was analysed and their environmental requirements were taken into account, in particular their specific temperature and water requirements. One of the important findings of the work is that both crops do not require specific pre-crops, but legumes, root and tuber crops fertilised with manure appear to be suitable. Sorghum is the more common choice for intercropping and the subcropping method is only used for maize. Both crops perform well with both deep and local tillage, but the sowing technology is very different for them. Maize is sown earlier at a greater depth and with a greater row spacing compared to sorghum, which is dominated by the need for a greater seeding rate. The study shows that both crops are demanding in terms of nutrient uptake and respond positively to manure fertilisation. However, sorghum suffers from difficult weed control and only a fraction of weed control products are authorised for it, which requires the use of alternative weed control methods. A greater number of fungicides and insecticides are registered for maize compared to sorghum. Morphologically, sorghum and maize plants are similar, but sorghum has a more robust root system and more longer leaves, while maize dominates with its high growth, thicker stalks and, above all, the presence of ears, which in turn is reflected in the quality of the silage.

The bachelor thesis concludes that maize remains the dominant crop for feed and substrate production for biogas plants in the country, but sorghum is a potentially suitable substitute for warmer and drier areas where maize cannot achieve satisfactory yields.

Keywords: agrotechnics; plant establishment; plant nutrition; plant protection; yield

Obsah

1 Úvod	7
2 Cíl práce	8
3 Literární rešerše	9
3.1 Původ	9
3.2 Agrotechnika	9
3.2.1 Řazení v osevním postupu	9
3.2.1.1 Vhodné předplodiny	9
3.2.1.2 Užití jako meziplodiny	10
3.2.1.3 Použití podplodin.....	11
3.2.2 Zpracování půdy	11
3.2.3 Setí.....	13
3.2.3.1 Termín výsevu	13
3.2.3.2 Hloubka výsevu	14
3.2.3.3 Hustota výsevu.....	15
3.2.4 Výživa a hnojení	17
3.2.5 Ochrana porostu.....	21
3.2.5.1 Regulace plevelů.....	21
3.2.5.2 Regulace chorob a škůdců	28
3.2.6 Sklizeň a posklizňová úprava	33
3.3 Ekologie	35
3.3.1 Rajonizace.....	35
3.3.1.1 Volba hybridu	36
3.3.1.2 Požadavky na teplotu.....	37
3.3.1.3 Požadavky na vodu.....	37
3.4 Morfologie a ideál pro silážní účely	38
3.4.1 Kořenová soustava.....	38
3.4.2 Stéblo	38
3.4.3 Listy	39
3.4.4 Květenství	39
3.4.5 Ideální rostliny pro silážování	39
4 Závěr	41
5 Literatura	42

1 Úvod

V posledních letech se zemědělský sektor potýká s řadou výzev, které vyžadují inovativní a udržitelné přístupy ke zvyšování produkce krmiv a minimalizaci negativních dopadů na životní prostředí. V této souvislosti nabývá stále většího významu využití krmných plodin pro produkci kvalitní siláže jak pro krmné účely, tak i pro uplatnění biomasy v bioplynových stanicích. Studie se nejčastěji zaměřují na rostliny jako je kukuřice a čirok, které mají potenciál poskytovat vysoké výnosy biomasy a přispívat k ekonomické a ekologické udržitelnosti zemědělství.

Kukuřice je nejrozšířeněji pěstovaná krmná plodina. Díky vysokému obsahu sušiny a energetických živin je ideální plodinou pro produkci siláže. Tato siláž je nenahraditelnou součástí krmných dávek pro skot. Její uplatnění má přímý dopad na samotnou produkci masa a mléka. Pro zajištění návratnosti produkce siláže je zapotřebí maximalizace výnosů kukuřice. V současnosti je dostupných mnoho agrotechnologických postupů, jenž je zapotřebí volit podle půdních a klimatických podmínek dané lokace. Důležité je však brát v potaz i nevýhody této plodiny. Díky pěstování v širokořádcích kukuřice spadá mezi plodiny s nízkou ochranou funkcí, proto je její pěstování zakázáno na půdách silně ohrožených erozí. Limitující je i její značná potřeba vody, což vede k neuspokojivým výsledkům v suchších oblastech. S narůstající potřebou diverzifikace plodin a snahou minimalizovat negativní dopady na půdu a životní prostředí, se stále více hledá alternativní zdroj biomasy.

Čirok se jeví jako jedna z potenciálních alternativ. Srovnatelnými výnosy nadzemní biomasy s kukuřicí a možností využití pro výrobu kvalitní siláže, čirok nabízí zajímavé perspektivy. Vhodné zastoupení čirok nabízí v takových podmínkách kde kukuřice nedokáže naplnit svůj výnosový potenciál. Převážně hovoříme o teplých a suchých oblastech. Nové hybridní odrůdy čiroku se vyznačují příznivými agrotechnickými vlastnostmi a mají potenciál ke zvýšení výnosů biomasy, což činí čirok atraktivním kandidátem pro moderní zemědělství.

Tato bakalářská práce si klade za cíl prozkoumat potenciál čiroku jako alternativního zdroje biomasy pro výrobu krmiv a současně přispět k diskusi o udržitelných a efektivních způsobech produkce krmiv v rámci zemědělského sektoru. Detailní analýza agrotechnických vlastností, výnosového potenciálu a environmentálního dopadu čiroku v porovnání s kukuřicí bude přínosem pro pochopení možností jeho využití v současném zemědělském prostředí.

2 Cíl práce

Cílem bakalářské práce je vypracovat literární rešerši zaměřenou na porovnání agroekologických nároků pěstování silážní kukuřice a píceňích čiroků. Primární zaměření práce bude na agrotechnické postupy, v menší míře pak na ekologii a morfologii těchto jednoletých píceňích plodin.

3 Literární rešerše

3.1 Původ

Kukuřice (*Zea mays* L. ssp. *mays*) je pro lidstvo velmi významná plodina. Je to celosvětově nejpěstovanější plodina používána jako zdroj potravy, krmiva, paliva a také jako surovina pro různé produkty na průmyslové úrovni. V zemích Jižní Ameriky a Afriky má také hluboký etnický a kulturní význam pro domorodé obyvatelstvo. Hlavními producenty jsou Spojené státy, Čína a Brazílie (Gálvez Ranilla 2020). Na rozdíl od čiroku, kukuřice byla domestikována asi před 9000 lety z divokého teosinte ročního (*Zea mays* spp. *parviglumis*) v Mexiku. Došlo k jedné domestikaci a následné diverzifikaci. Proces domestikace zahrnoval adaptaci kukuřice z tropického původu na mírné a jiné rozmanité podmínky prostředí, přičemž prošla významnou morfologickou transformací v rostlině a architektuře květenství. Primitivní a brzy vylepšená kukuřice se rozšířila po Severní a Jižní Americe a přizpůsobila se novému použití a prostředí, což mělo za následek vznik nových druhů. Po příchodu Evropanů do Ameriky byla následně distribuována na ostatní kontinenty (Matsuoka 2002).

Stejně tak i čirok (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) je velmi významná víceúčelová potravinářská plodina, která se řadí mezi pět nejlepších obilných plodin na světě a používá se jako zdroj potravy, krmiva a paliva. Rod čiroku se skládá z 24 různých druhů. Kultivovaný čirok byl odvozen z divokého progenitoru *S. bicolor* subsp. *verticilliflorum*, který je běžně rozšířen v Africe (Ananda et al. 2019). První indicie o pěstování divoce rostoucího čiroku se objevují v oblasti Sahary již kolem roku 8000 před naším letopočtem. Novější studie však naznačují, že pravým centrem domestikace této plodiny byly savany ve východním Súdánu, zhruba v čtvrtém tisíciletí před naším letopočtem. Odtud se čirok šířil do různých částí světa, zejména do Číny a Indie, prostřednictvím různých migračních a obchodních tras. Hlavní cestou rozšíření byly námořní a pozemní obchodní cesty. Některé z prvních domestikovaných druhů čiroku, datované do období mezi lety 2000 a 1700 před naším letopočtem, byly identifikovány v oblasti severozápadní Indie (Venkateswaran et al., 2019).

3.2 Agrotechnika

3.2.1 Řazení v osevním postupu

3.2.1.1 Vhodné předplodiny

Osevní postupy, kde je kukuřice hlavní plodinou, jsou nazývány jako "osevní postupy na základě kukuřice", což ukazuje rozmanitou škálu možností využití kukuřice (Kintl 2019).

Ačkoliv nejsou specifikovány žádné konkrétní předplodiny, které by musely předcházet kukuřici v osevním postupu, některé studie ukázaly, že luskoviny, jako je sója, hrách či fazole mohou být v rámci střídání s kukuřicí velmi efektivní. Jejich zařazení jako předplodiny, může zvýšit obsah dusíku, fosforu a výměnného hořčíku. Dále dochází ke zvýšení efektivní kationtové výměnné kapacity. Tento postup vede k prokazatelnému zvýšení výnosů a snížení potřeby dusíkatých hnojiv (Uzoh et al. 2019). Zimolka (2008) potvrzuje, že nevhodnější jsou

předplodiny s hojnými posklizňovými zbytky. Dále potvrzuje, že jeteloviny a luskoviny jsou optimální volbou. Taktéž ideální volbou jsou okopaniny hnojené statkovými hnojivy. Obvykle se kukuřice pěstuje po obilovinách, které slouží jako vhodná předplodina. Proto účinně funguje jako přerušeni po sobě jdoucích porostů obilovin. Pšenice je často považována za optimální první plodinu pro kukuřici mezi obilovinami. Uzoh et al. (2019) připouští možnost zařazení kukuřice po kukuřici. Nicméně tento přístup v kontrastu s výběrem alternativní předplodiny vede k výraznému nárůstu potřeby dusíkatých hnojiv. Případně dochází k výraznému poklesu produktivity plodin.

Čirok je do osevního postupu řazen obdobně jako kukuřice, tedy do dobře vyhnojené půdy, která je v ideálním případě zbavená plevelů. Účelem tohoto postupu je snížit pravděpodobnost poškození plodiny v období klíčení a počátečního růstu, kdy je růst čiroku pomalejší ve srovnání s růstem plevelů. Čirok nemá žádné zvláštní požadavky na předplodinu. V místech s mírnějším klimatem se čirok běžně vysévá na pozemky po pěstování hnojených okopanin, obilovin, luskovin nebo směsí luskovin a obilovin. Čirok je cennou předplodinou pro jarní obiloviny i mnohé technické plodiny (Hermuth et al. 2012). Také čirok lze za použití intenzivního hnojení a pesticidů pěstovat několik let po sobě. Pokud se čirok pěstuje speciálně pro energetické účely a sklízí se před koncem zimy, obvykle následuje jarní plodina. Pokud se čirok pěstuje za účelem výroby krmiva nebo etanolu, jsou následnými plodinami převážně obiloviny. Pokud je dostatek času na důkladnou přípravu půdy, je ozimá pšenice vhodnou volbou pro pěstování. Pokud je však času málo, volí se běžně místo ní jarní ječmen a další jarní plodiny. Při použití herbicidů s prodlouženým uvolňováním je nezbytné zvážit možnost reziduálních účinků. Čirok získává v některých regionech oblibu jako následná plodina po energetickém žitu, tritikale na zeleno, ozimém ječmeni pro GPS nebo po počáteční sklizni víceletých pícnin (Hermuth & Kosová 2017; Laflinová 2023).

Podle Hermutha et al. (2018) lze čirok pěstovat nepřetržitě až tři po sobě jdoucí sezóny, pokud jsou vhodně aplikována hnojiva a pesticidy.

3.2.1.2 Užití jako meziplodiny

Výsev kukuřice v červenci vede k nepředvídatelným výnosům. V tomto případě lze kukuřici považovat za meziplodinu, přestože se tato praxe používá jen zřídka. Jako výhodu zde lze považovat rozsáhlý kořenový systém sahající do velké hloubky a fakt, že i při pozdním výsevu může vyprodukovat více než 5 tun sušiny na hektar. Tudíž z hlediska zadržení vody a ochrany proti erozi se jedná o relativně zajímavou plodinu. Problém pro stálé používání jako meziplodiny jsou vyšší náklady na pěstování a větší meziřádková vzdálenost ve srovnání s jinými plodinami pro tento účel (Conley et al. 2019).

Pokud je čirok vyséván v letním období, tedy od června do srpna, jedná se taktéž o meziplodinu. Použití čiroku jako meziplodiny je slibnou strategií pro zvýšení následného výnosu plodin, udržení vyšší koncentrace $\text{NH}_4^+\text{-N}$ v půdě a snížení akumulace $\text{NO}_3^-\text{-N}$ v půdě během letního úhoru a přezimovacího období. Nevýhoda je stejná jako u kukuřice, a to cena (Ma et al. 2023).

3.2.1.3 Použití podplodin

Za účelem zvýšení půdní vlhkosti, snížení eroze a zaplevelení lze do kukuřice využít podplodiny, které zajišťují pokryv povrchu půdy během vzházení plodiny. Při použití hrachu půda zřetelně dosahuje lepších vláhových podmínek, nežli porost bez podsevu. Důležité ale je dbát na dodržení přesných meziřádkových vzdáleností, aby nedocházelo k velkému konkurenčnímu tlaku. To samé platí i pro použití sóji. V těchto případech dochází ke snížení výnosu v zrna, ale výnos biomasy obou plodin dosahuje vyšších hodnot. Další uvažovanou podplodinou je svazenka při strip-tillu jako vymrzající meziplodina. Je výhodná z hlediska pokryvnosti, ale pouze při výsevu až po vysetí kukuřice (Tomášek & Brinar 2021).

Pro použití této metody při pěstování čiroku není známa žádná studie.

3.2.2 Zpracování půdy

Tradičně se zpracování půdy v zemědělství používá převážně za účelem regulace plevelů. V současném zemědělství převzala tuto odpovědnost široká škála dostupných chemických látek. To vytvořilo příležitost zaměřit se na technologie zpracování půdy, které převážně podporují ochranu půdy. Pěstování kukuřice, přestože má své výhody, může mít škodlivé účinky na kvalitu svrchní vrstvy půdy a zvyšuje pravděpodobnost půdní eroze. Využíváním účinných opatření na regulaci plevelů při pěstování kukuřice existuje potenciál pro uplatnění půdoochranných technik obdělávání půdy. Tato řešení vedou ke snížení nákladů spojených s pěstováním kukuřice, snižují erozi půdy a zvyšují retenci vody v krajině. Kromě toho poskytují několik výhod pro životní prostředí, jako je zlepšení struktury půdy, zabránění jejímu zhutnění, minimalizace povrchového odtoku při deštích a především zvýšení obsahu organické hmoty v půdě. Jejich přínos spočívá zejména v ekonomických prvcích, které zahrnují úspory práce a energie, snížení pracovní zátěže a zvýšení efektivity využití strojů (Winkler 2021).

To doplňuje Bouma (2019), který uvádí, že pro dosažení efektivní produkce kukuřice, zvláště v suchých oblastech, je nezbytné provádět hloubkové nebo lokální půdoochranné zpracování půdy s optimalizovaným hnojením. Klasické metody, jako je orba, mělké kypření a plošné hnojení, nejsou v těchto oblastech efektivní. Zvýšení odolnosti kukuřice vůči suchu a stabilizaci produkce lze dosáhnout výběrem vhodných odrůd a inovací v technologiích zpracování a hnojení půdy. Tato inovace by měla být založena na principech redukce, lokalizace, rostlinném pokryvu a optimalizace všech operací.

Technologie ochrany půdy zahrnují přechod od konvenční orby k používání kypřičů. Zbytky plodin, které zůstávají na povrchu ošetřované půdy po sklizni předchozí plodiny nebo meziplodiny, tvoří přibližně 30 % povrchu a slouží k ochraně půdy před erozí a zároveň k zachování strukturní integrity pomalu rostoucích plodin. Mulč ze zbytků plodin vytváří ochrannou bariéru, která stíní půdu, zachovává její strukturu a zabraňuje tvorbě půdní krusty (Winkler 2021).

Yu et al. (2023) popisují několik způsobů zpracování půdy pro kukuřici a jak výběr metody může významně ovlivnit výnos a nutriční kvalitu kukuřice. Mezi zkoumané způsoby zpracování půdy patří:

- **hluboká orba:** zpracování za pomoci pluhu do hloubky 35 cm.
- **podrývání :** hloubkové zpracování půdy za pomoci podrývače do hloubky 35 cm
- **pásové zpracování půdy:** je to efektivní způsob obdělávání, který vytváří ideální půdní podmínky pro podporu klíčení a růstu rostlin a pro nerušený růst kořenů. Kombinuje výhody konvenčního zpracování s bezorebným zpracováním tím, že narušuje řádek, ale neporušuje mezery mezi řádky (dochází ke zpracování půdy v řádku vysévané plodiny, ale nepřesáhne jednu čtvrtinu plochy pozemku). Dochází k uplatnění ochranné funkce mulče z umrtveného porostu či vymrzající meziplodiny (Brant 2011)
- **mělké zpracování půdy:** zpracování půdy bez použití pluhu pomocí rotačních bran do hloubky 5-10 cm
- **no-till:** půda je ponechána nezpracovaná, jediným zpracováním je setí

Výnos kukuřice souvisí s objemovou hmotností, pórovitostí a obsahem vody. Zvolení vhodné metody závisí na mnoha aspektech, jako je kvalita půdy, obsah vody, ekonomická náročnost metody, atd... Ve výsledcích této práce se jako nejvýhodnější jeví pásové a hloubkové zpracování. Naopak za nejméně vhodnou lze považovat metodu no-till.

Winkler (2021) taktéž uvádí pásové zpracování jako dobrou půdoochrannou metodu pro pěstování kukuřice. Dále zvažuje použití metody ridge-tillage, tj. konzervativní způsob obdělávání půdy, který zahrnuje tvarování vyvýšených hřebenů a následné obdělávání pouze jejich vrcholů. Tato metoda je využívána zejména pro pěstování širokořádkových plodin a je zapotřebí specializovaného vybavení (Hu et al. 2020).

Dále je podle Winklera (2021) přímý výsev do nezpracované půdy proveditelnou technikou pěstování kukuřice bez nutnosti orby a narušení úrodné vrstvy půdy. Výhodou tohoto přístupu je podstatné zlepšení uspořádání půdy, zvýšení obsahu organické hmoty v půdě, úspora energie při obdělávání a snížení pravděpodobnosti eroze způsobené větrem a vodou. Na druhou stranu může mít negativní dopad na kukuřici, protože způsobuje okyselení svrchní vrstvy půdy a mírné zvýšení zasolení.

Bouma (2019) doporučuje zavedení technologie pásového zpracování s použitím neživého mulče z hořčice a lokální aplikace prasečí kejdy zejména v oblastech s omezenými srážkami a zvýšeným rizikem eroze. V oblasti zpracovaného pásu se doporučuje optimalizovat výživu kukuřice aplikací kejdy v dávce 30–40 t/ha a současně zahrnout přiměřené množství fosforu (do 50 kg P₂O₅/ha) a omezené množství dusíku. Toho lze dosáhnout aplikací hnojiv v minerální formě, například hnojivem Amofos nebo podobnými produkty.

Před pěstováním čiroku je nejlepší půdu zorat a následně vláčet branami. Nejvhodnějším obdobím pro orbu je podzim, a to buď těsně po sklizni předchozí plodiny, nebo na jaře před setím. Po orbě je nejlepší co nejdříve vláčet, aby se zabránilo nadměrnému odpařování vody z půdy. Předpokládá se, že v oblastech s vysokým rizikem eroze bude dostačovat mělké zpracování půdy. Výzkum navíc ukázal, že čirok lze dobře pěstovat na nezoraných půdách (Newman et al. 2013).

Podle Hermutha et al. (2012) je proces přípravy půdy pro pěstování čiroku výrazně ovlivněn specifickými půdními a klimatickými podmínkami v dané lokalitě. Pro pěstování v aridních oblastech je nutné připravit půdu metodou „Dry farming system“. Tento postup zahrnuje zorání půdy do hloubky 18–20 cm a bezprostřední uvláčení, aby se minimalizovala obnažená plocha a zabránilo se odpařování. Je nutné zajistit, aby vrchní vrstva půdy zůstala bez půdního škraloupu až do úplného vzejití plodiny. Taktéž je nezbytné narušit kapilaritu ve svrchní vrstvě půdy, aby se snížilo odpařování vody z půdy. Po zasetí je vhodné plochu uválet pomocí cambridských válců, zejména pokud byla narušena svrchní vrstva půdy. Tím dojde ke zhutnění půdy v hloubce, kde je osivo zaseto, a tím se zaručí dostupnost vody z nižších vrstev půdy. Válení se neprovádí při použití secího stroje, který je vybaven přítlačnými disky.

Autoři Schlegel et al. (2018) rovněž považují technologii bezorebného zpracování půdy za příznivou. Tvrdí, že tato strategie nabízí výhody, jako je lepší hospodaření s vodou v půdě a vyšší výnosy biomasy ve srovnání s konvenčním i redukováným zpracováním půdy. Zdůrazňují však nutnost důsledného a vytrvalého používání tohoto přístupu bez střídání s jinými způsoby po delší dobu. Jako jednu z nevýhod uvádí extrémně nízkou pravděpodobnost, že se podaří mechanicky potlačit plevel, což vyžaduje použití chemických ošetření, tedy pesticidů.

3.2.3 Setí

Při setí je nezbytné zohlednit, že kukuřice je plodina s nízkou ochrannou funkcí (NOF). Tyto plodiny zvyšují riziko vodní eroze. Proto není vhodné ji pěstovat na svažitéch pozemcích, doporučuje se využívání obsevů porostů jinou plodinou s lepší půdoochrannou vlastností a zakládání přerušovacích pásů. Pro setí se používá výhradně zdravé, kvalitní, hybridní, namořené osivo uznané příslušným orgánem (ÚKZUS). Kvalitní osivo je jeden z předpokladů dobrého výnosu. Výsev probíhá přesným secím strojem (Kuchčík et al. 2013).

V případech svažitého pozemku, či velmi písčité půdy, je lepší využít čirok. Jeho erozní koeficient se uvádí až o třetinu nižší než u kukuřice (Venclová 2014). I přes to je čirok s ohledem na standardy DZES 5 klasifikován jako plodina s nízkou ochrannou funkcí. Tyto plodiny je zakázáno pěstovat na půdách silně ohrožených erozí (SEO). Pěstování na půdách mírně ohrožených erozí (MEO) je povoleno pouze při využití půdoochranných technologií (MZe 2019). I pro čirok platí, že základem dobrého výnosu je kvalitní zdravé a řádně ošetřené osivo (Zhou et al. 2022). Pro výsev čiroku je možné využít jak klasických secích strojů, tak i přesných secích strojů. Lze využít secí stroje pro výsev kukuřice, obilnin, tak i pro výsev cukrové řepy (Theiß & Jäkel 2019).

3.2.3.1 Termín výsevu

Abychom maximalizovali délku vegetačního období, snažíme se pro kukuřici vybrat co nejzazší možný termín výsevu. Nicméně primárním omezením je často teplota půdy v seťovém lůžku, která se běžně pohybuje v rozmezí 8–10 °C po celou dobu výsevu. V našich podmínkách se tato teplota často projevuje již od poloviny dubna, přičemž doporučený nejzazší termín výsevu je stanoven mezi 10. a 15. květnem. Při setí před tímto termínem je zásadní věnovat zvýšenou pozornost ošetřování osiva, jeho kvalitě a hodnotám chladového

testu. Pro optimalizaci využití zimní vláhy a tepla uloženého v horní vrstvě půdy je bezpodmínečně nutné snížit hloubku výsevu na 3–4 cm. Výsev později než 10.–15. května má často za následek pokles výnosu minimálně o 15 % a vede také k delší době zrání (Zimolka 2008). Maresma et al. (2019) uvádí polovinu dubna jako nejvhodnější termín pro dosažení maximálních výnosů v zavlažovaných středomořských podmínkách. Časné výsevy prodlužují dobu od výsevu do vzejití rostliny, což má za následek snížení klíčivosti a populační hustoty porostu. Taktéž je zvýšené riziko poškození porostu mrazíky. Pozdní výsevy zkracují počet dní do fyziologické zralosti, což způsobuje snížení výnosu a zvýšení vlhkosti zrna. Dalším důsledkem, výhodným pro pícninářské účely, bylo dosažení vyšších výnosů píce. Oba autoři se shodují na důležitosti znalosti lokálních podmínek pro výběr vhodného termínu setí.

Taktéž pro čirok je velmi důležité zvolení vhodného termínu výsevu pro daný region. Příliš brzký výsev, anebo naopak příliš pozdní výsev, může mít za následek snížení potencionálního výnosu a větší náchylnost k chorobám a škůdcům (Naoura et al. 2023). Mezi hlavní aspekty, které je nutno sledovat při výsevu čiroku, patří nízká míra zaplevelení pozemku, případné odstranění mechanicky anebo užitím selektivního herbicidu. Dalšími velmi důležitými aspekty jsou vlhkost a teplota půdy (Smith & Scott 2010). Zeise & Fritz (2011) poukazují, že je čirok teplomilná plodina a jeho náročnost na vodu je srovnatelná s kukuřicí. Ale oproti kukuřici má výrazně vyšší nároky na teplo a výraznější citlivost na chlad. Vhodnou teplotou pro výsev je 12 °C. Z toho vyplývá jako vhodný termín polovina května až polovina června. Obecně platí, že výsev by neměl být po 20. červnu. Teplotu 12–15 °C a období výsevu potvrzují i Hermuth et al. (2018), který přidává možnost pěstování čiroku jako meziplodiny. Pro tento účel je vhodné založit porost na přelomu července a srpna.

3.2.3.2 Hloubka výsevu

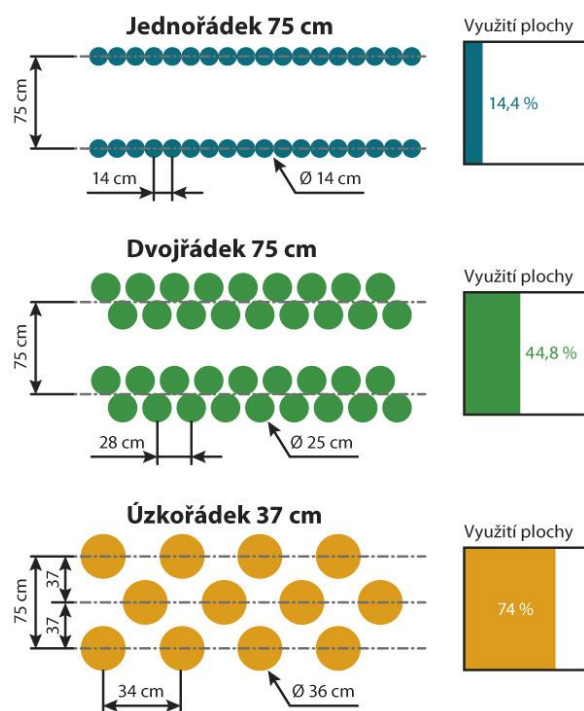
K setí kukuřice je nutné používat přesné secí stroje, které se vyznačují vysokou přesností. Při nedodržení stejné hloubky výsevu nebo sponu by docházelo k nerovnoměrnému vzcházení. To by mělo za následek snížení objemu a kvality výnosu. V našich podmínkách volíme hloubku 6–9 cm. Měličí výsev volíme na půdách těžkých, chladných, vlhkých a při brzkém termínu setí. Naopak hlouběji sejeme na půdách lehkých, suchých a u tříliniových a čtyřliniových hybridů (Zimolka 2008). To doplňuje i Sime (2016), který uvádí, že je nutno zohlednit klimatické podmínky pro výběr správné hloubky. Jako optimální uvádí hloubku 6 cm. Při této hloubce bylo dosaženo optimálního vzrůstu pro silážování. Tedy nejvyšších rostlin s nejdelšími listy a největším obsahem sušiny.

I pro čirok se doporučuje užití přesných secích strojů. Ale na rozdíl od kukuřice, je důležité, aby byla semena uložena tak mělce jak je možné. Ovšem za předpokladu, že semena zůstanou v dobrém kontaktu s půdou. Pro brzký jarní výsev, kdy půda bývá chladná, vlhká a je vysoká pravděpodobnost srážek brzy po zasetí, lze za nejlepší hloubku považovat hloubku 2–2,5 cm. Při menší hloubce hrozí vysušení klíčících semen. Později, po prohřátí půdy lze zvýšit hloubku výsevu až na 4 cm. Před vzejitím je rostlina závislá na zásobách živin

v endospermu. Setím hlouběji riskujeme delší dobu vzcházení, a tím předčasné odčerpání živin. To může mít za následek nižší vzrůst finálního porostu (Smith & Scott 2010). To podporují Zeise & Fritz (2011) a Hermuth et al. (2018), kteří uvádějí jako optimální hloubku 2–5 cm nebo 3–5 cm. Dále uvádějí, že pro výsev v suchých podmínkách lze užít hloubky ještě větší.

3.2.3.3 Hustota výsevu

Výsevek lze stanovit podle konkrétních podmínek prostředí intenzity pěstování a hlavně podle ranosti vybraného hybridu (Fuksa 2018). V dnešní době se kukuřice pěstuje převážně jako širokořádková plodina. Vzdálenost mezi řádky je buď 70 nebo 75 cm, jak uvádí Smutný & Šedek (2017). Pro optimální růst velmi raných a raných hybridů silážní kukuřice (FAO 240 a nižší) se doporučuje hustota porostu 90 000 nebo více rostlin na hektar. Pro středně rané až středně pozdní hybridy je doporučeno rozmezí od 80 000 do 90 000 rostlin/ha. Maximálně 80 000 rostlin/ha je doporučeno pro hybridy pozdní (FAO 350 a více). Celkově pro nízký počet rostlin/ha platí, že jedinci si nekonkurují a jejich hmotnost je maximální, ale celkový výnos sušiny je nízký. V opačném případě se objem biomasy zvyšuje, ale hmotnost jednotlivých rostlin se snižuje. Při velkých hustotách vlivem asynchronie tvorby pylu a objevování blizen dochází k horšímu opylení, a to může vést k horšímu ozrnutí palic. Doporučené rozpětí uvádí výrobce osiva u každého konkrétního hybridu. Při použití silážní kukuřice k bioplynným účelům se doporučuje užití horní hranice tohoto rozpětí. Taktéž se doporučuje, oproti pěstování ke krmným účelům, o něco pozdnější hybrid (max. o 50 čísel FAO) než je běžně používaný v dané oblasti (Fuksa 2018). Pokud budeme uvažovat pěstování kukuřice v širokořádkách a výsevek bude 80 000–90 000 jedinců na hektar, potom vhodnou vzdáleností rostlin v řádku bude 14–17 cm. Tato hodnota se bude snižovat s rostoucím výsevkiem. Za hraniční hodnotu lze považovat vzdálenost 14 cm, kdy se negativně začíná projevovat konkurence rostlin o vodu, živiny a sluneční záření. Zvýšení počtu rostlin na ploše, aniž by docházelo ke konkurenci, lze dosáhnout snížením meziřádkové vzdálenosti. Jedná se o technologii pěstování kukuřice v úzkých řádcích nebo ve dvouřádcích. Pěstování v úzkořádku znamená snížení meziřádkové vzdálenosti na polovinu, tedy na 37,5 cm a zvýšení rozestupů v řádku mezi rostlinami na vzdálenost 34 cm. Při dvouřádkovém setí (twin-row) je pro osu řádku zachována rozteč 75 cm. Na rozdíl od tradiční metody širokého řádku se však semena vysévají střídavě v blízkosti osy řádku. Rozteč mezi jednotlivými rostlinami na obou stranách osy je 28 cm. Kromě znázornění výše uvedených operací, obrázek č. 1 také zobrazuje procentuální podíl plochy půdy využívané rostlinami v různých přístupech. To souvisí nejen s dostupností vody a živin, ale také s přítomností slunečního svitu. Tyto faktory mají vliv na konečnou produkci biomasy.



Obrázek č. 1: Schématické znázornění různých meziřádkových vzdáleností při seti kukuřice (Smutný & Šedek 2017)

Tématem změny organizace porostu se již zabývalo mnoho studií, které ukazují, že za určitých podmínek mohou být tyto změny přínosné. Proto došlo k zavedení těchto metod do běžné praxe, kde dochází k navýšení výnosů oproti širokořádkové metodě až o 5–10 % u kukuřice na zrno i na siláž. Významnějším důvodem pro užití úzkořádkové technologie je omezení rizika eroze na erozně ohrožených pozemcích. Úspěch této technologie, ve spojení s užitím půdoochranné technologie zpracování půdy, dokazuje zavedení do standardů DZES 5 v roce 2015. V našich podmínkách jsou známy zkušenosti s pěstováním kukuřice v nižší meziřádkové vzdálenosti již z 70.–80. let minulého století. V té době byla kukuřice na siláž běžně vysévána secími stroji na cukrovku. Tyto stroje měly rozpon řádku 45 cm (Smutný & Šedek 2017).

U číroku taktéž závisí meziřádková vzdálenost a velikost výsevku na odrůdě a na lokaci pěstování. V tropických oblastech se obvyklá meziřádková vzdálenost pohybuje v rozmezí 75–100 cm. Cílová populace rostlin závisí na hloubce půdní vlhkosti. Její velikost by se měla pohybovat mezi 160 000 a 250 000 rostlinami/ha. Z důvodu, že vzcházivost není 100 %, by výsevek měl být navýšen o 20–25 % pro kvalitní půdy s dobrou předseťovou přípravou. Pro půdy méně kvalitní by tato hodnota měla dosahovat 40–50 % (Martin et al. 2015). Pro pěstování v našich podmínkách standardně volíme rozteč řádků 75 cm. Důležité je brát v potaz potenciální výhody pěstování v užších roztečích, na které čírok pozitivně reaguje. Tyto rozteče se pohybují mezi 25 a 50 cm. Mezi jejich výhody můžeme zařadit potenciálně vyšší výnos zelené hmoty, rychlejší vzcházení, a s tím spjaté i dřívější a lepší potlačení plevelů a menší náchylnost k poléhání rostlin. Díky tomu je půda lépe chráněna před vysycháním v období s nedostatkem srážek a naopak, díky vyššímu stupni půdního pokryvu, lepší protierozní schopnost během silných dešťů (Theiß & Jäkel 2019). Je důležité vzít v úvahu nevýhody velmi hustých porostů, jak uvádí Pražák (2016). Tyto porosty mají větší koncentraci stonků, což má za následek větší množství vlákniny. V důsledku toho je ztížena

schopnost stravitelnosti organické hmoty a snižuje se množství vyprodukovaného zrna. May et al. (2015) zkoumali vliv meziřádkové vzdálenosti na produkci biomasy čiroku. Sledovanými aspekty byly: výška rostliny, průměr stonku, počet listů, počet palic, čerstvá hmotnost na rostlinu a biomasa. Ze sledovaných roztečí 50, 70, 90 a 110 cm byla shledána za nejvýhodnější rozteč 50 cm. Výnos biomasy se totiž s rostoucí meziřádkovou vzdáleností významně snižoval. Pro rozteč 110 cm byl výnos průměrně nižší až o 35 % z hektaru. Výsledky výzkumu Snidera et al. (2012) ukazují jako nejlepší meziřádkovou vzdálenost 19 cm. Jako nejprofitabilnější se ukázal výsev 116 000 semen na hektar. Vyšší výsev (204 000 a 291 000 semen/ha) se projevil negativně poléháním rostlin. Důvodem byl podstatně nižší průměr stonku. Zvýšení výsevu se ani neprojevovalo vyšší výnosností. Zeise & Fritz (2011) naopak doporučují použít výsev 200 000 až 250 000 semen/ha pro ideální výnos biomasy. Hermuth et al. (2012) dodávají, že ideální vzdálenost v řádku je 25–30 cm.

Tabulka č. 1: Sumarizace důležitých hodnot pro zakládání porostů kukuřice a čiroku

plodina	Termín	Hloubka (cm)	Meziřádková vzdálenost (cm)	Vzdálenost v řádku (cm)	Výsev (tis./ha)
kukuřice	15.4.-15.5.	6-9	37,5-75	14-17	80-90
čirok	15.5.-20.6.	2-5	25-50	25-30	116-250

3.2.4 Výživa a hnojení

Jelikož silážní kukuřice patří mezi rostliny typu C4, je pro ni předpokladem výborné využití přijatých živin pro tvorbu výnosu. Efektivně dokáže využívat zbytkové živiny. Proto je vhodné k předcházející plodině aplikovat více hnojiva (MacAdam & Nelson 2003). Charakteristický je pomalý počáteční růst, omezený nízkými teplotami. Tomu odpovídá i nízký odběr živin v počáteční fázi růstu. V tomto období je rostlinou kladen vyšší důraz pouze na fosfor. K navýšení odběru dochází až v době intenzivního růstu, tedy 8–10 týdnů po zasetí. Tento odběr roste souběžně s intenzitou tvorby biomasy (Zimolka 2008). 70 až 80 % celkové potřeby živin je spotřebováno v období 10 dní před kvetením až 30 dní po odkvetení. Právě proto by se mělo využít organických hnojiv a vhodného hnojení k předplodině. Dále se při výsevu doporučuje užití hnojiv s dlouhodobým uvolňováním živin (Kramberger et al. 2009). Z tohoto důvodu doporučují Vrzal et al. (1995) rozdělit celkovou aplikační dávku na 3 menší. Zimolka (2008) navrhuje používat kapalná hnojiva nebo kejdu jako přihnojovací dávku. Kukuřice vykazuje velmi příznivou odezvu na tato hnojiva a jejich aplikace má příznivý vliv na teplotní a vláhové podmínky půdy. Nedoporučuje se rozhazovat pevná granulovaná hnojiva, protože by mohla potenciálně mechanicky poškodit rostliny a popálit paždí listů. Kromě toho existuje možnost ztrát v důsledku vyplavování.

Absence dusíku je patrná ze žlutozeleného odstínu rostlin, stejně jako jejich zakrnělý růst a štíhlé stonky. Nejspodnější listy rostlin vadnou, palice vykazují zakrnělý růst a dochází k poklesu celkového nárůstu biomasy. Nejvýraznější indikace deficitu dusíku se objevuje ve fázi kvetení, zejména v období sucha. Autor také jasně uvádí důležité požadavky kukuřice na fosfor. Kukuřice výrazně reaguje na jeho nedostatek tím, že vykazuje sníženou toleranci vůči chladu, suchu, infekcím a poléhání. K největší potřebě dochází v období květu. Nedostatek

fosforu je indikován růstem tenčích modrozelených listů. Vrcholové části horních listů mají červenofialové zbarvení. Pokud dojde k dlouhodobému deficitu, celé listy se zbarví tímto způsobem. Palice těchto rostlin jsou nekvalitní, drobné a deformované. Optimální doba pro doplnění fosforu je během podzimního období. Při jarním hnojení mohou mít rostliny nedostatečnou absorpci živin v důsledku sníženého příjmu způsobeného suchem nebo chladným počasím. Nedostatek draslíku se projevuje, podobně jako nedostatek fosforu, slabými stébly. Tato stébla jsou poté náchylnější k poléhání a napadení chorobami. Dostatkem dusíku může být příznivě ovlivněna suchovzdornost rostlin (Lošák 2006).

Významný je pro pěstování kukuřice také hořčík. Je totiž součástí chlorofylu. Výnos kukuřice je zejména dán právě tvorbou a činností chlorofylu. To dělá z hořčíku nepostradatelnou živinu v pěstování kukuřice (Kramberger et al. 2009). Doporučenou dávku jednotlivých živin znázorňuje tabulka č. 2.

Tabulka č. 2: Doporučená dávka jednotlivých živin pro kukuřici a čirok

Minerální prvek	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg
Množství (kg/ha) kukuřice	120-180	70-120	90-140	30-50	25-50
Množství (kg/ha) čirok	140-160	60-80	120-150	30-50	15-30

Ze studie Tomáška & Cihláře (2018) vyplývá, že základem pro optimální výnos kukuřice je základní hnojení obsahující dostatek dusíku, fosforu, draslíku a dalších makroprvků. Mezi další zásadní faktory patří výběr vhodného hybridu, použití správné kombinace hnojiva před setím, preemergentní hnojení pomocí DAM a následné hnojení ve spojení s kypřením nebo plečkováním. Hlavním zaměřením studie bylo zkoumání možnosti využití podpůrných přípravků, jejichž účelem je dosahování vyšších výnosů. Porovnávány byly přípravky firem Agra Group a.s. (přípravky Forte Gama, NF Max, Campofort Special Zn, Nanofyt Si a RetafosPrim), Chemap a.s. (přípravky Zeastim BBCH) a Galleko (přípravky Galleko univerzál, list, květ a plod). Tabulka č. 3 ukazuje výběr přípravků s nejlepšími výsledky při použití na porost silážní a zrnové kukuřice. Porovnáván byl výnos zelené a suché hmoty obou porostů ve srovnání s kontrolním porostem.

Tabulka č. 3: Výběr nejlepších podpůrných přípravků pro porosty kukuřice (Tomášek & Cihlár 2018)

Varianta	Přínos aplikace u silážní kukuřice		Přínos aplikace u zrnové kukuřice	
	Výnos zelené hmoty (%)	Výnos suché hmoty (%)	Výnos zelené hmoty (%)	Výnos suché hmoty (%)
Kontrola = 30,87 t/ha zelené a 10,81 t/ha suché	100	100	100	100
Forte Gama + NF Max a Campofort Special Zn	107,7	119,2	113,1	119,2
RetafosPrim	112,7	122,7	110,7	122,7
Galleko růst + Galleko list	110,0	107,5	122,0	124,0
Galleko růst + Galleko květ a plod	112,3	111,4	135,7	133,8
Zeastim BBCH 14	102,2	99,1	107,5	107,9
Zeastim BBCH 40-50	104,4	102,6	102,6	103,3

Zjištění ukázala, že aplikace živin přímo na listy může zmírnit nepříznivé dopady povětrnostních podmínek a nerovnováhu nebo nedostatek jiných složek živin. Tato metoda účinně poskytuje rostlinám základní prvky, které jinak chybí. Tato studie jednoznačně prokázala, že použití listových podpůrných přípravků a současných listových hnojiv pozitivně ovlivňuje produktivitu rostlin. Tyto přípravky mají schopnost zvýšit výnos plodin a zmírnit účinky stresu způsobeného nedostatkem vody. Volba nevhodného období pro aplikaci nebo špatná příprava aplikační dávky však může vést k nepříznivým nebo až smrtelným výsledkům pro plodinu.

Vzhledem k tomu, že čiroky jsou hluboko kořenící rostliny (kořeny zasahují až do hloubky 150 cm), mají velkou odolnost vůči suchu a dalším abiotickým stresům, jako je například zasolení. Jako glykofytní rostliny nerostou v přirozeně zasolených půdách, ale oproti jiným glykofytům mají lepší toleranci vůči zvýšené koncentraci solných iontů v půdě. Koncentrace sodíkových solí může klidně v půdách, kde je čirok pěstován, dosahovat koncentrace 1 %. Čirok není plodina výrazně náročná na půdu, ale pro dosažení dobrých výnosů se doporučují půdy středně hlinité, které jsou dobře zásobené živinami (Hermuth et al. 2018).

Z hlediska minerální výživy je to plodina velmi náročná na příjem živin. Tato potřeba je většinou řízena množstvím sušiny vyprodukované na jednotku plochy půdy. Nutriční potřeby této plodiny lze uspokojit používáním organických hnojiv, jako je hnůj nebo kompost,

v ideálním množství 25–35 tun na hektar, a také používáním průmyslových hnojiv. Tato hnojiva se doporučuje zpracovat do půdy před výsevem. Potřebu hnojení určuje obsah živin v půdě. Čirok zprvu živiny odčerpává velmi pomalu v nízkých dávkách. Proto se doporučuje využívat taková hnojiva, která poskytují pomalé a trvalé uvolňování živin. Ke zvýšení intenzity příjmu živin dochází po nárůstu 3–4 listů a dochází k silnějšímu růstu. Spotřeba živin roste úměrně k rychlosti růstu. Vrchol příjmu minerálních živin probíhá v průběhu měsíců července a srpna. Dusík a draslík mají nejvyšší míru využití. Vyšší příděl dusíku vede ke zvýšení produkce rostlinné biomasy a zvýšené hladině bílkovin. Čirok má díky své odolnosti k poléhání i poměrně vysokou úroveň odolnosti vůči přehnojení dusíkatými hnojivy. Nadměrné hnojení však vede k prodloužení vegetačního období. Draslík zvyšuje odolnost vůči chladu a mrazu, podporuje syntézu sušiny, pozitivně ovlivňuje tvorbu cukru a zvyšuje efektivitu využití vody. S rostoucím množstvím draslíku se zvyšuje poměr sacharózy, zatímco poměr redukujících cukrů, bílkovin a dusíkatých látek klesá. Fosfor rostlina nejprve absorbuje mírným tempem a v omezeném množství. Jeho příjem postupně roste až do období rozkvetu, kdy dosáhne svého vrcholu. Vápník se také využívá v pozdějších fázích růstového období (Hermuth et al. 2012; ÚKZÚZ 2020).

Newman et al. (2013) podporují tvrzení, že nejvhodnější termín pro aplikaci hnojiv je před výsevem následované zaoráním. Alternativou může být aplikace hnojiv při výsevu v kontinuálních pásech 5 cm pod a 5 cm na každou stranu vedle osiva. Celkovou dávku je lepší rozdělit do dvou menších dávek. První dávka by měla být aplikována před nebo během setí a druhá aplikace by měla proběhnout během vegetace. Při využití k silážním účelům může být celková dávka rozdělena až do tří dávek. Aplikace druhé dávky by měla proběhnout až poté, co rostlina dosáhne výšky přibližně 30 cm a třetí dávka při výšce rostliny kolem 60 cm.

Otázkou závislosti výnosu na velikosti dodané dávky dusíkatých hnojiv se zabývali Bartzialis et al. (2023). Obecně platí, že zvýšením dávky dusíku roste i výnos. Toto tvrzení má však mnoho vlivů. Mezi tyto faktory patří lokace pěstování, zvolená odrůda, předplodina atd. Z této studie vyplývá, že optimální dávkou pro produkci čirokové biomasy, při správně zvolené předplodině, je 160–180 kg dusíku na hektar. Dále tato studie potvrdila i tvrzení, že s rostoucí dávkou dodaného dusíku roste i obsah bílkovin v sušině. Dembele et al. (2021) zdůrazňují, že důležitá je volba dávky podle zvolené odrůdy. U většiny zkoumaných odrůd byla taktéž zjištěna nejlepší dávka 160–180 kg N/ha. Výjimkou u nízkých hybridních odrůd byla maximálně prospěšná dávka stanovena na 89 kg/ha.

Studie provedená Bermejo et al. (2010) se zaměřila na zkoumání vlivu používání organických hnojiv oproti minerálním dusíkatým hnojivům na růst rostlin čiroku. Rostliny byly hnojeny pevným a tekutým digestátem, kejdou, chlévským hnojem a ledkem amonným s přísadkou vápence. Každý porost dostal stejnou dávku hnojiva, konkrétně 120 kg/ha dusíku. Poté byly tyto rostliny porovnány s kontrolní skupinou, která neobdržela žádné hnojení. V týdenních intervalech bylo prováděno měření výšky porostu a indexu listové plochy. Po ukončení pokusu byl zkoumán výnos sušiny a výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 4.

Tabulka č. 4: Výnos sušiny čiroku dle užitého hnojiva (Bermejo et al. 2010)

Typ hnojiva	Nehnojená kontrola	Minerální dusíkaté	Tekutý digestát	Tuhý digestát	Kejda	Chlévský hnůj
Výnos (t/ha)	11,29	16,23	12,45	13,12	14,48	11,93

Výsledky ukazují, že použití ledku amonného s vápencem mělo nejvýznamnější vliv na výnos, což vedlo k nárůstu přibližně o pět tun sušiny na hektar ve srovnání s nehnojenou kontrolou. Co se týče organických hnojiv, nejvýraznější vliv měla kejda. Je však třeba vzít v úvahu značný rozdíl ve výnosu mezi variantou hnojenou průmyslovým hnojivem a variantou hnojenou kejdou. Pevný digestát a tekutý digestát přinesly rovněž příznivé výsledky. Naopak nejnižší účinnost měl chlévský hnůj, který nedokázal zajistit podstatné zvýšení produkce ve srovnání s nehnojenou kontrolou. V potaz by měla být brána i ekonomická a časová náročnost pořízení a aplikace jednotlivých hnojiv.

Pro dosahování vyšších výnosů je dostupná možnost využití podpurných přípravků. Studie Tomáška & Cihláře (2018) se zaměřuje, jak je zmíněno výše, na porovnání přípravků v porostech kukuřice. Avšak hovoří o pozitivních výsledcích i při aplikaci na porost čiroku za využití přípravků firmy Chemap.

3.2.5 Ochrana porostu

3.2.5.1 Regulace plevelů

Plevele konkurují kukuřici, snižují výnosy, způsobují ztráty při sklizni a produkují semena, která zvyšují půdní semennou banku. I slabé zaplevelení porostu může snížit výnosy o 10 až 15 %. Silné zamoření může snížit výnosy až o 50 procent, pokud se během sezóny nekontroluje. V ideálním případě by se plevele měly regulovat po celou sezónu. Nejkritičtější obdobím je však prvních šest týdnů po výsevu. Potenciální velikost klasu se určuje během třítýdenního období, které začíná přibližně šest týdnů po vzejití. V této době je rozhodující, aby kukuřice dobře rostla bez stresu z konkurenčních plevelů. Výzkum ukázal, že jedna rostlina jitrocele na 1 m², která zůstane nekontrolovaně po dobu čtyř týdnů po vzejití, sníží výnos o 4 %. Napadení plevelem v pozdním období má menší vliv na produkované výnosy, ale může narušovat sklizeň a snižovat sklizňové výnosy. Pozdní plevele jsou také velmi výkonné při produkci semen, která doplňují půdní semennou banku (Smith & Scott 2008).

Hojně využívaným řešením byly hybridy kukuřice s odolností vůči herbicidům, včetně glyfosátu, glufosinátu a imidazolinonu, které se prosadily především v Americe. Tato technologie poskytovala po desetiletí vynikající ochranu, ovšem časté a opakované používání glyfosátu vedlo k rezistenci plevelů, ilustrující nežádoucí efekty jednostranného zaměření na herbicidy. Účinná a hospodárná ochrana proti plevelům v kukuřici vyžaduje integrovaný program, který zahrnuje správné postupy, jako je střídání plodin a hospodaření s vodou, vliv předplodiny a způsob jejího ošetřování, správný výběr herbicidů a správnou identifikaci plevelů. Vliv mají také další agrotechnická opatření. Při tradičním způsobu zakládání

porostu se značná část nově rostoucích plevelů eliminuje kvůli časovému intervalu mezi jednotlivými kroky. Lze taktéž využít mechanické regulace jako je plečkování či ničení rostlin plamenem. To nabízí pěstitelům nový nástroj v rámci integrovaného přístupu k regulaci plevelů. I přes tyto metody zůstává používání herbicidů hlavním, efektivním a ekonomicky výhodným způsobem regulace plevelů v kukuřici (Smith & Scott 2008; Jhala et al. 2014).

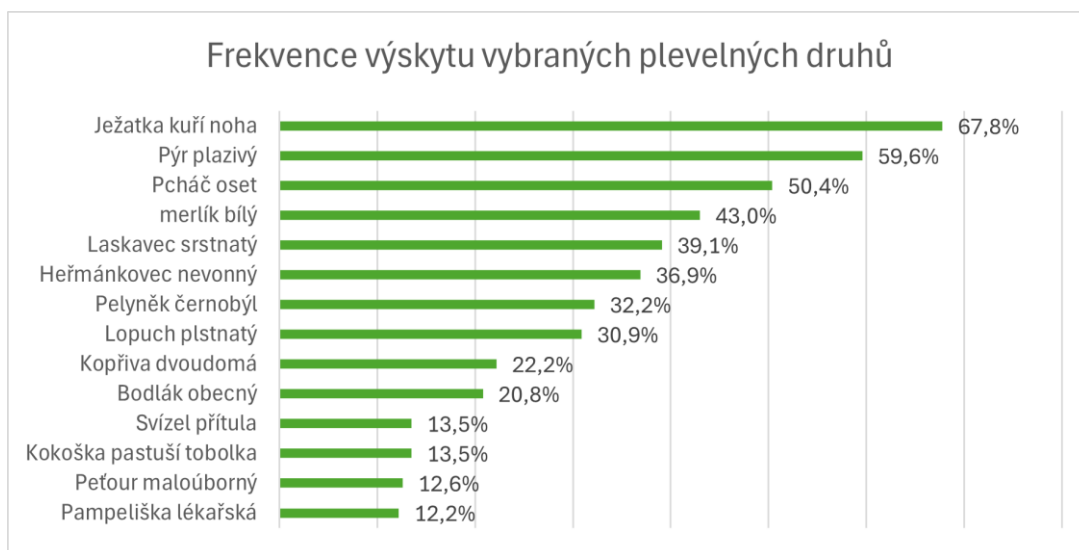
Kukuřice má relativně nízkou úroveň konkurenceschopnosti a je velmi náchylná k výskytu plevelů. Je to důsledek pěstování v širokých řádcích, pomalým počátečním vývojem a dlouhým zapojováním porostu. Během růstové fáze, kdy má kukuřice 10 až 12 listů, obvykle pokrývá 60 až 70 % plochy a dosahuje výšky 90 až 130 cm. V této fázi je míra konkurence již poměrně vysoká, ale porost ještě není zcela zapojen. Úplné zapojení nastává v počáteční fázi kvetení. Fáze 10 až 12 listů kukuřice, která se vyznačuje velkým nárůstem její konkurenceschopnosti, nastává mezi 40. až 50. dnem po výsevu. To poskytuje dostatek příležitostí pro rozvoj plevele (Kintl et al. 2021).

Mezi nejčastější plevele v porostech kukuřice řadí Smutný (2012) pozdně jarní plevele jako jsou merlíky (*Chenopodium*), laskavce (*Amaranthus*), ježatka kuří noha (*Echinochloa crus-galli* (L.) BEAUV.), rdesno blešník (*Persicaria lapathifolia* (L.) S.F.GRAY) a peřour maloúborný (*Galinsoga parviflora* CAV.).

Můžeme se též setkat s časně jarními plevelnými druhy, jako jsou hořčice rolní (*Sinapis arvensis* L.) nebo knotovka noční (*Silene noctiflora* (L.)). Taktéž hrozí výskyt vytrvalých plevelů s ohniskovým výskytem. Jsou to pýr plazivý (*Elytrigia repens* (L.) DESV.), pcháč oset (*Cirsium arvense* (L.) SCOP.) a pelyněk černobýl (*Artemisia vulgaris*).

Velký problém při pěstování kukuřice na siláž představuje durman obecný (*Datura stramonium* L.). Tento plevel dokáže klíčit pouze při vyšších teplotách. V důsledku toho je posunuta doba jeho vzcházení do léta. To představuje výzvy pro jeho kontrolu, a to jak z hlediska chemických, tak mechanických metod. Tento druh má schopnost rychle vytvářet značné množství biomasy. Ve fázi sklizně může být poměr mezi množstvím kukuřičné biomasy a tímto plevem 1:1. Problém představuje tím, že celá rostlina je toxická. To může vést ke znehodnocení celého porostu kukuřice, který je pak nezkrmitelný. Graf č. 1 zobrazuje výběr nejčastějších plevelů a jejich procentuální zastoupení v řepařské výrobní oblasti (Smutný 2012).

Graf č. 1: Frekvence výskytu vybraných druhů plevelů v kukuřici (Smutný 2012)



Vzhledem k vzestupu minimalizačních technologií při pěstování kukuřice nedochází k eliminaci vzcházejících plevelů během zpracování půdy. Hlavní regulace plevelů se tak přesouvá do vegetačního období kukuřice, kde se využívají herbicidy. Ve většině případů jsou aplikovány na celou plochu a meziřádkové kultivace se provádějí zřídka. Alternativou je metoda aplikace herbicidů na pásy s vysetým osivem, zatímco zbývající plochy se plečkují (Zimolka 2008).

Preemergentní herbicidy se aplikují po zasetí kukuřice a před jejím vzejitím. Některé z těchto herbicidů, jako například Dual Magnum, pronikají do plevelných rostlin přes vzcházející koleoptily a mají omezený účinek na již vzešlé plevele. Je nutné tyto herbicidy aplikovat před klíčením cílových plevelů. Aby herbicidy účinkovaly, je zapotřebí dešťových srážek nebo zavlažování, označovaného jako "aktivace" herbicidu. Při výrazných deštích bezprostředně po aplikaci může část herbicidu proniknout do kontaktu s klíčovými semenáčky kukuřice, což může způsobit opožděné vzcházení a určité poškození porostů. Typickými příznaky poškození jsou deformace rostlin a zpomalení růstu. Za dobrých pěstitelských podmínek jsou příznaky obvykle pouze kosmetické a kukuřice pokračuje v normálním růstu sedm až deset dní po vzejití (Smith & Scott 2008; Alptekin et al. 2023).

Postemergentní herbicidy se aplikují po vzejití kukuřice a nejčastěji po vzejití plevelů. Tyto herbicidy slouží k regulaci vzešlých plevelů, které unikly preemergentním herbicidům nebo k rozšíření reziduální kontroly plevelů nad rámec preemergentních herbicidů (Smith & Scott 2008; Alptekin et al. 2023). Tabulka č. 5 poskytuje podrobný přehled o účinných látkách obsažených v herbicidech, které jsou schváleny pro používání v České republice, a to zejména pro ochranu porostů kukuřice. Seznam je založen na informacích poskytnutých Ústředním kontrolním a zkušebním ústavem zemědělským (ÚKZÚZ 2024).

Herbicidní ochrana je dlouhodobě považována za nejefektivnější způsob regulace plevelů ve světovém zemědělství. Ovšem dlouhodobé používání těchto chemikálií má negativní dopady na plodiny a životní prostředí. S ohledem na tyto negativní dopady a moderní požadavky trhu na produkci je potřeba vývoj nových, účinných, udržitelných a ekologických metod regulace plevelů. Důvodem pro vývoj takových metod je i strategie EU

pro stažení mnoha herbicidů z používání. Mezi možné přístupy patří ekologická integrovaná regulace plevelů (EIWM), omezení půdní banky semen plevelů, precizní aplikace herbicidů, mechanické odplevelování, mulčování, zelené hnojení a bioherbicity. V porovnání s herbicidy jsou tyto metody méně účinné. I když samy o sobě nemusí být přijímány s nadšením, ve spojení s dalšími agrotechnickými opatřeními by mohly poskytnout systematický způsob udržitelné a spolehlivé regulace plevelů, zejména v ekologické produkci a v malých zemědělských systémech (Pavlović et al. 2022).

Z výzkumu (Pannacci & Tei 2014) zaměřeného na alternativní mechanické způsoby regulace plevelů měly dobré výsledky tyto metody:

- Aplikace herbicidu na řádek plodiny a radličkové plečkování meziřádku – snížení potřeby herbicidu o 50 % a 99% úspěšnost v regulaci plevelů.
- Radličkové plečkování meziřádku i prostor v řádku mezi plodinami – průměrně 93% regulace zaplevelení.
- Užití prstových pleček – efektivní pouze v kombinaci s další jinou metodou plečkování.

Během prvních čtyř až pěti týdnů po vzejití se čirok vyvíjí pomalým tempem a nevytváří zapojený porost. Z toho důvodu je v této růstové fázi velmi slabým konkurentem. Plevelé čirok předstihují v růstu a tím mu omezují přístup ke světlu, vlhkosti a živinám. Je tedy nezbytné udržovat porost čiroku v této době čistý s prokypřeným povrchem (Hermuth et al. 2018; Thompson et al. 2019). Snížení produkce způsobené zaplevelením zůstává významným omezením pro pěstování čiroku. Absence herbicidů je významnou překážkou pro účinnou regulaci travních plevelů v čiroku, zejména ve fázi po vzejití. Na rozdíl od plodin, jako je kukuřice nebo sója, nemají pěstitelé čiroku v současné době přístup k technologiím, které by pomáhaly řídit růst plevelů během celého vegetačního období (Pandian et al. 2022). U plodiny napadené plevelely dochází nejen ke snížení množství sklizené produkce, ale také k celkovému snížení kvality vytvořené biomasy. To má následně za následek zvýšení výrobních nákladů (Peerzada et al. 2017). Smith & Scott (2010) uvádí, že jedna rostlina laskavce (*Amaranthus* sp.) na 1 m² ponechaná bez ošetření, dokud čirok nedosáhne třílistového stádia, snižuje výnos až o 10 %. Silné napadení porostu trávovitými plevelely v prvních dvou týdnech po vzejití může způsobit až 20% snížení výnosu. Dále uvádí, že podstatnou roli hraje i v ochraně proti plevelům náchylnost čiroku k abiotickým stresorům. Takovým stresorem pro tuto teplomilnou plodinu může být výsev do příliš vlhké a chladné půdy. To způsobuje mnohem vyšší citlivost na konkurenci plevelů a poškození herbicidy.

V počátečních fázích růstu je přijatelná možnost mechanické regulace plevelů vláčením. Pro tuto strategii je doporučováno užití lehkých bran. Teprve až když plodina disponuje dostatečným kořenovým systémem a flexibilitou, lze uvažovat o tomto postupu. Těchto vlastností dosahuje porost při výšce 10-12 cm. Pozdější vláčení může způsobit nevratné poškození rostlin. Tato technika nejen zredukuje počet nově rašícího plevelu, ale také naruší krustu půdy a provzdušní ornici. Prokypřený povrch totiž pomaleji vyzařuje teplo a tím poskytuje lepší ochranu proti pozdním jarním mrazíkům (Hermuth et al. 2012).

Peerzada et al. (2017) tvrdí, že celková výše výnosových ztrát je determinována odolností specifických kultivarů čiroku, optimálním rozestupem mezi řádky, typy plevelů, trváním jejich vlivu v porostu a obecnými ekologickými podmínkami daného stanoviště.

Proto doporučuje pro porost zvolení odrůdy s dobrou konkurenceschopností. Dalším doporučením je snížení vzdálenosti rostlin v řádku, zvýšení hustoty porostu a vhodné střídání plodiny na pozemku. Tato opatření taktéž významně snižují konkurenční schopnost několika druhů plevelů. Ve studii (Besançon et al. 2017) byl zkoumán vliv užití meziřádkové vzdálenosti 19, 37 a 75 cm, velikost populace 99 000, 198 000, 297 000 a 396 000 rostlin/ha a k tomu vhodný termín aplikace herbicidu. Sledované plevele byly *Senna obtusifolia* (L.) H.S. Irwin & Barneby a rosička krvavá (*Digitaria sanguinalis* L.). Výsledky prokázali, že zvýšení hustoty porostu při různých meziřádkových vzdálenostech může hrát významnou roli v regulaci těchto plevelů tím, že snižuje jejich biomasu. Strategie 297 000 rostlin/ha poskytla nejlepší výsledky a výrazně snížila potřebu postemergentní aplikace herbicidu. Toto tvrzení platí pouze za podmínky včasné aplikace preemergentního herbicidu.

Čirok je velmi citlivý na účinky herbicidů. Na postemergentní postřiky, které slouží k regulaci jednoděložných plevelů, jsou obzvláště citlivé. Plevelé však zahrnují širokou škálu druhů, které vyžadují různé přístupy k jejich likvidaci. V důsledku toho existuje omezený výběr schválených herbicidů, kterými lze tyto plodiny účinně hubit. Přesná identifikace plevelů a následný zásah jsou klíčové (Dille et al. 2020).

Pandian et al. (2022) uvažují potenciální možnost šlechtění speciálních odrůd. Takové odrůdy by měli dosahovat ideální rezistence vůči herbicidům aplikovaným postemergentně, a tím rozšířit paletu vhodných přípravků. Rizikem je však možnost přenosu této rezistence i na rostliny plevele.

Tabulka č. 5 je rozšířena i o účinné látky obsažené v herbicidech pro ochranu porostů čiroku. V současnosti je dle ÚKZÚZ (2024) v ČR povoleno používat k regulaci plevelů pouze 6 účinných látek.

Jako nejběžnější plevele uvádí Kaczmarek (2017) ježatku kuří nohu (*Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv.), violku rolní (*Viola arvensis* Murray), kakost maličký (*Geranium pusillum* Burm. f.), merlík bílý (*Chenopodium album* L.), opletku obecnou (*Fallopia convolvulus* (L.) Á. Löve), truskavec ptačí (*Polygonum aviculare* L.), kokošku pastuší tobolku (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Med.) a heřmánkovec nevonný (*Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip.). Přičemž jediný zástupce z jednoděložných byl *Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv. V této studii byl zkoumán vliv jednotlivých účinných látek na počet rostlin a objem biomasy těchto plevelů. Největším účinkem u dvouděložných plevelů disponovala rozdělená aplikace mesotrionu + terbuthylazinu a terbuthylazinu + mesotrionu + s-metolachloru. Tato redukce se setkala až s 97% úspěšností. Nejlepší možností pro regulaci ježatky kuří nohy bylo použití mesotrionu + s-metolachloru. Kromě toho byla zjištěna pozitivní korelace mezi aplikací dikamby + prosulfuronu a hustotou ježatky. Pro redukcí biomasy ježatky bylo příznivější využití terbuthylazinu + mesotrionu + s-metolachloru. Na porostech ošetřených herbicidy bylo možno pozorovat i nárůst výšky a objemu biomasy. Nejpriznivější vliv měla aplikace terbuthylazin + mesotrion + s-metolachlor. Naopak negativní vliv vykazovala aplikace dikamby + prosulfuronu.

Účinností dikamby se zabývala studie Asif et al. (2019). Zkoumáno bylo pět variant přípravků od samotné dikamby v plné dávce 304,5 g ú.l./ha po 75% dávku dikamby s přídatkem 2 % síranu amonného. Ze studie vyplývá, že jako nejefektivnější varianta se jeví aplikace dikamby v plné dávce spolu s tank-mixem 2 % síranu amonného. Při této

aplikaci došlo k největší regulaci populace plevelu (až 79,6 %). Také byly zjištěny maximální hodnoty složek výnosu včetně výšky rostlin, průměru stonku, listové plochy a celkového výnosu biomasy. Lze tedy hovořit o metodě s nejlepším pěstitelským poměrem užitek/náklad.

Podobný výzkum prováděli i Schweizer et al. (2017). Studie se zaměřila na účinnost dikamby, 2,4-D a jejich kombinaci. Studované taktéž byly i termíny aplikace. Nejlepších výsledků bylo dosaženo při aplikaci podzimní i jarní dávky (2,2 kg/ha dikamby, 3,4 kg/ha 2,4-D na podzim; 0,28 kg/ha dikamby, 0,56 kg/ha 2,4-D na jaře). Jak obě látky, tak i jejich směsi vykazovaly velmi podobné výsledky. Při takové aplikaci plevel pokrýval 9 % plochy půdy. 72% pokryv půdy byl při užití pouze podzimní aplikace a 80% na neošetřených porostech.

Hermuth et al. (2018) uvádí, že čirok přirozeně dusí plevel, když zakrývá půdu. Z toho důvodu není nutné žádné další ošetření. Díky tomu je možné pěstovat čirok i v systému ekologického zemědělství bez použití pesticidů. Pro potlačení plevelu v rámci intenzivní technologie pěstování čiroku lze využít následující herbicidy. K vyčištění půdy před výsevem čiroku se doporučuje použít totální herbicid, který není selektivní. Je možné použít i postemergentní herbicidy, pokud je nutné ošetření během vegetace. K tomuto ošetření lze přistupovat až když jsou rostliny vysoké alespoň 15 cm. Pokud jde o čirok určený pro přímou sklizeň zrna nebo výrobu siláže, preemergentní ošetření Gardoprim Plus Gold v dávce až 4 l/ha bylo úspěšné při zaplevelení ježatkou kuří nohou. Vzhledem k omezenému množství herbicidů, jejich vysokým cenám a zvyšující se rezistenci plevelů, je zapotřebí hledání nových ekologičtějších způsobů regulace plevelů. Uvažovanou možností je vysazování alelopatických rostlin, tedy rostlin, které vykazují negativní fyto-toxický vliv na plevel. Tyto rostliny dokáží produkovat látky ovlivňující růst ostatních rostlin v jejich okolí. Právě čirok má dobrý alelopatický potenciál. Hlavní toxicita těchto rostlin je způsobená sorgoleonem a nejčastější formou je 2-hydroxy-5-methoxy-3-[(Z,Z)-8',11',14'-pentadecatriene]-p-benzoquinone. Čirok realizuje alelopatický efekt na kořenový systém prostřednictvím kapek sorgoleonu. Tato možnost je stále ve vývoji. Hlavním požadavkem je, aby tyto biologické metody regulace plevelů dosahovaly podobných výsledků jako metody konvenční (Głab et al. 2017; Sowiński et al. 2020).

Tabulka č. 5: Účinné látky používané k regulaci plevelů v porostech kukuřice a čiroku (ÚKZÚZ 2024)

Název účinné látky	Oblast působení	Termín aplikace	Plodina
2,4-D	Dvouděložné jednoleté i vytrvalé	Postemergentní	Kukuřice
Aklonifen	Dvouděložné jednoleté	Preemergentní	Kukuřice i čirok
Bentazon	Dvouděložné	Postemergentní	Kukuřice
Cykloxydim	Lipnicovité jednoleté i vytrvalé	Postemergentní	Kukuřice
Dikamba	Dvouděložné	Postemergentní	Kukuřice i čirok
Dimethenamid-P	Jednoděložné Dvouděložné	Preemergentní Postemergentní	Kukuřice i čirok
Florasulam	Dvouděložné jednoleté	Postemergentní	Kukuřice
Flufenacet	Dvouděložné jednoleté	Postemergentní	Kukuřice
Flurochloridon	Dvouděložné	-	Kukuřice
Fluroxypyr	Dvouděložné	Postemergentní	Kukuřice
Foramsulfuron	Jednoleté	Postemergentní	Kukuřice
Glyfosát	Jednoleté Vytrvalé	Před setím Preemergentní	Kukuřice
Isoxaflutol	Dvouděložné jednoleté	Preemergentní Postemergentní	Kukuřice
Jodosulfuron	Dvouděložné	Postemergentní	Kukuřice
Klopyralid	Dvouděložné	Postemergentní	Kukuřice
Mesotrion	Lipnicovité jednoleté Dvouděložné jednoleté	Preemergentní Postemergentní	Kukuřice
Nikosulfuron	Dvouděložné jednoleté	Postemergentní	Kukuřice
Pendimethalin	Jednoděložné jednoleté Dvouděložné jednoleté	Před setím Preemergentní	Kukuřice
Pethoxamid	Lipnicovité jednoleté Dvouděložné jednoleté	Postemergentní	Kukuřice
Pikloram	Dvouděložné	Postemergentní	Kukuřice
Prosulfuron	Jednoděložné Dvouděložné	Postemergentní	Kukuřice
Pyridát	Dvouděložné jednoleté	Postemergentní	Kukuřice

Rimsulfuron	Jednoděložné dvouděložné jednoleté vytrvalé	Postemergentní	Kukuřice
S-metolachlor	Jednoděložné jednoleté Dvouděložné jednoleté Lipnicovité	Preemergentní Postemergentní	Kukuřice i čirok
Sulkotrion	Dvouděložné jednoleté	Postemergentní	Kukuřice
Tembotrion	Dvouděložné jednoleté	Postemergentní	Kukuřice
Terbuthylazin	Jednoděložné jednoleté Dvouděložné jednoleté	Preemergentní Postemergentní	Kukuřice i čirok
Thienkarbazon	Dvouděložné jednoleté	Preemergentní Postemergentní	Kukuřice
Thifensulfuron- methyl	Dvouděložné jednoleté	Postemergentní	Kukuřice
Tritosulfuron	Dvouděložné	Postemergentní	Kukuřice i čirok

Z tabulky je zřejmý významný rozdíl mezi dostupností herbicidů pro ochranu porostů kukuřice a čiroku.

3.2.5.2 Regulace chorob a škůdců

Porosty kukuřice čelí závažným rizikům spojeným s jedním až třemi škůdci, zejména v kukuřičných výrobních oblastech s vysokou hustotou v osevním postupu. V České republice bylo identifikováno zhruba 47 patogenů způsobujících choroby kukuřice, zahrnující viry, bakterie, houby a organismy podobné houbám, přičemž většina druhů má zanedbatelný význam. V poslední době se však objevuje vzrůstající počet patogenů ohrožujících kukuřici, které mohou vyvolat ekonomicky významné choroby. Ochrana kukuřice před těmito chorobami a škůdci se stává klíčovým opatřením pro udržení vysoké produktivity a kvality sklizně. V opačném případě může dojít ke znehodnocení siláže. Proto je velmi důležité dbát na vhodné střídání plodin nebo zapravení napadených posklizňových zbytků, jejichž výskyt zvyšuje riziko přenosu na následující plodinu nebo z předplodiny. Náchylné jsou taktéž stresované rostliny. Proto je důležité vyvarovat se stresu ze sucha nebo špatného odvodnění. Předcházet přenosu je možno i vyváženým hnojením. I přes tyto formy ochrany jsou stále nejúspěšnější a nejpoužívanější formy ochrany porostů insekticidy a fungicidy (Cartwright et al. 2008; Tóth & Kmoch, 2016).

Významným škůdcem pro porosty kukuřice jsou divoká prasata. Tyto porosty jsou pro ně velmi atraktivní jako zdroj potravy a místo úkrytu. Největší škody jsou způsobeny rytím, žírem, rozválením a rozšlapáním. Tím mohou být způsobeny i významné škody na výnosech. Riziko mohou představovat i vyryté jámy, jež mohou poškodit zemědělskou techniku. Divoká prasata způsobují 90 % ze všech škod způsobených divokou zvěří. V současnosti se ve smyslu prevence nejvíce spoléhá na lov zvěře. Doporučuje se spolupracovat s mysliveckými organizacemi (Štrobach & Mikulka 2021).

Mezi významné choroby a škůdce patří:

- **Virová zakrslá mozaika kukuřice** (*Maize dwarf mosaic virus, MDMV*) - Jedná se o nejvýznamnější virové onemocnění kukuřice. Symptomy napadení jsou variabilní. Jedná se především o diskolorační změny na listech, zakrsávání, sterilitu a předčasné odumírání rostlin. Infekce vytváří čárkovité chlorotické skvrny na nejmladších listech, které se postupně zvětšují a přecházejí v mozaiku. Nejpatrnější jsou chlorózy na horních listech, kde zůstanou zelené pouze pletiva v blízkosti hlavního nervu. V některých případech se chlorózy vyznačují červenofialovým zbarvením. Pletiva listů nekrotizují a rostlina odumírá. Palice jsou výrazně kratší a jsou jen částečně vyvinuté, což se projevuje mezerovitým ozrněním. Rostliny jsou velmi náchylné k houbovým chorobám. Přenos viru se často děje mechanicky při poranění rostlin nebo prostřednictvím mšic a infikovaných semen. Infekce nastává obvykle během druhého a třetího měsíce růstu kukuřice. Pro efektivní ochranu kukuřice je klíčové monitorovat a kontrolovat populace mšic, které jsou hlavním vektorem tohoto viru.
- **Obecná snětivost kukuřice** (*Ustilago maydis*) - Všeobecně rozšířená ve všech oblastech pěstování kukuřice. Vytvářejí se nepravidelné snětivé hálky na libovolné nadzemní části rostliny. Tyto hálky jsou pokryté bílou membránou, což je modifikované pokožkové pletivo a v jejich nitru se nachází hnědočerná mazlavá hmota. Tato hmota později vysychá a vytváří teliospory. Zdrojem infekce jsou teliospory, které se nacházejí na rostlinných zbytcích, povrchu půdy a případně i v osivu.
- **Obecná listová spála kukuřice** (*Exserohilum turcicum*, teleomorpha *Setosphaeria turcica*, *Bipolaris maydis*, teleomorpha *Cochliobolus heterostrophus*, *Drechslera zeicola*, teleomorpha *Cochliobolus carbonum*) - Často se vyskytuje v teplých oblastech a ročnicích. Patogeny preferují listové čepele, kde vznikají protáhlé skvrny s nažloutlým okrajem a tmavým středem. Při silné infekci může docházet k rozštěpení listů do podoby pásek. V počáteční fázi infekce je charakteristickým znakem šedozelený lem okolo skvrn. Porosty s výrazným napadením mohou působit dojmem popálení. Zdrojem infekce jsou často infikované rostlinné zbytky.
- **Rzivost kukuřice** (*Puccinia sorghi*) - První projevy mohou být patrné již v červnu, přičemž typicky se rzivost objevuje od srpna. Na obou stranách listů a následně i na ostatních částech rostliny se vytvářejí rozptýlené rezavě zbarvené hromádky letních výtrusů (uredospor). Ke konci vegetačního období se objevují tmavohnědé hromádky zimních výtrusů (teliospor), které jsou dlouho zakryté pokožkou. Později se tato pokožka trhá a odchlípuje se. Zdrojem infekce mohou být mezihostitelské rostliny, zejména různé druhy šťavelu (*Oxalis* spp.), a v teplejších oblastech uredospory na zbytcích kukuřice.
- **Choroby palic kukuřice** (*Fusarium* spp., *Penicillium* spp., *Botrytis cinerea*, *Nigrospora oryzae*) - Palice kukuřice podléhají infekcím od různých patogenních hub, přičemž nejvýznamnější jsou fusaria. Symptomy nákazy se objevují po odstranění krycích listů, postiženy mohou být jak zrna, tak vřetena. Charakter onemocnění se liší podle původce, může se projevit jako růžová hniloba palic (*Fusarium* spp.), hnědá hniloba palic (*Penicillium* spp., *Botrytis cinerea*) nebo suché

trouchnivění (*Fusarium moniliforme*, *Nigrospora oryzae*). V každém případě je na povrchu postižených pletiv patrný povlak mycelia a reprodukčních orgánů patogenu. Zdrojem infekce jsou napadené rostlinné zbytky.

- **Bázlivec kukuřičný** (*Diabrotica virgifera*) - Larvy jsou podlouhlé a bělavé, dosahují délky až 7 mm a mají tři páry nohou. Tyto larvy představují hrozbu, protože poškozují adventivní kořeny, což vede k náchylnosti rostlin k poléhání. Jejich žír může způsobit deformace rostlin, které připomínají tvar "husího krku". Dospělci se živí bliznami a pylem, přičemž mohou poškodit vyvíjející se zrna a listy. Důsledkem jejich žíru jsou palice s nepravidelným ozrněním.
- **Drátovci** (*Agriotes lineatus*, *A. obscurus*) - Jedná se o larvy kovaříků. Mají protáhlý válcovitý tvar a tři páry nohou. Jsou 1–3 cm dlouhé s hnědožlutým nebo rezavým zbarvením. Napadené rostliny vadnou, žloutnou a odumírají. Napadení klíčících obilek nebo podzemních částí stébla se projevuje vykousanými otvory.
- **Zavíječ kukuřičný** (*Ostrinia nubilalis*) - Žlutohnědé housenky s délkou max 3 cm. Do napadené rostliny vyžírají malé otvory v listech a později se zavrtají do stonků. Z otvorů následně vypadává trus housenky a zbytky poškozených pletiv. U silně poškozených rostlin dochází k polomům.

Další choroby a škůdci jsou například bakteriální hniloba stébla kukuřice (*Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*, *Dickeya zeae*), bakteriální vadnutí kukuřice (*Pantoea stewartii*), bzunka ječná (*Oscinella frit*), larvy muchnic (*Bibio* spp.) a další (Cartwright et al. 2008; McLeod & Studebaker 2008; Povolný 2019).

Výběr některých přípravků užívaných v ČR do porostu kukuřice dle ÚKZÚZ (2024) uvádí tabulka č. 6.

Tabulka č. 6: Výběr přípravků k insekticidní a fungicidní ochraně kukuřice (ÚKZÚZ 2024)

Obchodní název	Název účinné látky	Biologická funkce	Škodlivý organismus	Ekologické zemědělství
Decis Mega	Deltamethrin	Insekticid	Bázlivec kukuřičný	NE
Lepinox Plus	Bacillus thuringiensis ssp. kurstaki kmen EG 2348	insekticid	Zavíječ kukuřičný	ANO
Serenade ASO	Bacillus subtilis kmen QST 713	Biopreparát, Fungicid	Fuzariózy	ANO
Tazer	Azoxystrobin	Fungicid	Skvrnitost kukuřice	NE
Dalších 35+ registrovaných přípravků				

Ve střední Evropě chybí dlouhodobé zkušenosti s pěstováním čiroku. Tato skutečnost komplikuje hodnocení jeho náchylnosti k chorobám a škůdcům. I když je v současné době obecně považován za málo náchylný k infekcím, které by mohli mít negativní vliv na výnosy, s rozšiřováním pěstební plochy by tlak chorob mohl vzrůst. Mohou se vyskytovat obdobné houbové patogeny jako u kukuřice. Teplejší letní teploty a srážky na konci léta mohou vytvářet ideální podmínky pro šíření těchto chorob. Komplikací v ochraně je, že fungicidy nejsou povoleny pro použití na čirok. Škůdci známí z kukuřice mohou napadat i čirok, ale zatím neměli na tyto porosty výrazný vliv. Napadení mšicemi bylo pozorováno zejména na latách a horních listech koncem léta. Škody způsobené zavíječem kukuřičným jsou menší než u kukuřice, protože mladé rostliny čiroku nejsou primárním cílem pro kladení vajíček. Z laboratorních i praktických výsledků vyplývá, že larvy zavíječe kukuřičného se na čiroku dokáží méně úspěšně vyvíjet. Kvůli obsahu kyanovodíkové kyseliny ve stéblech není čirok pravděpodobně ideálním hostitelem pro tento hmyz. Insekticidy zatím nejsou povoleny pro použití na čirok. Škody způsobené divokými prasaty jsou trvalým problémem, zejména v hustě zalesněných oblastech. Čirok je pro divoká prasata přitažlivým útočištěm, i když vzhledem k absenci klasů má méně atraktivní rostliny a škody jsou často omezené (Theiß & Jäkel 2019). Největší škody jsou způsobeny rytím a vyleháním. U silážních čiroků jsou ztráty okusem listů nízké, protože mladé rostliny dokáží rychle regenerovat. Avšak tato schopnost se postupně snižuje (Štrobach & Mikulka 2021).

Sharma et al. (2015) uvádí jako jeden z problémů pěstování čiroku v subtropických a tropických oblastech právě plísňová onemocnění. Navrhovaným ekologickým řešením ochrany porostu je výzkum a šlechtění rezistentních odrůd.

Mezi významné choroby a škůdce patří:

- **Virová zakrslá mozaika čiroku** (*Maize dwarf mosaic virus, MDMV*) - Symptomy napadení se projevují diskoloračními změnami na listech, které mají charakter mozaiky nebo pruhovitosti, žluté, béžové, nebo červené barvy. V některých případech může docházet i k zakrsávání, sterilitě a předčasnému odumírání rostlin. Přenašečem jsou mšice. Zdrojem infekce bývají prosovité plevele.
- **Bakteriální pruhovitost čiroku** (*Pseudomonas andropogonis*) - Infekce se projevuje vytvářením 2–25 cm dlouhých červených pruhů na listových čepelích. První napadené bývají spodní listy. Skvrny se mohou také vytvářet na stéblech a květenstvích. Na skvrnách se za vhodných podmínek vytvářejí kapky bakteriálního exsudátu, který má stejné zbarvení a odstín, jako skvrny. Mohou se vyskytovat i další skvrnitosti způsobené rody *Pseudomonas* a *Xanthomonas*. Zdrojem infekce můžou být rostlinné zbytky, osivo, napadené rostliny.
- **Krytá snětivost čiroku** (*Sporisorium sorghi*) - Napadení je patrné v průběhu dozrávání. Obilky jsou přeměněny v hálky šedé barvy kryté tuhou blánou. Uvnitř hálek je masa černohnědých teliospor. Zdrojem infekce bývají teliospory na povrchu obilek.
- **Rzivost čiroku** (*Puccinia purpurea*) - Obdobně jako u kukuřice jsou na spodní straně listů patrné protáhlé, rezavě hnědé kupky uredospor či teliospor. Častokrát mohou mít červenohnědý lem. Vzácně se mohou kupky vytvářet i na stéble. Zdrojem infekce jsou uredospory na rostlinných zbytcích a mezihostitelské rostliny, zejména různé druhy rodu šťavel (*Oxalis* spp.).
- **Mšice** (mšice střemchová - *Rhopalosiphum padi*, kyjatka osenní - *Sitobion avenae*, kyjatka travní - *Metopolophium dirhodum*) - Mšice střemchová je široce oválná, zelená až olivově hnědá s červenohnědou skvrnou na zadečku, 1,7–2,2 mm dlouhá. Kyjatky jsou vřetenovité, štíhlé žlutozelené (k. travní) nebo červenohnědé (k. osenní), 2,2–3,6 mm dlouhé. Tito škůdci napadají všechny nadzemní části čiroku. Sáním způsobují deformace listů, lat a vegetačních vrcholů.
- **Larvy chroustů a chroustků** (*Melolontha* spp., *Rhizotrogus* spp., *Amphimallon* spp.) - Larvy jsou zakřivené do oblouku, mají žlutavě bílou barvu těla s šedavým zakončením, tři páry noh a dosahují délky až 65 mm. Svým žravým chováním poškozují všechny podzemní části rostlin, což vede k postupnému vadnutí a úplnému odumírání rostlin.
- **Drátovci** (*Agriotes lineatus*, *A. obscurus*)
- **Zavíječ kukuřičný** (*Ostrinia nubialis*)

Další škůdci jsou například květilka všežravá (*Delia platura*), larvy muchnic (*Bibio* spp.), larvy tiplic (*Tipula* spp.) a mravenci (*Linepithema humilis* Mayr.) (McLeod & Greene 2010; TeBeest et al. 2010; Povolný 2019).

Dle ÚKZÚZ (2024) jsou v České republice schváleny pouze insekticidy obsahující účinnou látku pirimikarb, která je zaměřena pouze na mšice. Aplikace těchto přípravků je prováděna postřikem podle signalizace napadení, a to s maximálně dvěma aplikacemi během vegetačního období.

3.2.6 Sklizeň a posklizňová úprava

Kukuřičná siláž patří mezi cenově dostupná objemná konzervovaná krmiva s nejvyšší koncentrací energie. V porovnání s jinými krmnými plodinami má až o 50 % nižší náklady na produkci energie a nabízí vysoký potenciál produkce s plně mechanizovanou sklizní. Předpokladem pro úspěšné konzervování krmiva silážováním je kvalitní složení sušiny řezanky. Silážování je metoda používaná k uchování rostlinné biomasy rychlým snížením hodnoty pH na rozmezí 3,8–4,2. Snížení pH je většinou způsobeno fermentací sacharidů přítomných v biomase, kterou usnadňují mléčné bakterie produkující kyselinu mléčnou. Aby se dosáhlo tohoto snížení pH, je vzduch vytlačován z vrstvy biomasy pomocí tlaku vyvíjeného těžkou technikou (Doležal et al. 2008).

Pro sklizeň kukuřice na siláž je velmi důležité zvolení vhodného termínu sklizně. Při příliš brzké nebo naopak pozdní sklizně dochází k rapidnímu snižování výnosu a kvality biomasy. Taktéž záleží na klimatických podmínkách daného roku. Optimálním obdobím pro sklizeň kukuřice je konec srpna až konec září (Mandić et al. 2018).

Obsah sušiny silážní kukuřice je rozhodující pro stanovení ideálního období sklizně, protože přímo ovlivňuje kvalitu a nutriční hodnotu. Optimální rozmezí pro ideální hodnoty je mezi 28 a 33 %. Těchto hodnot dosahují rostliny ve fázi mléčné voskové zralosti. Sklizeň kukuřice probíhá většinou v září. Hybridy Stay green mají doporučený obsah sušiny v rozmezí od 33 % do 36 %. Podíl palic by se měl pohybovat mezi 45 až 55 %. Délka řezanky by se měla pohybovat mezi 20 až 25 mm, pokud je obsah sušiny 28 %, a mezi 5 a 7 mm, pokud je obsah sušiny 32 %. Aby bylo dosaženo úspěšné sklizně, je nezbytné používat řezačky, které jsou schopné správně zpracovat zrna. Neadekvátní fragmentace zrn může vést k jejich průchodu trávicím traktem zvířete bez účinného využití. Sklizeň silážní kukuřice by měla být dokončena před prvním namrznutím (teploty -1 °C až -2 °C po dobu 3 až 4 hodin). Zmrzlý porost by měl být zpracován do 2 až 3 dnů (Skládanka 2006).

Jako další aspekty pro vhodnou sklizeň uvádí Doležal et al. (2008) zamezení znečišťování sklizené hmoty zeminou a provozními kapalinami, zamezení sklizně napadených rostlin fuzariózou, rychlé a vzduchotěsné uzavření sila. Taktéž je velmi důležité, aby řezanka ve žlabu byla dostatečně udusána. Optimální je dosáhnout zvýšení měrné hustoty nad 210 až 230 kg sušiny/m³, což vede k snížení poréznosti siláže. Důležitá je také včasná a homogenní aplikace silážního aditiva, které slouží k urychlení fermentačního procesu. Kvalitně zakonzervovaná fytomasa prostřednictvím silážování představuje jednu z klíčových podmínek pro úspěšnou následnou fermentaci. V případě pečlivě připravené a správně uskladněné siláže se ztráty organické hmoty během celoročního skladování udržují na úrovni jednotek procent. Naopak u nesprávně připravené siláže mohou tyto ztráty dosahovat až desítek procent.

Nejčastěji je kukuřice sklizena samojízdnými sklízecími řezačkami na přímo (v menších podnicích jsou využívány spíše nesené nebo tažené řezačky). Tyto stroje dokáží během jedné operace odříznout rostliny, rozdrtit zelenou hmotu i zrna na požadované velikosti a naložit na přepravní prostředek. K odvozu jsou využívány nákladní automobily nebo traktory s různým typem přípojných vozidel. Kvůli nízké objemové hmotnosti řezanky bývá tato technika opatřena nastavbami pro zvýšení kubatury. Volba ideálního počtu a kubatury přepravních prostředků závisí převážně na výnosu hmoty, výkonu řezačky,

vzdáleností mezi místem sklizně a místem uložení a na způsobu, jakým bude hmota ukládána v místě skladování. Vzhledem k časové náročnosti a efektivnímu odvozu mohou být řezačky opatřeny překládacím zásobníkem. Tím dochází k eliminaci čekacích ztrát a snížení počtu odvozců. K uložení hmoty slouží převážně silážní žlaby. Ty musí být konstruované tak, aby nedocházelo k odtoku silážních šťáv. K rozhrnutí a udusání řezanky se využívají teleskopické nakladače, kloubové nakladače a traktory s čelním nakladačem a dusacím válcem. Alternativou je skladování v silážních vacích. Tyto vaky mají nejčastěji 2,4–3 m v průměru a jsou 45–75 m dlouhé. Další možností je použití kombinovaných lisovacích a ovíjecích strojů pro siláž (Javorek 2009; Amiama et al. 2015).

Podle Kačicové (2010) může být sledování sumy efektivních teplot užitečným nástrojem pro pěstitele k určení optimálního termínu sklizně kukuřice určené pro siláž. Pravidelná analýza této sumy může poskytnout pěstiteli informace o tom, do jaké míry jsou teplotní požadavky konkrétního hybridu kukuřice splněny.

Obrázek č. 2: Kombinovaný lisovací a ovíjecí stroj VARIO-Master značky GÖWEIL (GÖWEIL 2023)



Čiroková siláž je taktéž dobrým a cenově dostupným objemným krmivem. Pícninářsky výnosná odrůda Ruzrok je i bohatá na bílkoviny. Obsahem bílkovin dokonce překonává kukuřici (Hermuth et al. 2018).

Stejně jako u kukuřice je hlavním ukazatelem pro sklizeň čiroku obsah sušiny. Tedy vhodné období nastává, když je obsah sušiny mezi 28 a 35 %. Této hodnoty sušiny rostlina dosahuje ve fázi voskové zralosti. V našich podmínkách to znamená, že sklizeň probíhá od poloviny září do poloviny října. Riziko nastává při pozdější sklizni, kdy rostlina dosahuje 35% podílu sušiny. Takovéto rostliny jsou velmi náchylné k poléhání (Schaffasz et al. 2019).

Samotná sklizeň čiroku se liší s ohledem na odrůdu. Podílem zrn u zrnových odrůd lze dosáhnout optimálního množství sušiny, a proto jsou tyto odrůdy sklizeny jednofázově. Ostatní odrůdy se obvykle sklízí dvoufázově či vícesečně (nejčastěji 2 seče) (Prýmas et al. 2022). Jednofázová sklizeň probíhá stejně jako u kukuřice. Využívají se stejné samojízdné řezačky, siláž je taktéž následně pěchována a zakonzervována v silážních žlabech. Hmota bývá udusána na hutnost 600–700 kg/m³. Pro zamezení přístupu vzduchu, vlhkosti

a srážkové vody je zakryta jednou nebo více vrstvami folií a zatížena. Též lze využít silážních vaků anebo kombinovaných lisovacích a ovíjecích strojů (Javorek 2009; Podrábský 2017).

Ideální délka řezanky pro krmné účely je dána stupněm zralosti a významně ovlivňuje proces konzervace. Zvýšení obsahu sušiny vyžaduje zkrácení délky řezanky, aby se zvýšila efektivita skladování a usnadnila konzervace. Délka se obvykle pohybuje od 1 do 4 cm. Řezanka kratší než 1 cm může mít negativní vliv na množství krmiva, které skot zkonzumuje, na rychlost jeho trávení a na jeho schopnost plně využít živiny obsažené v krmivu. Ideální délka zpracované čirokové biomasy pro použití v bioplynových stanicích je 5–7 mm (Grant & Stock 1994; Laflinová 2023).

Při dvoufázové sklizni se využívají žací stroje s integrovaným rozhazovačem píce. Žací stroj může být opatřen kondicionérem s mačkáčimi válci, který výrazně urychluje zavádání, nebo pohyblivými "V" prsty, které zajišťují mechanickou dezintegraci fytomasy. Posečená fytomasa se nechává zavadnout na požadovaný obsah sušiny, což z pravidla bývá do 24 hodin. Jelikož je hmota rozprostřena po celé ploše pozemku, je pro rovnoměrné plnění řezacího ústrojí řezačky nutné píci nahrnout na řádky. Soustředění zavadlé píce do řádků bývá realizováno rotačními nebo pásovými shrnovači píce. Následně je píce sbírána pomocí samojízdných řezaček opatřených speciálními adaptéry pro sběr píce, rozřezána na požadovanou délku a nakládána na přepravní prostředek. K přepravě a skladování se využívají stejné postupy jako pro sklizeň kukuřice. Při dvousečném využití probíhá první seč obvykle v průběhu července a druhá od poloviny do konce září. V tomto období však může být obsah vody příliš vysoký, a tím je porost nevhodný pro sklizeň. Pro takový případ lze počkat se sklizní do jara. Přesunutím sklizně do jarního období se skutečně sníží obsah vody v rostlinách. Tato změna v načasování však také vede ke zvýšené pravděpodobnosti polehnutí rostlin kvůli jejich strukturálním charakteristikám a vysoké hmotnosti lat. To značně komplikuje proces sklizně a zvyšuje zranitelnost rostlin vůči houbovým infekcím. To rovněž přispívá ke zvýšení ztrát fytomasy ve srovnání s dřívějším termínem sklizně. Fytomasa při jarní sklizni však stále obsahuje značné množství vody (průměrně 42 %). Kromě toho dochází během zimního období ke značným ztrátám hmoty. Ty většinou vyplývají z olomu, opadu listů a souvisejících faktorů (Hermuth et al. 2012).

3.3 Ekologie

3.3.1 Rajonizace

Rajonizací rozumíme vhodné rozmístění jednotlivých hybridů do jednotlivých oblastí a také na jednotlivé pozemky. Takové rozmístění volíme podle požadavků na teplotu, vláhu a půdní podmínky. Kukuřice není výrazně náročná na rajonizaci podle půdních podmínek ve srovnání s požadavky na teplotu. Avšak řada hybridů musí být umístována s ohledem na požadavky na vláhu. Kukuřice je rostlina teplomilná, proto jsou pro ni vhodné spíše řepařské a kukuřičné výrobní oblasti. Při pěstování v méně příznivých podmínkách bramborářských výrobních oblastí se doporučuje porosty zařazovat přednostně na pozemky s dobrou predispozicí pro tuto plodinu. Takové pozemky by měli mít lehčí a výhřevnější půdu. Pozemek by měl být rovinný, nebo s jižní a jí přilehlých expozicí. U více svažitých pozemků je nutné použít vhodná protierozní opatření. Taktéž by měl být pozemek chráněn před silnými severními větry (Šuk et al. 1998). Díky moderním šlechtitelským programům jsou dostupné hybridy, které dokáží dosahovat vysokých výnosů i v méně příznivých podmínkách. Tím zpřístupňují pěstování kukuřice v oblastech pahorkatin a vrchovin, kde se kukuřice dříve pěstovala jen ojediněle nebo nedosahovala dostatečných výnosů (Kunzová et al. 2021).

Rajonizace čiroku je podobná kukuřici s rozdílem větších nároků na teplotu. Čiroky vyséváme na pozemky v teplejších oblastech s nízkým úhrnem srážek. Dále může být ideální alternativou kukuřici na půdách písčitých a méně úrodných. Stejně jako u kukuřice volíme pozemky chráněné před větrem a spíše s jižní expozicí. Lze ale využívat pozemků více svažitých vzhledem k tomu, že se u čiroků uvádí nižší erozní koeficient. Čirok se zařazuje do kukuřičných a řepařských výrobních oblastí. V podmínkách chladnějších, s vyšší nadmořskou výškou, se čirok nepěstuje kvůli neuspokojivým výsledkům (Hermuth et al. 2018; Vera Hernández et al. 2023).

3.3.1.1 Volba hybridu

U kukuřice se vzhledem k rajonizaci řídíme, kromě odolnosti vůči chladu a suchu, raností hybridu. K tomuto zařazení je využíváno číslo ranosti tzv. číslo FAO. Tento ukazatel charakterizuje daný hybrid a délku jeho vegetace. Řídícím ukazatelem je vegetační doba (počet dnů od zasetí k plnému vývoji) a vegetační období (počet dnů vhodných pro růst a vývoj při teplotě nad 10 °C). Orientační délka vegetace pro konkrétní FAO je znázorněna v tabulce č. 7.

Tabulka č. 7: Přehled ranosti hybridů kukuřice dle FAO (Šuk et al. 1998)

Skupina ranosti	Číslo FAO	Délka vegetace (dny)
Velmi rané	150-200	do 120
Rané	200-240	120-123
Středně rané	240-290	123-127
Středně pozdní	290-350	127-130
Pozdní	350-450	130-144
Velmi pozdní	nad 450	nad 144

Pro bramborářské oblasti se doporučují ranější hybridy s číslem FAO 160–250. Pro oblasti řepařské to jsou hybridy s číslem FAO 250–300, pro teplejší části těchto oblastí mohou být zvoleny i hybridy pozdnější. Pro výrobní oblasti kukuřičné to jsou hybridy pozdní, tedy s číslem FAO 300–400. Zvolení správného hybridu je podstatné pro dosažení optimálního výnosu. Pozdní hybridy v chladných oblastech nedokáží naplnit svůj výnosový potenciál. Pokud to klima dovoluje, doporučuje se volit hybridy spíše pozdní. Tyto hybridy totiž mají díky delší době vegetace i delší období pro tvorbu biomasy. To výrazně zvyšuje výnosový potenciál. Při pěstování kukuřice na větších plochách se doporučuje využívat více hybridů, které se vzájemně liší délkou vegetace a nároky na prostředí. Tato diverzifikace porostu pěstiteli zvyšuje šanci dosáhnout dobrých výnosů kvalitní silážní hmoty. Nejčastěji se aplikuje praktika tří hybridů v poměru plochy 1/4 – 1/2 – 1/4 nebo 1/3 – 1/3 – 1/3. U menších pozemků může stačit kombinace pouze dvou hybridů, za podmínky dobrého vybavení sklizňovou technikou (Šuk et al. 1998).

V případě čiroku je nabídka hybridů relativně omezená. Nicméně i pro tuto plodinu je klíčové vybírat hybridy s ohledem na specifické vláhové a tepelné podmínky dané výrobní oblasti (Bolsen et al. 2003). Dle informací z dostupných zdrojů od společností KWS (2023) a SEED SERVICE (2023), lze hybridy čiroku rozdělit podle jejich ranosti na středně rané a velmi rané. Je tedy vhodné pečlivě vybírat hybridy, které nejlépe odpovídají klimatickým podmínkám a účelu následného využití. Taktéž výběrem nevhodného hybridu dochází ke snižování potenciálního výnosu.

3.3.1.2 Požadavky na teplotu

Kukuřice je plodina silně závislá na teplotě půdy a vzduchu. Teplota v průběhu její vegetace silně ovlivňuje výslednou výši a kvalitu výnosu. K průběhu celého životního cyklu potřebuje teplotní sumu v rozmezí 1700 až 3120 °C. Tepelnou sumou se rozumí součet průměrných denních teplot během celého vegetačního období (za období od dubna až do září). Konkrétní hodnota závisí na ranosti hybridu. Pozdní hybridy potřebují 2800–3150 °C, kdežto rané a velmi rané hybridy potřebují pouze 1700–2200 °C pro svůj vývoj. Z tohoto důvodu, jak je již popsáno výše, volíme do chladnějších oblastí s vyšší nadmořskou výškou hybridy s nižším číslem FAO. Zásadním faktorem je taktéž i vývoj teplot během vegetace. Růst je nepříznivě ovlivněn pozdními jarními mrazíky nebo náhlým poklesem teplot během podzimu. Tyto změny totiž vyvolávají okamžité zastavení růstu a odumírání rostlin. Typicky se za kritickou považuje teplota v rozsahu od -1 do -2 °C, která přetrvává déle než 3–4 hodiny. Kukuřice je schopna klíčení při teplotách 5–8 °C, avšak růstu je schopna až při minimální teplotě 10 °C. Při této teplotě dochází k tvorbě vegetativních orgánů. Tvorba generativních orgánů a kvetení nastává až při teplotě alespoň 12 °C. Optimální teploty pro vývojové fáze se pohybují okolo 20 °C. Nízké teploty způsobují, že jsou pletiva řídká a náchylná k napadení chorobami i škůdci. U pozdějších hybridů nízké teploty zapříčiní, že rostliny nekvetou. Teplotu prostředí může pěstitel agrotechnickými zákroky ovlivňovat jen minimálně. Proto je právě důležitá rajonizace a volba správného hybridu této plodiny (Šuk et al. 1998; Iptas & Acar 2006).

Čirok je taktéž plodina velmi náchylná na chlad. Jeho potřebná suma teplot je znatelně větší než u kukuřice. Čiroky totiž potřebují 2500–3500 °C a délku vegetačního období bez mrazů v rozmezí od 120 do 180 dní. V příliš chladném prostředí totiž dochází ke snížení výnosu a kvality biomasy a k oddálení zrání. Čirok je velmi náchylný vůči nízkým teplotám během celého svého růstového cyklu, zejména ve fázích vzcházení a kvetení. Nízké teploty mohou zastavit klíčení nebo poškodit vyvíjející se rostlinu. Následně v počátečních fázích způsobují nepříznivé teploty poškození buněčných membrán, snižují pevnost rostlinných pletiv a zhoršují funkčnost rostlinného fotosystému. Klíčení a vzcházení vyžaduje minimální teplotu 12–15 °C. Nízké teploty mají negativní dopady i v době dozrávání (Hermuth et al. 2012; Casto et al. 2021).

Čiroky jsou více tolerantní k teplotním výkyvům než kukuřice. Také se jim daří i v podmínkách, kde kukuřice není schopna poskytnout uspokojivé výnosy. Ale díky pozdějšímu výsevu není čirok schopen dosáhnout srovnatelných výnosů s kukuřicí. Řešením by bylo šlechtění hybridů s lepší chladovou tolerancí. To by vedlo ke snížení tohoto výnosového rozdílu a mohlo zvýšit využívání vláhy ze zimního období (Patanè et al. 2006).

3.3.1.3 Požadavky na vodu

Důležitým faktorem pro tvorbu výnosu kukuřice je také vodní režim. Tato plodina umí velmi dobře vodu získat z půdy a efektivně s ní hospodařit. To má příznivý vliv na vodní bilanci půdy a růst následné plodiny. Dle Vaňka et al. (2007) má téměř nejnížší transpirační koeficient a nejvyšší sací sílu kořenů (vyjma vojtěšky) mezi polními plodinami. Avšak vysokých výnosů lze dosáhnout pouze pokud budeme dobře hospodařit s půdní vláhou. Vodu čerpá z hloubky 1,5 m a při suchém období z hloubky až 3 m. Na tvorbu 1 kg sušiny potřebuje až 256 litrů vody. V praxi se potřeba na jednu rostlinu odhaduje na 200 litrů. To odpovídá 1600 mm srážek. Podle polních měření stačí pouze 200 mm srážek za vegetaci a zbytek potřeby je pokryt z půdní zásoby a vzdušné vlhkosti. Největší potřeba vody nastává ve fázi intenzivního růstu (od metání do mléčné zralosti). Nedostatek vláhy způsobuje

zpomalení nebo úplné zastavení růstu. Nejzřetelnější je tento nedostatek na listech, které se svinují a zakrňují. Taktéž může docházet k zasychání blizen v době jejich kvetení. Naopak nadbytek vody se projevuje redukcí kořenového systému. Takové kořeny hůře přijímají živiny a rostliny jsou náchylné k vyvrácení. Dalšími projevy nadbytku vláhy je světlé až žluté zbarvení, nízký vzrůst rostliny a tvorba zakrňelých palic (Šuk et al. 1998; Barbieri et al. 2012).

V novější studii uvádí Zimolka (2008), že pro vytvoření 1 kg sušiny rostlina potřebuje 349 litrů vody během své vegetace.

Díky mechanismu C4 fotosyntézy jsou i čiroky značně odolné vůči suchu. Nároky na vodu jsou dokonce menší než u kukuřice. To je zapříčiněno tím, že mají ve srovnání s kukuřicí, dvojnásobné množství kořenových vlásečnic na jednotku hlavních kořenů. Mezi další výhody patří přítomnost voskových povlaků na povrchu listů i stonků a schopnost stočit listovou čepel v reakci na vodní nebo teplotní stres. To vede ke snížení potřeby vody až o 33 % ve srovnání s kukuřicí. Největší nárok na vodu je u čiroků ve fázi sloupkování a metání. V tomto období totiž dochází k největší tvorbě organické hmoty. Při extrémním suchu dokáže čirok přejít do klidového stavu. Po následném dešti dojde k obnovení jeho růstu. Díky tomu, že mají dlouhé vegetační období a pozdní termín sklizně, dokáží čiroky velmi dobře využít srážek ve druhé polovině léta pro tvorbu výnosu. Při silném nedostatku vody však dochází ke snížení klíčivosti semen. Extrémní sucho také může snížit výši a kvalitu výnosu biomasy. Negativně mohou působit i půdy značně zamokřené (Assefa et al. 2010; Hermuth et al. 2018).

3.4 Morfologie a ideál pro silážní účely

3.4.1 Kořenová soustava

Rozsáhlý svazčitý kořenový systém kukuřice dokáže dosahovat hloubky 1,5 až 3 metry. Hloubka, do které dosahuje, je závislá na podmínkách prostředí. Většina kořenů se nachází v podorniční vrstvě do hloubky 0,4 m. Podle původu lze kořenovou soustavu rozdělit na primární a sekundární. Kořeny tvořené již v zárodku tvoří soustavu primární. Kořeny adventivní tvoří soustavu sekundární. Tyto kořeny vznikají kolem bazálních uzlů v přeslenech. Kořeny jsou schopné dorůst do vzdálenosti až 2,5 m od rostliny. Při pozdním výsevu je tato vzdálenost pouze 0,3–0,4 m. Kukuřice má schopnost vytvářet kořeny opěrné z nadzemních kolínek. Tyto kořeny chrání rostlinu před polehnutím a dokáží efektivně zužitkovat rosu v průběhu léta (Šuk et al. 1998; Zimolka 2008).

Stejně tak kořenový systém čiroků je velmi rozsáhlý. Ve srovnání s kukuřicí však dosahuje menších hloubek a plošného rozsahu, ale to je kompenzováno rozsáhlejším vlasněním. Samotné kořeny dosahují do hloubky 1,4–1,7 m a rozrůstají se do okruhu 0,6–1,2 m. Primární kořeny se objevují během klíčení, které se nevětví a později odumírají. Sekundární kořeny vyrůstají z prvního nodu. Podobně jako u kukuřice se mohou objevovat kořeny opěrné. Tyto kořeny chrání rostlinu od polehnutí, ale na rozdíl od kukuřice nejsou schopny absorpce vody nebo živin (Hermuth et al. 2012).

3.4.2 Stéblo

Tento zásobní orgán kukuřice dosahuje délky 1,1–3 m. Jeho délku ovlivňují faktory jako je teplota, dostupnost vody, konkurence jiných rostlin a délka vegetace. Průměr stébla se pohybuje mezi 20 a 70 mm. Je vzpřímené, lysé, dužnaté, složené z internodií (článeků) a doplněno o nody (kolénka). Počet těchto článků závisí na délce vegetačního období a na

podmínkách stanoviště. Celkový výnos sušiny je z 30–50 % tvořen právě stébly (Šuk et al. 1998; Zimolka 2008).

Stéblo čiroků je rovné, tvrdé, s lesklým povrchem a s úplným nebo částečným zbarvením do různých odstínů. Délka stébla u čiroků je značně variabilní. U zakrslých čiroků dosahuje délek i méně než 1 m, u silážních čiroků je potom délka zhruba 2,5 m. Stéblo je značně silné, ale v porovnání s kukuřicí značně zaostává. Toto dužnaté stéblo dosahuje průměru 10–30 mm. Taktéž je stéblo rozděleno kolínky na jednotlivá internodia. Počet kolínek se pohybuje mezi 5–20 a závisí na délce vegetačního období. Počet stébel bývá mezi 1 a 10 na jeden trs (Hermuth et al. 2012).

3.4.3 Listy

Kukuřice má listy dlouze kopinaté, tvořící dvě protilehlé řady rostoucí střídavě. Listy vyrůstají na každém kolénku stonku, přičemž jejich počet se liší podle odrůdy. Rané hybridy mívají 8–10 listů zatímco pozdní až 24. Na kukuřici můžeme najít vzhledem k povrchu půdy listy horizontálně (planofilní) nebo vertikálně (erektofilní) postavené. Vertikálně postavené listy mají lepší schopnost využívat dopadající sluneční záření. Podíl výnosu kukuřice připisovaný listům se pohybuje přibližně od 10 do 20 % (Hruška et al. 1962; Šuk et al. 1998).

U některých hybridů čiroků jsou listy soustředěny pouze na bázi stonku, u jiných jsou rovnoměrně rozloženy po celé délce stébla. Délka jednoho listu bývá mezi 40–80 cm, šířka maximálně 10 cm. Obvykle se na jednom stonku nachází 14–17 listů, v horších podmínkách to může být až 30 listů. Vosková vrstva na povrchu listů způsobuje jejich šedozelené zbarvení. Typickým je zvlněný ostrý okraj (Hermuth et al. 2012).

3.4.4 Květenství

Kukuřice je rostlina jednodomá, na které se vytváří různopohlavní květenství. Samčím květenstvím je lata, která je tvořena prašníkovými květy. Toto květenství se nachází na samotném vrcholu rostlin. Samičím květenstvím jsou pestíkové klásky, které následně vytvářejí palice. Toto květenství vyrůstá z úžlabí ve středních částech stébla. Palice jsou chráněny obalem listenů. Na jedné palici se nachází 5–15 listenů (Hruška 1962; Burgetová 2014).

Květenstvím čiroku je shloučená nebo rozkladitá lata. Ta může být vzpřímená, nakloněná nebo ohnutá. Její šířka je obvykle mezi 2 a 20 cm, délka potom mezi 4 a 25 cm. Je složena z párových klásků, z nichž jeden je přisedlý, oboupohlavní a fertilní. Druhý klásek je stopkatý a pouze samičí. V každém z nich se nachází jeden fertilní a jeden sterilní kvítek. Rostliny jsou převážně samosprašné (Rooney 2007; Hermuth et al. 2012).

3.4.5 Ideální rostliny pro silážování

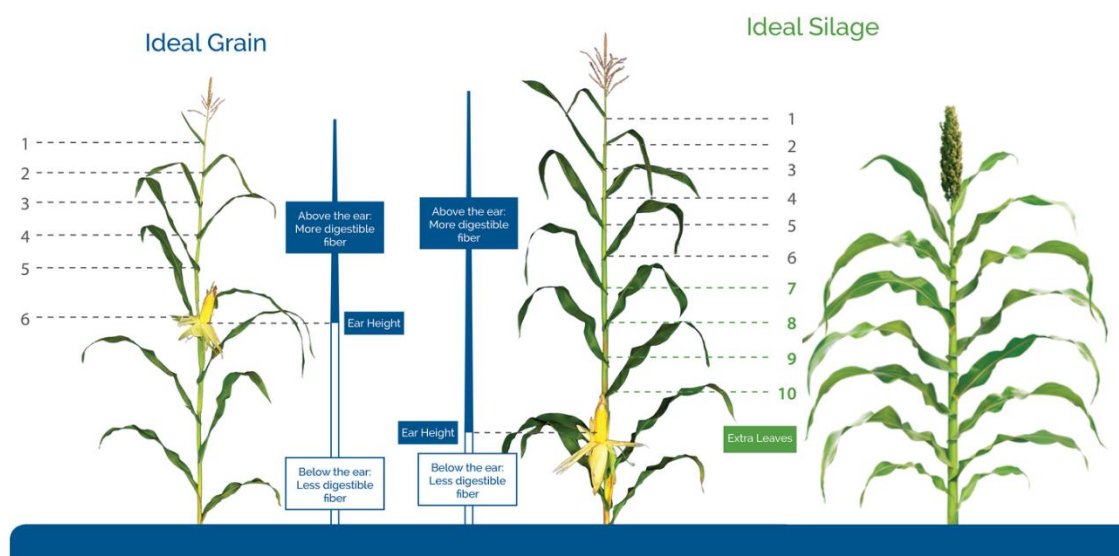
Podle GLENN SEED (2020) se rostliny určené k pěstování pro zrna a siláž vyznačují výrazně odlišnými vlastnostmi. Proto je na trhu dostupných mnoho hybridů kukuřice a čiroku, které jsou optimalizovány pro konkrétní účel pěstování. U hybridu určeného pro silážování je nezbytné, aby měl vysoký celkový výnos stravitelného škrobu a vlákniny, poskytoval dlouhé sklizňové okno, během kterého rostlina dosáhne optimální vlhkosti a udrží se v ní po delší dobu. Dále je potřeba dostatečné množství cukrů pro podporu fermentace a relativně krátkou dobu skladování, aby se ušetřil prostor a snížily ztráty sušiny. Celkově musí hybrid kukuřice

nebo čiroku na siláž produkovat robustní, spolehlivou a stravitelnou plodinu, která podporuje přežvykování a efektivně produkuje vysoce kvalitní mléko při začlenění do krmné dávky a krmení laktujícími kravami. Ideální vlastnosti rostlin kukuřice jsou srovnány v tabulce č. 8 a na obrázku č. 3.

Tabulka č. 8: Rozdíly ideálních rostlin podle účelu pěstování (GLENN SEED 2020)

	Zrnový hybrid	Silážní hybrid
Výnos	Vysoký výnos zrna s vysokou hmotností	Vysoký rostlinný výnos stravitelné píče
Vlhkost zrna	Co nejsušší v období sklizně	Co nejdéle 50% mléčná linie v období sklizně
Tvrдость zrna	Co nejtvrdší, aby nedocházelo k poškození	Měkké a křehké pro správné zpracování a dobrou stravitelnost
Velikost zrna	Menší, aby nedocházelo k poškození	Větší pro dobré rozrušení při sklizni
Vlhkost stonku	Vlhký, aby udržoval rostlinu živou do dosáhnutí optima pro sklizeň	Suchý, aby bylo dosaženo celkové vlhkosti 65 %
Pevnost stonku	Tvrdý a pevný, co nejdéle pro pozdní sklizeň	Tak měkký a flexibilní, jak je to jen možné, přesto dostatečně pevný do sklizně
Umístění palic	Vysoko na rostlině pro zajištění sklizení mlátičkou	Nízko na rostlině pro zvýšení podílu stravitelné vlákniny nad palicí

Obrázek č. 3: Rozdíly ideálních rostlin podle účelu pěstování (GLENN SEED 2020; PRODUSEM 2022)



4 Závěr

Cílem této práce bylo detailně popsat a srovnat agrotechnické postupy a ekologické aspekty pro pěstování dvou významných plodin pro produkci krmiva a substrátu pro bioplynové stanice - silážní kukuřice a čiroku.

V rámci porovnání agrotechniky byla věnována pozornost způsobu začlenění do osevního postupu, technice setí, předset'ové přípravy, strategii výživy a hnojení, způsobu ochrany proti plevelům, chorobám a škůdcům a optimálnímu procesu sklizně. Další část práce se zaměřila na srovnání obou plodin v kontextu jejich nároků na prostředí, zohledňující specifické požadavky na teplotu a vodu. Dále byla provedena analýza morfologie obou plodin. Na základě této práce lze uvést následující závěry:

- Obě plodiny nevyžadují specifické předplodiny, avšak jako vhodné se jeví luskoviny a okopaniny hnojené statkovými hnojivy. Čirok je běžnější volbou pro meziplodinové využití. Metoda podplodiny je užívána pouze pro kukuřici.
- Hloubkové nebo lokální zpracování půdy je vhodné pro obě plodiny, avšak obě plodiny dosahují dobrých výsledků i při bezorebných technologiích.
- Technologie setí je pro plodiny značně rozdílná. Kukuřice se vysévá dříve do větší hloubky a s větší mezířádkovou vzdáleností ve srovnání s čirokem. Čirok zas dominuje potřebou většího výsevku.
- Shodně platí, že obě plodiny jsou náročné na odběr živin. Proto je u obou nutné zajistit dostatečný přísun živin pro dosahování dobrých výnosů. Studie ukazují, že obě plodiny pozitivně reagují na hnojení statkovými hnojivy.
- Významnou nevýhodou čiroku je obtížná regulace plevelů. Ve srovnání s kukuřicí je pro čiroky povolený pouze zlomek přípravků určených k ochraně proti plevelům. Nutností je tedy použití alternativních způsobů regulace plevelů v porostech čiroku.
- Pro kukuřici je registrován větší počet fungicidů a insekticidů v porovnání s čirokem, i když se jich v praxi tolik nevyužívá. Naopak pro čirok jsou povoleny pouze insekticidy obsahující účinnou látku pirimikarb. Důvodem je nižší náchylnost čiroku k napadání chorobami a škůdci. Výhodou čiroku je, že není atakován ani černou zvěří.
- Technologie sklizně a konzervace je pro obě plodiny totožná. Výjimkou je možnost dvoufázové sklizně používané pouze pro čirok. Rozdílný je taktéž termín sklizně, který je závislý na obsahu sušiny v rostlině. Obsah sušiny je u čiroků nižší a optima dosahuje později než kukuřice.
- Obě plodiny jsou teplomilné. Rozdílem je nižší potřebná suma teplot u kukuřice. To staví čirok do pozice výhodnější plodiny do teplejších oblastí. Potřebná teplotní suma je u kukuřice 1700 až 3120 °C, zatímco u čiroku až 2500–3500 °C.
- Výhodou čiroků je i nižší potřeba vody až o 33 % v porovnání s kukuřicí.
- Morfologicky jsou rostliny čiroku a kukuřice podobné. Čiroky však mají mohutnější kořenový systém a více delších listů. Kukuřice zas dominuje svým vysokým vzrůstem a silnějšími stébly, vysoký hmotnostní podíl pak tvoří palice.

Závěrem lze konstatovat, že kukuřice stále zůstává dominantní plodinou pro produkci krmiva nejen v podmínkách ČR. Avšak z práce vyplývá že čirok představuje potenciální vhodnou náhradu do teplejších a sušších oblastí, kde kukuřice nemůže dosáhnout uspokojivých výnosů.

5 Literatura

- Alptekin H, Ozkan A, Gurbuz R, Kulak M. 2023. Management of weeds in maize by sequential or individual applications of pre- and post-emergence herbicides. *Agriculture* **13**:421.
- Amiama C, Cascudo N, Carpentre L, Cerdeira-Pena A. 2015. A decision tool for maize silage harvest operations. *Biosystems Engineering* **134**:94–104.
- Ananda GKS, Myrans H, Norton SL, Gleadow R, Furtado A, Henry RJ. 2020. Wild sorghum as a promising resource for crop improvement. *Frontiers in Plant Science* **11**:1108.
- Asif M, Tanveer A, Safdar ME, Ali A, Ahmad S. 2019. Effect of dicamba and adjuvant combination on *Parthenium* control, fodder yield and yield components of forage sorghum (*Sorghum bicolor*). *Planta Daninha* **37**:e019189215.
- Assefa Y, Staggenborg SA, Prasad VPV. 2010. Grain sorghum water requirement and responses to drought stress: A review. *Crop Management* **9**:1–11.
- Barbieri P, Echarte L, Della Maggiora A, Sadras VO, Echeverria H, Andrade FH. 2012. Maize evapotranspiration and water-use efficiency in response to row spacing. *Agronomy Journal* **104**:939–944.
- Bartzialis D, Giannoulis KD, Gintsioudis I, Danalatos NG. 2023. Assessing the efficiency of different nitrogen fertilization levels on sorghum yield and quality characteristics. *Agriculture* **13**:1253.
- Bermejo G, Theiß M, Ellmer F. 2010. Einfluss der Düngung mit Gärprodukten aus der Biogaserzeugung auf Wachstum. Pages 75–76 in Märlander B, Christen O, Tiedemann S, Kenter C, Düker A, editors. *Entwicklung und Ertrag von Sorghum bicolor var. sudanense*. Koexistenz Grüne Gentechnik. Verlag Liddy Halm, Hohenheim; Göttingen.
- Besançon T, Heiniger R, Weisz R, Everman W. 2017. Weed response to agronomic practices and herbicide strategies in grain sorghum. *Agronomy Journal* **109**:1642–1650.
- Bolsen KK, Moore KJ, Coblenz WK, Siefers MK, White JS. 2003. Sorghum silage. Pages 609–632 in Buxton DR, Muck RE, Harrison JH, editors. *Agronomy Monographs*. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, Madison, WI, USA.
- Bouma D. 2019. Nové pěstitelské postupy ve zpracování a hnojení půdy pro kukuřici | Uroda.cz - Informace o rostlinné výrobě pro zemědělské odborníky. Available from <https://uroda.cz/nove-pestitelske-postupy-ve-zpracovani-a-hnojeni-pudy-pro-kukurici/> (accessed October 30, 2023).

- Brant V. 2011. Pásové zpracování půdy v porostech silážní kukuřice. Agromanuál.cz, České Budějovice. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/pasove-zpracovani-pudy-v-porostech-silazni-kukurice> (accessed October 31, 2023).
- Burgetová M. 2014. Technologie zakládání porostů silážní kukuřice. Bakalářská práce. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Cartwright R, TeBeest D, Kirkpatrick T. 2008. Diseases and nematodes. Pages 45–50 in Espinoza L, Kelley J, editors. Corn Production HANDBOOK. Cooperative Extension Service, University of Arkansas, Little Rock, USA.
- Casto AL, Murphy KM, Gehan MA. 2021. Coping with cold: Sorghum cold stress from germination to maturity. *Crop Science* **61**:3894–3907.
- Conley SP, Lauer J, Mitchell P. 2019. Soybean and corn are considered cover crop options in WI. Coolbean.info, Madison. Available from <https://coolbean.info/2019/06/13/soybean-corn-considered-cover-crop-options-wi/> (accessed October 31, 2023).
- Dembele JSB et al. 2021. Plant density and nitrogen fertilization optimization on sorghum grain yield in Mali. *Agronomy Journal* **113**:4705–4720.
- Dille JA, Stahlman PW, Thompson CR, Bean BW, Soltani N, Sikkema PH. 2020. Potential yield loss in grain sorghum (*Sorghum bicolor*) with weed interference in the United States. *Weed technology: a Journal of the Weed Science Society of America* **34**:624–629.
- Doležal P, Zeman L, Zdráhalová I, Václav Pyrochta JS. 2008. Sklizeň kukuřice a zásady konzervace. *Zemědělec* **34**:13–14.
- Fuksa P. 2018. Vliv organizace porostu silážní kukuřice na produkci bioplynu. Agromanuál.cz, České Budějovice. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/vliv-organizace-porostu-silazni-kukurice-na-produkci-bioplynu> (accessed January 7, 2024).
- Gálvez Ranilla L. 2020. The application of metabolomics for the study of cereal corn (*Zea mays* L.). *Metabolites* **10**:300.
- Głąb L, Sowiński J, Bough R, Dayan F. 2017. Allelopathic potential of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) in weed control: A comprehensive review. *Advances in Agronomy* **145**:43–95.
- GLENN SEED. 2020. Silage versus grain. Glennseed.com, Ontario. Available from <https://www.glennseed.com/silage-versus-grain> (accessed March 10, 2024).
- GÖWEIL. 2023. Kombinované lisovací a ovíjecí stroje. Goeweil.com, Kirchsschlag bei Linz. Available from <https://www.goeweil.com/cs/variabilni-kombinovany-lisovaci-a-ovijeci-stroj-lis-na-kukurici-vario-master/> (accessed March 10, 2024).

- Grant R, Stock R. 1994. Harvesting corn and sorghum for silage. Cooperative Extension, Institute of Agriculture and Natural Resources. University of Nebraska Press, Lincoln.
- Hermuth J, Janovská D, Stražil Z, Ušák S, Hýsek J. 2012. Čirok obecný *Sorghum bicolor* (L.) Moench, Možnosti využití v podmínkách České republiky. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha.
- Hermuth J, Kosová K. 2017. Characterization of the first Czech sorghum variety Ruzrok tested in Czech Republic. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding* **53**:37–44.
- Hermuth J, Kosová K, Podrábský M, Trávníček P, Frydrych J, Hladík J, Král L. 2018. Pěstební technologie zrnového čiroku odrůdy Ruzrok. Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha.
- Hruška J. 1962. Monografie o kukuřici. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.
- Hu X, Liang A, Yao Q, Liu Z, Yu Z, Wang G, Liu J. 2020. Ridge tillage improves soil properties, sustains diazotrophic communities, and enhances extensively cooperative interactions among diazotrophs in a clay loam soil. *Frontiers in Microbiology* **11**:1333.
- Iptas S, Acar AA. 2006. Effects of hybrid and row spacing on maize forage yield and quality. *Plant, Soil and Environment* **52**:515–522.
- Javorek F. 2009. Způsoby sklizně na siláž. *Zemědělec* **33**:17–18.
- Jhala AJ, Knezevic SZ, Ganie ZA, Singh M. 2014. Integrated weed management in maize. Pages 177–196 *Recent Advances in Weed Management*. Springer New York, New York, NY.
- Kačicová L. 2010. Bioplynový plamen se rozhořel naplno. *Farmář* **16**:20–21.
- Kaczmarek S. 2017. A study on *Sorghum bicolor* (L.) Moench response to split application of herbicides. *Journal of Plant Protection Research* **57**:152–157.
- Kintl A. 2019. Kukuřice až na prvním místě. *Agromanuál.cz*, České Budějovice. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/kukurice-az-na-prvnim-miste> (accessed October 30, 2023).
- Kintl A, Brtnický M, Látal O, Hammerschmiedt T, Huňady I. 2021. Pěstování kukuřice na zrno s využitím jetelovin. Uplatněná certifikovaná metodika. Mendelova univerzita v Brně, Brno.
- Kramberger B, Gselman A, Janzekovic M, Kaligarić M, Bracko B. 2009. Effects of cover crops on soil mineral nitrogen and on the yield and nitrogen content of maize. *European Journal of Agronomy* **31**:103–109.
- Kuchtík F. 2013. Pěstování rostlin: Speciální část. FEZ, Třebíč - Střítež.

- Kunzová E, Menšík L, Nerušil P, Hlisnikovský L. 2021. Výnosy a kvalita píce kukuřice na siláž v různých půdně-klimatických podmínkách ČR v roce 2020 - předběžné výsledky. Agromanual.cz, České Budějovice. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/hnojeni/vynosy-a-kvalita-pice-kukurice-na-silaz-v-ruznych-pudne-klimatickych-podminkach-cr-v-roce-2020> (accessed March 7, 2024).
- KWS. 2023. Čirok. KWS Osiva s.r.o, Velké Meziříčí. Available from <https://www.kws.com/cz/cs/produkty/ciroke/> (accessed March 7, 2024).
- Laflinová C. 2023. Agroekologické aspekty pěstování silážního čiroku v podmínkách České republiky. Bakalářská práce. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Lošák T. 2006. Vybrané poznatky z výživy a hnojení kukuřice. *Úroda* **54**:30–31.
- Ma Y, Kang L, Li Y, Zhang X, Cardenas LM, Chen Q. 2023. Is sorghum a promising summer catch crop for reducing nitrate accumulation and enhancing eggplant yield in intensive greenhouse vegetable systems? *Plant and Soil* **11**:1-13.
- MacAdam JW, Nelsen CJ. 2003. Physiology of forage plants. Pages 73–98 in Barnes RF, editor. *Forages: An introduction to grassland agriculture*. Iowa State University Press, Ames.
- Mandić V, Bijelić Z, Krnjaja V, Simić A, Petričević M, Mičić N, Caro-Petrović V. 2018. Effect of harvesting time on forage yield and quality of maize. *Biotechnology in Animal Husbandry* **34**:345–353.
- Maresma A, Ballesta A, Santiveri F, Lloveras J. 2019. Sowing date affects maize development and yield in irrigated Mediterranean environments. *Agriculture* **9**:67.
- Martin R, Montgomery S, Phan S, Im S. 2015. Sorghum production guide for Cambodian conditions. Page (Langford K, editor). Australian Centre for International Agricultural, Canberra.
- Matsuoka Y, Vigouroux Y, Goodman MM, Sanchez G. J, Buckler E, Doebley J. 2002. A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **99**:6080–6084.
- May A, Souza VF de, Gravina G de A, Fernandes PG. 2015. Plant population and row spacing on biomass sorghum yield performance. *Ciencia Rural* **46**:434–439.
- McLeod P, Greene J. 2010. Major insect pests of grain sorghum in Arkansas and their management. Pages 25–36 in Espinoza L, Kelley J, editors. *Grain Sorghum Production Handbook*. Cooperative Extension Service, University of Arkansas, Little Rock, USA.

- McLeod P, Studebaker G. 2008. Major insect pests of field corn in Arkansas and their management. Pages 28–44 in Espinoza L, Kelley J, editors. Corn Production Handbook. Cooperative Extension Service, University of Arkansas, Little Rock, USA.
- Ministerstvo zemědělství České republiky. 2019. Eroze od roku 2019 - Uživatelská příručka. Available from <https://eagri.cz/public/portal/-q335361---cN3hJuYw/prirucka-pro-eroze> (accessed March 24, 2024).
- Naoura G, Emendack Y, Sawadogo N, Djirabaye N, Tabo R, Laza H, Atchozou EA. 2023. Assessment of photoperiod sensitivity and the effect of sowing date on dry-season sorghum cultivars in southern Chad. *Agronomy* **13**:932.
- Newman Y, Erickson J, Vermerris W, Wright D. 2013. Forage sorghum (*Sorghum bicolor*): Overview and management. University of Florida, Gainesville.
- Pandian BA, Sexton-Bowser S, Prasad PVV, Jugulam M. 2022. Current status and prospects of herbicide-resistant grain sorghum (*Sorghum bicolor*). *Pest Management Science* **78**:409–415.
- Pannacci E, Tei F. 2014. Effects of mechanical and chemical methods on weed control, weed seed rain and crop yield in maize, sunflower and soyabean. *Crop Protection* **64**:51–59.
- Patanè C, Cavallaro V, Avola G, D'Agosta G. 2006. Seed respiration of sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] during germination as affected by temperature and osmoconditioning. *Seed Science Research* **16**:251–260.
- Pavlović D, Vrbničanin S, Anđelković A, Božić D, Rajković M, Malidža G. 2022. Non-chemical weed control for plant health and environment: Ecological integrated weed management (EIWM). *Agronomy* **12**:1091.
- Peerzada AM, Ali HH, Chauhan BS. 2017. Weed management in sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] using crop competition: A review. *Crop Protection* **95**:74–80.
- Podrábský M. 2017. Pěstování a využití čiroků. Agromanual.cz, České Budějovice. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/osivo-a-sadba-1/pestovani-a-vyuziti-ciroku> (accessed February 2024).
- Povolný M. 2019. METODIKA ZKOUŠEK UŽITNÉ HODNOTY - ČIROK. Available from https://eagri.cz/public/web/file/112403/Priloha_07_ZUH7_2019_Ciroke_revi_ze_2021.pdf (accessed February 18, 2024).
- Pražák R. 2016. Prospects for sorghum cultivation in Poland. *Acta Agrobotanica* **69**:2.

- PRODUSEM. 2022. Sorghum alternatives for cattle and grain production. Produsem.com, Cárcano. Available from <https://www.produsem.com/english/sorgo.php> (accessed March 10, 2024).
- Prýmas L, Doležal P, Filipčíková J, Dvořáček J, Havlíček Z, Szwedziak K, Mrkvicová E, Niedbała G, Třináctý J. 2022. Najde široková siláž v ČR větší uplatnění v krmných dávkách dojnic? *Náš chov* **99**:18–21.
- Rooney W. 2007. Breeding sorghum. Pages 509–518 in Acquaah G, editor. *Principles of Plant Genetics and Breeding*. Blackwell Publishing, Oxford, England.
- Schaffasz A, Windpassinger S, Friedt W, Snowdon R, Wittkop B. 2019. Sorghum as a novel crop for Central Europe: Using a broad diversity set to dissect temperate-adaptation. *Agronomy* **9**:535.
- Schlegel AJ, Assefa Y, Haag LA, Thompson CR, Stone LR. 2018. Long-term tillage on yield and water use of grain sorghum and winter wheat. *Agronomy Journal* **110**:269–280.
- Schweizer EE, Swink JF, Heikes PE. 2017. Field bindweed (*Convolvulus arvensis*) control in corn (*Zea mays*) and sorghum (*Sorghum bicolor*) with Dicamba and 2,4-D. *Weed* **26**:665–668.
- SEED SERVICE. 2023. Čirok a bér. Seedservice.cz, Vysoké Mýto. Available from <https://seedservice.cz/cirok-a-ber> (accessed March 7, 2024).
- Sharma I, Kumari N, Sharma V. 2015. Sorghum fungal diseases. Pages 141–172 *Sustainable Agriculture Reviews*. Springer International Publishing, Cham.
- Sime B. 2016. Effect of different sowing depth on germination and growth performance of maize (*Zea mays* L.) at Jimma, southwest Ethiopia. *SSRN Electronic Journal*.
- Skládanka J. 2006. Kukuřice setá (*Zea mays* L.). Available from https://web2.mendelu.cz/af_222_multitext/picniny/sklady.php?odkaz=kuku_rice.html (accessed February 27, 2024).
- Smith K, Scott B. 2008. Weed control in corn. Pages 51–64 in Espinoza L, Kelley J, editors. *Corn Production HANDBOOK*. Cooperative Extension Service, University of Arkansas, Little Rock, USA.
- Smith K, Scott B. 2010. Weed control in grain sorghum. Pages 47–49 in Espinoza L, Kelley J, editors. *Grain Sorghum Production Handbook*. Cooperative Extension Service, University of Arkansas, Little Rock, USA.
- Smutný V. 2012. Možnosti regulace plevelů v kukuřici v sušších podmínkách. *Agromanual.cz*, České Budějovice. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/plevele/moznosti-regulace-plevelu-v-kukurici-v-sussich-podminkach> (accessed March 10, 2024).

- Smutný V, Šedek A. 2017. Úzkořádková technologie pěstování kukuřice na siláž. Agromanuál.cz, České Budějovice. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/uzkoradkova-technologie-pestovani-kukurice-na-silaz> (accessed January 7, 2024).
- Snider JL, Raper RL, Schwab EB. 2012. The effect of row spacing and seeding rate on biomass production and plant stand characteristics of non-irrigated photoperiod-sensitive sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Industrial Crops and Products* **37**:527–535.
- Sowiński J, Dayan F, Głab L, Adamczewska-Sowińska K. 2020. Sorghum allelopathy for sustainable weed management. *Plant Defence: Biological Control*:263–288.
- Štrobach J, Mikulka J. 2021. Černá zvěř jako škůdce v porostech kukuřice a čiroku. *Úroda* **69**:41–44.
- Šuk J, Balík J, Jacobe P, Jambor V, Kohout V, Loučka R, Táborský V, Vrzal J. 1998. Kukuřice. VP AGRO spol. s.r.o., Kněžves.
- TeBeest D, Kirkpatrick T, Cartwright R. 2010. Common and important diseases of grain sorghum. Pages 37–46 in Espinoza L, Kelley J, editors. *Grain Sorghum Production Handbook*. Cooperative Extension Service, University of Arkansas, Little Rock, USA.
- Theiß M, Jäkel K. 2019. Sorghum: Anbaualternative für Trockenstandorte. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie.
- Thompson CR, Dille JA, Peterson DE. 2019. Weed competition and management in sorghum. Pages 347–360 *Agronomy Monographs*. Soil Science Society of America, Madison, WI, USA.
- Tomášek J, Brinar J. 2021. Pěstování podplodin v kukuřici a jejich potenciál pro uplatnění v zemědělské praxi. Agromanuál.cz, České Budějovice. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/pestovani-podplodin-v-kukurici-a-jejich-potencial-pro-uplatneni-v-zemedelske-praxi> (accessed October 30, 2023).
- Tomášek J, Cihlář P. 2018. Porovnání různých způsobů výživy a podpůrných přípravků u kukuřice. Agromanuál.cz, České Budějovice. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/listova-hnojiva/porovnaní-různých-způsobu-výživy-a-podpurných-přípravku-u-kukurice> (accessed February 12, 2024).
- Tóth P, Kmoch M. 2016. Významné choroby kukuřice. Agromanuál.cz, České Budějovice. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/choroby/vyznamne-choroby-kukurice> (accessed February 22, 2024).
- ÚKZÚZ. 2020. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. Metodický návod pro hnojení plodin. ÚKZÚZ, Brno. Available from <https://eagri.cz/public/portal/>

- q454327---QOHiQRp6/prirucka-pro-hnojeni-plodin (accessed February 2024).
- ÚKZÚZ. 2024. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. Přípravky na OR. ÚKZÚZ, Brno. Available from https://eagri.cz/public/app/srs_pub/fytoportal/public/ (accessed February 14, 2024).
- Uzoh IM, Igwe CA, Okebalama CB, Babalola OO. 2019. Legume-maize rotation effect on maize productivity and soil fertility parameters under selected agronomic practices in a sandy loam soil. *Scientific Reports* **9**:1–9.
- Vaněk V, Balík J, Pavlíková D, Tlustoš P. 2007. Výživa a hnojení polních a zahradních plodin. Profi Press Praha
- Venclová B. 2014. Má čirok budoucnost jako energetická plodina – ano, nebo ne? Uroda.cz - Informace o rostlinné výrobě pro zemědělské odborníky. Available from <https://uroda.cz/ma-cirok-budoucnost-jako-energeticka-plodina-ano-nebo-ne/> (accessed February 9, 2024).
- Venkateswaran K, Elangovan M, Sivaraj N. 2019. Origin, domestication and diffusion of *Sorghum bicolor*. Pages 15–31 *Breeding Sorghum for Diverse End Uses*. Elsevier.
- Vera Hernández PF, Mendoza Onofre LE, Rosas Cárdenas F de F. 2023. Responses of sorghum to cold stress: A review focused on molecular breeding. *Frontiers in Plant Science* **14**:1124335.
- Vrzal J, Novák D, Štráfelda J, Kohout V. 1995. Pěstování kukuřice a jednoletých pícnin. Institut výchovy a vzdělávání Mze ČR, Praha.
- Winkler J. 2021. Zpracování půdy a změna druhového spektra plevelů v kukuřici. Agromanuál.cz, České Budějovice. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/plevele/zpracovani-pudy-a-zmena-druhoveho-spektra-plevelu-v-kukurici> (accessed October 30, 2023).
- Yu X, Qu J, Hu S, Xu P, Chen Z, Gao J, Ma D. 2023. The effect of tillage methods on soil physical properties and maize yield in Eastern Inner Mongolia. *European Journal of Agronomy* **147**:126852.
- Zeise K, Fritz M. 2011. Sorghum als Biogassubstrat. Biogas Forum Bayern. Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und landwirtschaftliches Bauwesen in Bayern, Freising.
- Zhou Y, Huang J, Li Z, Wu Y, Zhang J, Zhang Y. 2022. Yield and quality in main and ratoon crops of grain sorghum under different nitrogen rates and planting densities. *Frontiers in Plant Science* **12**:778663.
- Zimolka J. 2008. Kukuřice: hlavní a alternativní užitkové směry. Profi Press, Praha.