

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

Vliv zpracování půdy na výnos silážní kukuřice

Bakalářská práce

Vladimír Tyller, DiS.

Faremní hospodaření

doc. Ing. Václav Brant, Ph.D.

© 2023 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci „Vliv zpracování půdy na výnos silážní kukuřice“ 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 15.4.2023

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval doc. Ing. Václavu Brantovi, Ph.D., za vedení této bakalářské práce, za jeho profesionální, odborný a trpělivý přístup. Dále také děkuji za řadu další odborných a zajímavých poznatků v oblasti zemědělství.

Vliv zpracování půdy na výnos silážní kukuřice

Souhrn

Tématem této práce je vliv technologie založení porostu kukuřice seté na výnos a kvalitu silážní hmoty. Na počátku se literární řešerše věnuje historii.

Jsou zde zmíněny základní informace ohledně fyziologie a morfologie.

Dále jsou popsány základní typy zpracování půdy, některé tuzemské a zahraniční výsledky a zkušenosti a jejich vlivy na výnos a kvalitu kukuřice.

V další části jsou zmíněny základní makroprvky a jejich význam ve výživě této rostliny. Na kapitulu o výživě navazují kapitoly týkající se chemické ochrany kukuřice před škůdci, chorobami a pleveli, zmíněny jsou zde také nejpoužívanější účinné látky.

Následující části práce se zaměřují na struktury porostu, na erozní rizika, uvedeny jsou výsledky zahraničních pokusů týkajících se zařazení kukuřice v osevním postupu.

Úkolem práce bylo zejména zjistit, jaká technologie je nejvýhodnější z hlediska výnosu, kvality a rychlosti dozrávání, potažmo vypořádání se se stresovými faktory, jako jsou například sucho a vysoké teploty.

Toto téma bylo zpracováno formou polního pokusu, kde byly založeny ve dvouletém pokusu vždy tři varianty. Jednalo se o varianty strip-till, mělké zpracování půdy rotačními bránami a technologie no-till. Všechny varianty byly zasety se stejným výsevkem a následně pesticidně ošetřeny. Hnojení bylo stejné, rozdíl byl u varianty no-till, kdy nemohlo být dusíkaté hnojivo zapraveno do půdy.

Pokus se v obou letech uskutečnil na pozemcích podniku AGRO Kunčina, a.s. Meziročně byly zjištěny určité rozdíly ve výživě, ale obě varianty pokusu byly obdobné, jak bude dále v práci popsáno. Každoročně se hodnotil počet vzešlých rostlin, dále suchá nadzemní hmotnost, předsklizňový odběr, kde bylo možno odhadnout teoretický výnos.

Sklizeň poté proběhla řezačkou John Deere 9600i, která je osazena NIR (near – infrareded specctroscopy) senzorem Harvest Lab. Tím byly získány kvantitativní i kvalitativní parametry ohledně sklizně, které jsou pak zmíněny v jednotlivých tabulkách v metodických a sklizňových kapitolách. Lze tak porovnat průběžný stav porostů, ale také vliv technologie na finální výnos a kvalitativní parametry.

Výnosově byl větší rozdíl zaznamenán v roce 2021. Varianta mělkého zpracování půdy rotačními bránami dosáhla nejvyššího výnosu 54,3 t/ha, oproti variantě strip – till s nejnižším výnosem 48,4 t/ha. V roce 2022 byl rozdíl mezi variantami nižší. Nejvyšší výnos vykazovala varianta strip – till, a to 54,1 t/ha. Nejnižší výnos byl sklizen u varianty no – till, konkrétně 51,4 t/ha.

Co se týče vlhkosti při sklizni, v roce 2021 byla překvapivě sklizena s nejvyšší vlhkostí 65,9 % varianta rotačních bran, oproti variantě no – till s nejnižší vlhkostí 63,3 %. V roce 2022 měla při sklizni nejvyšší vlhkost varianta strip – till, a to 67,8 %, nejnižší vlhkost měla varianta rotačních bran, konkrétně 67,3 %.

Klíčová slova: kukuřice, technologie, výnos, kvalita, siláž

Effect of tillage on silage corn yield

Summary

The topic of this work is the influence of the technology of establishing the sown corn stand on the yield and quality of the silage mass. In the beginning, literary research is devoted to history.

Basic information regarding physiology and morphology is mentioned here.

Furthermore, the literary research describes the basic types of tillage and some domestic and foreign results and experiences with their effects on the yield and quality of corn.

In the next part, the basic macro elements, and their importance in the nutrition of this plant is mentioned. The chapter on nutrition is followed by chapters on the chemical protection of maize, protection against pests, diseases and weeds. The most used active substances are mentioned here.

Furthermore, there are chapters on the structure of the vegetation and an important chapter on erosion risks, where the results of foreign experiments, regarding the inclusion of maize in the sowing process, are mentioned.

The task of the work is therefore to find out which technology has the biggest advantage in terms of yield, quality and ripening speed, or dealing with stress factors such as drought and high temperatures.

This topic was processed in a field experiment, where three variants were established in a two-year experiment. These were variants of strip-till, shallow tillage with rotary harrows and no-till technology. All variants were sown with the same seed and subsequently treated with pesticides. Fertilization was also identical, the difference was in the no-till variant, when nitrogen fertilizer could not be incorporated into the soil.

In both years, the experimental plots were owned by AGRO Kunčina, a.s. . There were certain differences in nutrition from year to year, but all variants were similar, as will be described later in the thesis. Every year, the number of emerged plants was evaluated, as well as dry above-ground weight, pre-harvest sampling, where it was possible to estimate the theoretical yield.

Harvesting was then done with a John Deere 9600i harvester, which is equipped with a Harvest Lab NIR (near-infrared spectroscopy) sensor. In this way, we obtained quantitative and qualitative parameters regarding harvesting, which are then mentioned in individual tables in the methodical and harvesting chapters. We can therefore compare the current state of the stands, but also the effect of technology on the final yield and quality parameters.

In terms of yield, a greater difference was recorded in 2021. The variant of shallow tillage with rotary harrows achieved the highest yield of 54.3 t/ha, compared to the strip-till variant with the lowest yield of 48.4 t/ha. In 2022, the difference between the variants was smaller. The highest yield was shown by the strip-till variant, namely 54.1 t/ha. The lowest yield was harvested with the no-till variant, namely 51.4 t/ha.

Regarding moisture at harvest, in 2021 the rotary harrow variant was surprisingly harvested with the highest moisture of 65.9%, compared to the no-till variant with the lowest moisture of 63.3%. In 2022, the strip-till variant had the highest humidity at harvest, namely 67.8%, the rotary harrow variant had the lowest humidity, namely 67.3%.

Keywords: corn, technology, yield, quality, silage

Obsah

1	Úvod.....	8
2	Cíl práce.....	9
3	Literární rešerše.....	10
3.1	Biologie kukuřice seté.....	10
3.2	Základní biologická charakteristika.....	10
3.3	Anatomie rostliny.....	10
3.3.1	Nadzemní část.....	10
3.3.2	Stéblo.....	10
3.3.3	List.....	10
3.3.4	Květy a plody.....	11
3.3.5	Kořen.....	11
3.4	Nároky na prostředí.....	11
3.5	Historie kukuřice seté a silážování.....	12
3.6	Hospodářský význam.....	12
3.6.1	Silážní kukuřice.....	12
3.6.2	Kukuřice na zrno.....	13
3.7	Zařazení v osevním postupu.....	13
3.8	Agrotechnika pěstování.....	13
3.8.1	Struktura porostu.....	13
3.8.2	Technologie zpracování půdy.....	14
3.8.3	Výživa a hnojení.....	15
3.8.4	Choroby a škůdci.....	17
3.8.5	Sklizeň.....	18
3.9	Erozní rizika a jejich eliminace.....	19
4	Metodika.....	19
4.1	Charakteristika pokusné lokality.....	19
4.1.1	Charakteristika pokusné lokality 2021.....	20
4.1.2	Agrotechnika pokusu 2021.....	20
4.1.3	Hodnocení parametrů pokusu 2021.....	21
4.1.4	Charakteristika pokusné lokality 2022.....	21
4.1.5	Agrotechnika pokusu 2022.....	21
4.1.6	Hodnocení parametrů pokusu 2022.....	22
5	Výsledky.....	23
5.1	Průběžná kontrola porostů 2021.....	23
5.2	Sklizeň 2021.....	24

5.3	Průběžná kontrola porostů 2022.....	25
5.4	Sklizeň 2022	26
6	Diskuse	27
7	Závěr	28
8	Literatura.....	29

1 Úvod

Kukuřice setá je celosvětově jednou z nejdůležitějších obilnin, zaujímá první místo v produkci. Kukuřice má zastoupení jak v potravinářství, tak v různých průmyslových odvětvích. Silážní kukuřice slouží jako hlavní krmivová složka pro skot. Dále se využívá pro výrobu bioplynu. Proto je velmi důležitá, mimo její výnos, také kvalita kukuřičné siláže. Ta se mimo jiné hodnotí dle obsahu škrobu.

Pro kukuřici je jako pro C4 rostlinu přirozenější teplejší období a je oproti ostatním kulturním plodinám odolnější vůči krátkodobým přísuškům. Dále má také výrazný heterózní efekt.

Kukuřice byla vyšlechtěna již zhruba před 10 000 lety z divoké trávy teosint na území dnešního Mexika.

Na základě poznatků z tuzemské i zahraniční literatury je však patrné, že výnos i kvalita kukuřičné siláže může být do značné míry ovlivněna technologií zpracování půdy a založení porostu. Tato práce vznikla z důvodu porovnání právě různých technologií.

Meziroční výkyvy počasí, kdy je jeden rok velmi suchý, další zase srážkově normální, nás nutí reagovat na aktuální podmínky. Nejen na základě literární rešerše v této práci víme, že kukuřice je schopna na různé typy zpracování půdy a setí reagovat velmi dobře.

I z vlastní zkušenosti vím, že metody strip-till, potažmo no-till umí překvapit v suchých letech. Částečné nebo žádné jarní zpracování půdy dokáže zadržet vláhu, kterou kukuřice v následném vegetačním období využije. Naopak v mokrých letech mohou být tyto metody lehce kontraproduktivní. Plochy s těmito technologiemi budou samozřejmě hůře vysychat a kukuřice tak může trpět podmáčením a nižším množstvím půdního vzduchu.

Tato práce by mohla poukázat na širší možnosti technologií v pěstování kukuřice. Také z ní vyplývá, že není obecně platná jedna ideální technologie, ale že každý způsob založení porostu má své plusy a mínusy, tím pádem se každá může hodit do určitých podmínek jak půdních, tak klimatických.

2 Cíl práce

V rámci hlavního cíle bakalářské práce byly specifikovány dva dílčí cíle:

1. Cílem práce je na základě literární rešerše specifikovat vliv rozdílných systémů zpracování půdy na výnos silážní kukuřice.
2. Součástí experimentální práce je na základě polních pokusů ověřit vliv vybraných technologií zpracování půdy (strip till, přímé setí do vymrzající meziplodiny a setí po předset'ové přípravě) na výnos silážní kukuřice.

Hypotéza: Rozdílné systémy zpracování půdy pro kukuřici setou vykazují rozdíly ve výnosových parametrech kukuřice.

3 Literární rešerše

3.1 Biologie kukuřice seté

3.2 Základní biologická charakteristika

Spolu s pšenicí a rýží je kukuřice celosvětově nejdůležitější obilninou. Veškeré pěstované druhy a formy kukuřice spadají do botanického druhu *Zea mays* L., skupiny kukuřicovitých (*Maydae*), čeledi lipnicovité (*Poaceae*). Kukuřice se ještě dělí podle charakteru endospermu zrna na – kukuřici koňský zub, obecná neboli tvrdá, polozubovitá, pukancová, cukrová, škrobnatá, vosková a plevová (Hůla et al. 2008).

Kukuřice setá se řadí mezi rostliny s C4-cyklem (Hatch–Slackův cyklus). Těmto rostlinám je přirozenější více než C3 a CAM rostlinám suché prostředí s vysokou intenzitou slunečního záření a nízká relativní vzdušná vlhkost. Teplotní optimum pro fotosyntézu mají mezi 28–35 °C, minimální teplota pro její průběh je 5–10 °C. Dále se vyznačují rychlým transportem asimilátů z listů. Dokáží také velmi rychle tvořit sušinu (až 50 g na metr čtvereční na plochu pozemku za den) (Hejnák et al. 2008).

3.3 Anatomie rostliny

3.3.1 Nadzemní část

Pro zemědělskou produkci jsou nadzemní orgány hlavním produktem pro tvorbu produktu u kukuřice seté. Jejich vývoj a kvalitativní parametry jsou však závislé i na použité pěstební technologii (Brant 2020).

3.3.2 Stéblo

Podle Skládanky (2006) má stéblo 8–10 internodií. Lütke Entrup et al. (2013) uvádějí počet internodií v rozmezí 8–6, případně 20 internodií u pozdních hybridů. Na délku stébla a dynamiku jeho růstu má vliv nejen hybrid, ale také podmínky ovlivňující vývoj kukuřice seté (Brant et al. 2016). Stéblo je vzdušné, vzpřímené a internodia dosahují délky 0,2–0,3 m (Maiti et al. 2012).

Význam stébla je spojen zásadním způsobem s využitím atmosférických srážek ulpívajících na rostlinných orgánech, především na listech. Stéblo rostliny zajišťuje stok srážkové vody ke kořenům, kde dochází k její infiltraci do kořenové zóny rostlin (Brant et al. 2016).

3.3.3 List

Listy jsou vnímány jako hlavní orgán rostliny podílející se na fotosyntéze, tedy na příjmu slunečního záření. Druhou skutečností je jejich podíl na produkci nadzemní biomasy, včetně kvalitativních parametrů ve vztahu k využití zelené hmoty (Brant et al. 2020). Lütke Entrup et al. (2013) uvádějí, že se může počet listů na rostlině pohybovat od 8 až do 40. Zscheischler et al. (1990) zmiňují dokonce 48 listů.

Skládanka (2006) také uvádí, že rané hybridy mají počet listů menší než hybridy pozdnější. Listy se podílí na celkovém výnosu kolem 10–15 %. Spodní listy dosahují délky 0,5–1 m a jsou široké 0,1–0,15 m, horní listy jsou poněkud kratší a užší, mají zvlněný okraj a paralelní žilnatinu (Maiti 2012).

Kromě počtu listů na rostlině je důležitý také jejich podíl na celkové hmotnosti rostliny, ale i jejich plocha. Ta je nejčastěji vyjadřována jako LAI (leaf area index). LAI je bezrozměrná veličina, jež byla poprvé definována jako celková plocha horní části fotosyntetické tkáně listu na jednotku plochy (Wantson 1947). Lindquist et al. (2005) uvádějí, že hodnoty této veličiny se pohybují v rozmezí 4,8–7,8. Hodnota LAI je velmi často využívána jako ukazatel fotosyntetických procesů rostlinných společenstev, ale i rostliny jako jedince. Má také zásadní význam pro stanovení intenzity růstu rostliny (Barclay 1998).

3.3.4 Květy a plody

Kulturní formy kukuřice seté vytvářejí jednopohlavné květy. Samčí květenství je tvořeno vrcholovou latou klásků, jež vyráží z hlavní osy. Samčí květenství je také základem pro kvalitní opylení samičích květů, které se zásadním způsobem podílejí na výnosu hlavního produktu jak u silážní, tak zrnové kukuřice. Samičí květenství u kulturní kukuřice seté vytváří ztloustlý útvar, který označujeme jako palici. Počet obilek tvořící palici je jedním z významných výnosotvorných prvků, který se posuzuje podle počtu řad obilek na palici a počtem obilek v řadě. Podle Lütkeho Entrupa et al. (2013) se potenciální množství obilek může pohybovat až v rozmezí od 750 do 1000 kusů, při sklizni se však jejich počet pohybuje od 400 do 600 kusů na palici, při počtu 14 až 22 řad obilek s počtem 30–50 obilek v řadě.

3.3.5 Kořen

Kořenový systém kukuřice seté se skládá ze čtyř rozdílných typů kořenů. V rámci procesu klíčení se prvotně vytváří primární neboli embryonální kořen. Následuje růst 2 až 5 seminálních kořenů, které vyrůstají z meristematických pletiv nacházejících se mezi prvním listem a nasazením koleoptile (Entrup et al. 2013). Primární kořen spotřebovává na začátku růstu zásobní látku ze semene, seminální kořeny zásobují klíčence vodou a živinami z půdy v prvních dvou až třech týdnech vývoje. Až se rostlina dostane do fáze 3. listu, růst seminálních kořenů se pozastavuje, ale jejich funkce zůstává zachována. Embryonální primární a seminální kořeny spolu se svými laterálními (postranními) kořeny jsou důležité pro růst kukuřice v průběhu raného vývoje, postembryonální nodální kořeny a jejich latery jsou poté zásadní pro tvorbu biomasy porostů (Hochholdinger et al. 2018). Skládanka (2006) uvádí, že kořeny pronikají do hloubky 1,5–3 m. Při vysoké hladině spodní vody kořeny sahají do hloubky zhruba 0,3–0,4 m. Sobotik et al. (2018) uvádějí, že kořeny dosahují hloubky do 1,4 m, Kustcher et al. (2009) uvádí hloubku až 1,5 m.

3.4 Nároky na prostředí

Brant et al. (2020) upozorňují na následující specifika pěstování kukuřice seté v podmínkách České republiky.

Kukuřice setá nemá zásadní nároky na předplodinu v osevním postupu a umožňuje také efektivní pěstování v monokultuře. Při dodržení sklizňových termínů, hlavně silážní kukuřice, je vhodnou předplodinou pro většinu plodin.

3.5 Historie kukuřice seté a silážování

Kukuřice byla vyšlechtěna z původní divoké trávy teosint na území dnešního Mexika zhruba před 10 tisíci lety (Národní zemědělské muzeum). Piperno & Flannery (2001) uvádějí, že dle archeologických záznamů a fylogenetické analýzy začala domestikace nejméně před 6000 lety.

Kukuřice byla objevena Evropany 5. 11. 1492. Tímto objevem se začala šířit v průběhu dalších 100 let po celé východní polokouli. Itálie a severní Francie 1494, Egypt 1517, severní Španělsko a celé Portugalsko 1525, severní Evropa 1571, Balkánský poloostrov 1575 a celá Afrika, Indie a části Blízkého východu v průběhu 16. století (Smith 2004). Další výrazný nárůst ploch souvisel s 2. světovou válkou a potravinovým programem třetí říše. Pěstovaná plocha byla tehdy na jejím území 59 394 hektarů. Od 60. let začala plocha silážní kukuřice převažovat, což pokračuje až dodnes (Brant et al. 2020).

Co se týká silážního konzervačního procesu, na vyobrazeních ze starého Egypta z doby 1000–1500 př. n. l. jsou velmi zřetelné scény, které ukazují konzervaci rostlinné hmoty do kamenných sil. Údajně byl silážní proces objeven náhodně stejně jako výroba vína. Cílem konzervace rostlinné hmoty bylo tehdy v podstatě základní zachování živin. Cíle dnešního silážování stejně jako celý proces zaznamenaly v průběhu času obrovský posun. Dnes si klademe za cíl zachovat živiny v kvalitní formě, minimalizovat ztráty při skladování, zvýšit stabilitu konzervace, zlepšit chutnost siláže a aerobní stabilitu (Mitrík 2018).

3.6 Hospodářský význam

3.6.1 Silážní kukuřice

Silážní kukuřice je základní a klíčová složka v krmné dávce skotu (Mitrík 2018). Zároveň je nejpoužívanějším substrátem pro výrobu bioplynu. Důvodů, proč je silážní kukuřice tak významná, je hned několik. V našich podmínkách má nejvyšší výnosový potenciál díky fotosyntetickému systému C4 a díky heteroznímu efektu (Brant et al. 2020). Heterozní efekt znamená, že potomek v určitém znaku v podstatě překonal rodiče, či zdědil oba jejich znaky (Hruban & Majzlík 2000).

Silážování lze tedy obecně definovat jako konzervaci rostlinné biomasy pomocí organických kyselin, produkovaných přírodními mikroorganismy z cukrů uložených v tkáních rostlin. Cíl silážování je konzervace živin rostlinné hmoty tak, aby byly dlouhodobě použitelné na výživu zvířat, popřípadě pro bioplynové stanice. Základ každé úspěšné konzervace je kvalitní fermentace. Kterýkoliv minimální nedostatek v každé fázi procesu silážování může ovlivnit pozitivní výsledek a způsobit nemalé ztráty (Mitrík 2018). Kukuřice vzhledem k jejímu příznivému složení živin vyniká téměř nad všemi ostatními druhy siláží, co se silážovatelnosti týká (Schmidt 1974).

3.6.2 Kukuřice na zrno

Význam zrnové kukuřice potvrzuje rozšíření jejího pěstování ve světě, kde její plocha zaujímá po rýži druhé místo a co do produkce zrna je na místě prvním (Faostat 2020). Důvodem pro její pěstování je jednak vysoký výnosový potenciál a také široké možnosti uplatnění zrna, jež vyplývají z jeho složení. Základní složkou zrna je škrob, jehož obsah se obvykle pohybuje mezi 65–75 % (Liu et al. 2016), což je zpravidla více než u jiných plodin; např. 60–70 % u pšenice (Štěrbová et al. 2016), 54–67 % u ječmene (Anele et al. 2015) či zhruba 16 % u brambor (Narwojsz et al. 2020).

Kukuřičný škrob má po různých způsobech zpracování užití například v potravinářském průmyslu (mlékárenství, pekárenství), papírenském, textilním, stavebním, těžebním, kosmetickém (zubní pasty, pudry), farmaceutickém (plniva tablet), chemickém (lepidla, prací prostředky), Brant et al. (2020).

3.7 Zařazení v osevním postupu

Kukuřice je v monokultuře poměrně snášenlivá, a proto ji lze pěstovat i po jiných plodinách. Z hlediska aplikace herbicidů a jejich rezistence se však uplatňuje spíše dvouletý sled kukuřice. Pokud je kukuřice dobře hnojena, na předplodinu výrazně nereaguje, pouze po jetelovinách může být výnos zrna i siláže vyšší než po ostatních plodinách (Černý et al. 1981).

Z obilních předplodin je poněkud lepší ozimá pšenice než jarní ječmen, zatímco cukrová řepa se ukázala jako slabě podprůměrná předplodina. Byl po ní často pozorován horší počáteční vývoj kukuřice, což pravděpodobně souvisí se zhoršenou přístupností zinku, protože rostliny vykazovaly nedostatek tohoto mikroelementu (Kos 1981).

3.8 Agrotechnika pěstování

Obecně se udává, že hloubka setí by měla být dvakrát až pětkrát vyšší než rozměr semene. To u kukuřice znamená 30–70 mm. Hloubku volíme dle vláhových poměrů a struktury půdy. Optimální období pro setí je od poloviny dubna do první dekády května. Příliš brzký výsev ohrožuje kukuřici stresem z nízkých teplot, naopak pozdní výsevek ohrožuje dozráváním. Podle toho samozřejmě volíme hybrid dle výše zmíněného čísla FAO (Houba & Hosnedl 2002).

Kukuřice je vhodná i pro pásovou aplikaci jak hnojiv, tak i pesticidů (Brant et al. 2020).

3.8.1 Struktura porostu

Počet rostlin je jedním z nejvýznamnějších agronomických bodů, které přispívají k výnosu zrna stejně jako dalších atributů této plodiny (Charles & Charles 2006).

Struktura porostu je důležitým atributem, protože se předpokládá, že má vliv na zachycení světla, během něhož probíhá fotosyntéza. Porost s vyšším počtem rostlin má také potenciál lépe odolávat tlaku plevelů. Deficit rostlin na jednotku plochy také zabraňuje maximálnímu využití výrobních parametrů. Na druhé straně přílišná hustota naopak zvyšuje konkurenci mezi rostlinami kukuřice a tím se sníží výnos i kvalita. Počet rostlin u kukuřice je velmi důležitý, protože kukuřice nemá schopnost se příliš přizpůsobit výkyvům hustoty porostu (Moosavi et al. 2012).

Roy a Singh (1986) zjistili, že hustota porostu 80 000 jedinců na hektar vyprodukovala vyšší výnos než 60 000 rostlin na hektar. Mazaheri et al. (2002) uvedli, že zvýšení hustoty rostlin významně zvýšilo výnos píce.

3.8.2 Technologie zpracování půdy

Půda je složena z písku, prachu a jílu. Mix těchto složek je nazýván půdní textura (Kinsey 1993). Existuje mnoho studií, které zkoumají efekt různých druhů zpracování půdy na výnos kukuřice a celkově na vliv půdního prostředí. U kukuřice se využívá jak klasická orba, tak různé minimalizační technologie (Hůla et al. 2008). Nejširší uplatnění zde nachází také technologie strip – till. Tato metoda je použitelná i při monokulturnějším pěstování kukuřice (dva až tři roky) po sobě (Brant et al. 2016).

3.8.2.1 Zpracování půdy – orba

Orba je jedním ze základních typů zpracování půdy. Dochází při ní k nakypření půdy, čímž se zvyšuje pórovitost půdního profilu, zejména podíl nekapilárních pórů nepravidelných tvarů. Pokud jsou ideální podmínky, orba přispívá k drobení půdy na menší půdní agregáty a ovlivňování agregátového uspořádání půdy. Horní vrstva, která bývá poškozena působením povětrnostních činitelů a přejezdy mechanizace, je ukládána na dno brázdy a spodní vrstva půdy je vynášena na povrch. Mohou být také vyneseny proplavené živiny a jemné koloidní částice. Benefitem je zapravení jednoletých i víceletých plevelů, které jsou zničeny, ale i oslabení vytrvalých plevelných druhů. Omezeno je také působení chorob a škůdců (Brant 2021).

3.8.2.2 Zpracování půdy – kypření

Mělkým zpracováním půdy rozumíme zpracování horní vrstvy půdy až do 0,2 m. Na rozdíl od podmítky zajišťuje vytvoření optimální půdní vlastnosti pro následný vývoj kulturních rostlin. V praxi jsme se nejčastěji setkávali s mělkým kypřením do hloubky 0,1 m. Tato skutečnost vychází z úspory pohonných hmot, hospodaření s půdní vláhou a ponechání rostlinných zbytků na povrchu půdy. V posledních letech se však z důvodu rovnoměrnějšího zapravení hnojiv, podpory kořenového systému a rizik spojených se zhutněním půdy vracíme ke zvýšení pracovní hloubky až k výše zmíněným 0,2 m (Brant 2021).

Obecně je minimalizační technologie u kukuřice považována za žádoucí. Důvody jsou například omezená půdní eroze nebo omezené ztráty pohyblivého dusíku do podzemních vod. Stále ale platí, že vliv různé intenzity je velmi silně spjat s půdními a klimatickými podmínkami. To znamená, že v sušších, teplejších oblastech může být minimalizace přínosem jak výnosovým, tak kvalitativním. Chladnější oblast s vlhčími půdami může ale naopak reagovat odlišně. Může za to potom chladné prostředí v oblasti set'ového lůžka a jeho pomalé prohřívání. To zapříčiní pomalejší vzcházení a celkový počáteční vývoj (Hůla et al. 2008)

3.8.2.3 Pásové zpracování půdy – strip – till

Pásové obdělávání půdy je konzervační postup, při kterém se obdělávají úzké pásy, jež tvoří zpravidla méně než 50 % plochy pole. Tímto postupem se zlepšuje dlouhodobě kvalita

půdy, kontrola eroze a ochrana životního prostředí. Můžeme tím také chránit zbytky plodin v meziřadí, které chrání povrch půdy (Soil Tillage Research Organization 2013).

Hloubka kypření je dána nejen půdním profilem, ale také termínem provedení kypření (jaro, nebo zima) plodinou, pro kterou je zpracování určeno, a hloubkou uložení hnojiva. Nakypřený pás půdy také zajišťuje optimální podmínky pro vývoj kořenového systému a nadzemní části rostliny. Kypřá půda v řádku plodiny vyznačující se vyšším podílem mezipůdních prostor vyplněných vzduchem bez pokryvu rostlinným materiálem přispívá k rychlejšímu ohřevu zeminy. Vyšší teplota půdy podporuje od začátku vegetace rozvoj kořenového systému směrem do větších hloubek, a to především u teplomilných rostlin (Brant 2016).

3.8.2.4 Zpracování půdy no-till

Přímé setí do nezpracované půdy neboli no-till je další metodou a technologií, při níž nedochází k převrácení a prokypření orničního profilu. Ekologické benefity zahrnují zvýšení půdního organického uhlíku, biotické aktivity, půdních pórů, agro-ekologické diverzity, nižší půdní erozi a nižší emise uhlíku (kvůli snížené spotřebě paliva) (Derpsch 2010).

Ismail (1994) také uvádí, že dlouhodobé neobdělávání půdy mění její základní fyzikální vlastnosti.

Obrovskou výhodou této metody je fakt, že spotřeba času a paliva u metody no-till je až o 85 % nižší než u klasické orby. Oproti zbývajícím konzervačním způsobům zpracování půdy může být úspora až 50 % (KWS osiva 2020).

Soane et al. (2012) zpracovali rozsáhlou studii z několika zemí, která ukázala, že výnosy u systému no-till byly všeobecně o 5 % nižší oproti klasické orbě. Výnosy u technologie no-till byly nižší ve více severních zemích, kde je dostatek přístupné vody, ale za podmínek sníženého množství srážek od severní k jihozápadní Evropě byla tendence opačná, a to ve prospěch no-till technologie. A proto s očekáváním suchých podmínek kvůli klimatické změně může no-till v budoucnu získávat na větším významu.

3.8.3 Výživa a hnojení

Kukuřice patří mezi C4 rostliny, to znamená, že využívá velmi dobře sluneční energii k efektivní práci s přijatelnými živinami na tvorbu výnosu, ať už siláže, nebo zrna. Celkový obsah živin v rostlinách je ovlivněn především půdně klimatickými podmínkami, konečnou úrovní hnojení nebo hybridem. Kukuřice začíná ve větší míře přijímat živiny až zhruba měsíc po vzejtí (Vaněk et al. 2016).

Makroprvky, zejména N, P, K, Ca nebo S, hnojíme především do půdy, protože jejich vyživení rostliny foliárně v plné výši je nemožné (Kinsey 1995).

Podle Vaňka et al. (2016) kukuřice odebere na 1 t siláže 3,5–4 kg, 0,7–0,9 kg P, 2,9–3,7 kg K, 0,9–1,3 kg Ca, 0,3–0,6 kg Mg. Pomalý počáteční růst má za následek to, že při výšce porostu 0,4–0,5 m odebere kukuřice na 1 ha 35 kg N, 4 kg P, 40 kg K, 3 kg Mg.

Kukuřice je jednou z nejvhodnějších plodin k hnojení kejdou, při možnostech hnojení od podzimu do jara. Pro jednorázovou aplikaci na těžších půdách je vhodný podzim. U lehčích půd bude pro aplikaci výhodnější jaro (Škarda 1977).

3.8.3.1 Dusík

Rozhodující část dusíku se většinou aplikuje před setím, ale vysoký příjem rostlinami je až v období intenzivního růstu, tedy za asi 8–10 týdnů (Vaněk et al. 2016). Rostlina potřebuje velké množství dusíku při květu a zakládání blizen. Poté je již pozdě. V tomto krátkém časovém intervalu je důležité napumpovat do rostliny dusík co nejrychleji. Vhodná je tedy aplikace na list (Kinsey 1995).

Je zcela logické, že je zde snaha o přesunutí hnojení do vegetace, ale to může mít za následek popálení rostlin a prodlužování vegetace (nižší obsah sušiny při sklizni). Z ekonomického hlediska je ideální provádět hnojení ve dvou fázích. První je základní hnojení před setím. V sušších podmínkách řepařské oblasti až 120 kg N, v humidnějších oblastech a lehčích půdách do dávky 70 kg N. Případně je možno dohnojit maximálně do tří dnů po zasetí zhruba 40 kg N. K základnímu hnojení jsou nejvhodnější hnojiva s amidickou a amonnou formou dusíku. K těm patří síran amonný, močovina a DAM. Přihnojení během vegetace může mít za následek zvýšení výnosu, a to zvláště na lehčích půdách a v obdobích s vyššími srážkami. Toto přihnojení by se mělo uskutečnit ve výšce kukuřice od 0,2–0,4 m. Pozdější přihnojení může mít negativní vliv (jak bylo zmíněno) na tvorbu sušiny. Rozporuplná je v této fázi aplikace DAMu. I když rostliny po popálení poměrně dobře zregenerují, může být problém s tvorbou sušiny. Vhodnější se tedy jeví aplikace kejdy do meziřádku. Tyto principy jsou v podstatě stejné u kukuřice na siláž i u kukuřice na zrno (Vaněk et al. 2016).

Nedostatek dusíku uvidíme nejprve na nejstarších listech kukuřice. Kukuřice vykazuje zpomalený růst, světle zelenou až antokyanovou barvu a dochází u ní k dřívějšímu nástupu zralosti (Lovochemie 2019).

3.8.3.2 Fosfor

Rostliny potřebují fosfor k fotosyntéze, dýchání, skladování a přesunu energie pro buněčné dělení. Ideální formou je fosfát neboli fosforečnan, protože má trojitý záporný náboj, a je proto dost silný na to, aby zůstal v půdě (Kinsey 1995). Kukuřice má vysoké požadavky na fosfor. Dá se říci, že nejlepší využití fosforu je při kombinaci minerálních a organických hnojiv. Kritické období příjmu fosforu u kukuřice je právě v počátečním vývoji, než vytvoří dostatečné kořeny. Proto je velmi důležitý příjem v okolí osiva již počátkem vegetace. Uložení hnojiva by mělo být zhruba 40–50 mm pod úroveň osiva a 40–50 mm bokem. Vhodná jsou hnojiva jako Amofos, NP hnojiva, PK hnojiva (Vaněk et al. 2016).

Množství fosforečného hnojiva v depu by však nemělo být příliš vysoké, aby nedošlo k tzv. rozmazlení kukuřice. Kořen kukuřice by měl chtít růst do hloubky, k vodě. Vysoká koncentrace fosforu by mu v tom mohla bránit. I v suchých letech stačí na podporu raného vývoje 23–37 kg P₂O₅ (NU Agrar 2022).

Deficit fosforu je možno poznat většinou z mladších rostlin, které vlivem nedostatku vykazují fialové odstíny na okrajích listů, žilnatině a stonku. Časem se zbarvení může rozvinout po celém listu. Příznak je prvotně viditelný na nejstarších listech (Yara 2023).

3.8.3.3 Draslík

Draslík je velmi významný v produkci plodin, protože je nezbytný pro fotosyntézu, pro syntézu proteinů a zlepšuje efektivitu využívání vody. Existuje pořekadlo, že draslík je závlaha chudých. Draslík pochází z pevné horniny či půdní horniny a minerálů (Kinsey, 1995). Na nedostatek draslíku kukuřice reaguje významněji než na nedostatek fosforu. Pro hnojení vyššími dávkami bychom měli zvolit podzimní aplikaci. Kukuřice dokonce reaguje výrazněji na nedostatek draslíku než například cukrovka (Vaněk et al. 2016).

Nedostatek draslíku se nejprve projeví na nejstarších (nejspodnějších) listech. Projevuje se zhnědnutím okrajů celého listu (Kinsey 1995).

3.8.4 Choroby a škůdci

Některé roky kukuřici postihuje obecná snětivost (Kazda et al. 2010). Jejím původcem je *Ustilago maydis*, náleží do říše *Fungi*, třída *Ustilaginomycetes*. Zdrojem infekce je půda a posklizňové zbytky (Prokinová 2014). Ta mimochodem nenapadá jen kukuřici, ale také čirok (Čača et al. 1980). Poznáme ji podle tzv. hálek na nadzemních částech rostliny (Kazda et al. 2010). Po jejich roztržení se uvolňuje nejprve černá mazlavá a poté prašná masa spor (F. Hani et al. 1993). Jakmile se palice dostanou do fáze mléčné zralosti, můžeme zaznamenat jejich patrné napadení houbami rodu *Fusarium*. Tyto houby produkují toxiny nebezpečné pro člověka i pro zvířata. Jakmile palice dosáhnou plné zralosti, můžeme na nich pozorovat hnilobu obilek způsobenou houbami rodu *Penicillium*, *Cladosporium* nebo *Aspergillus* (Kazda et al. 2010). Podle Prokinové (2014) je ochranou proti obecné snětivosti střídání plodin, orba, podpoření rozkladu rostlinných zbytků a dále výběr odolných odrůd, které budeme sít do kvalitně připravené a prohřáté půdy.

Další chorobou může být rez kukuřičná, *Puccinia sorghi*. Ta se může objevit již od poloviny června a poznáme ji podle obnažených kupek s rezavě hnědým práškem uredospor. Příznaky postupují od spodních až středních listů a později mohou být napadeny veškeré nadzemní části (Hani et al. 1993). Mezihostitelem rzi kukuřičné mohou být různé druhy šťavelu (Čača et al. 1981).

Spála kukuřičná neboli helmithosporiová skvrnitost listů se vyznačuje oválnými 2–2,5 mm dlouhými skvrnami, nejprve jsou papírovité s načervenalými dvůrky, později hnědé až tmavě hnědé (F. Hani et al. 1993). Původci jsou *Cochliobolus heterostrophus*, *Stesphaeria turcica* nebo *Cochliobolus carbonum*. Taxonomicky patří do říše *Fungi*, třída *Dothideomycetes*. Zdrojem infekce mohou být půda, osivo nebo posklizňové zbytky (Prokinová 2014). K infekci je třeba větší vlhkost v podobě např. kapek rosy na listech, jež nejprve pronikne do prostoru parenchymu a poté postupuje do vodivého systému listů (Čača et al. 1980). Prokinová (2014) zde stejně jako u obecné snětivosti uvádí jako součást integrované ochrany střídání plodin, kvalitně zpracovanou orbu a mimo vyváženou výživu opět také výběr odolných odrůd setých do teplé prohřáté půdy (10 °C).

V některých lokalitách je nejvýznamnějším škodlivým činitelem zavíječ kukuřičný (*Ostrinia nubilalis*) (Kazda et al. 2010). Patří do třídy hmyz (*Insecta*), řád motýli (*Lepidoptera*), čeleď zavíječovití (*Pyralidae*). Co se týká integrované ochrany, je potřeba důkladné odstranění posklizňových zbytků, což znamená rozdrčení stniště mulčovačem. Zbytky by se měly následně pečlivě zaorat (Kazda, 2014). Housenky zavíječe vyžírají stébla a prožírají se až do

palic. Poškození kukuřice housenkami zavíječe tak působí jako vstupní brána pro houbové choroby a zároveň je snížena stabilita mechanicky poškozeného stonku, který se může lámat.

Od roku 2002 se Českou republikou z jižní Evropy šíří bázlivec kukuřičný (Kazda et al. 2010). Patří do třídy hmyz (*Insecta*), řád brouci (*Coleoptera*), čeleď mandelinkovití (*Chrysomelidae*). Brouky můžeme na porostech najít od počátku července do srpna. Provádí žír na listech a poté kladou vajíčka do půdy, kde přezimují. Na našem území je pro ně teplota pod -8 C ale nepřekonatelná. Při velkém výskytu larev je sežrán celý kořenový systém, rostlina vadne, polehá a uhynie zejména v suchém počasí. Jeho působení ale není v kukuřici zatím hospodářsky významné (Kazda 2014). Regulace plevelů

Regulace plevelů je již dnes v kukuřici na vysoké úrovni, a to jak chemická, tak mechanická (Brant et al. 2020).

Růst kukuřice je na počátku poměrně pomalý. To je důvod, proč má na počátku minimální konkurenční schopnost vůči plevelům. Sortiment herbicidů je stále poměrně dobrý a umožňuje regulovat většinu jednoletých i vytrvalých plevelů. Součástí integrované ochrany je plečkování (Kazda et al. 2010).

Vytrvalé plevele je z ekonomických i praktických důvodů vhodné regulovat již v předplodině, případně před setím účinnou látkou *glyphosate* (Kazda et al. 2010).

K preemergentní (PRE) nebo časně postemergentní (CPOST) aplikaci lze použít účinné látky jako např. *pethoxamide*, *mesotrione*, *terbuthylazin* nebo *S-metazachlor* (Kazda et al. 2010).

Účinnost aplikace podpoříme kvalitně připravenou půdou (bez velkých hrud). Dále je ideální, aby aplikace proběhla na vlhkou půdu nebo aby přišly srážky v množství 3 mm.

Velmi často je ale potřeba z důvodu například sucha přistoupit k opravným postemergentním (POST) aplikacím. Tam vybíráme například z účinné látky *foramsulfuron*, *florasulam*, *2,4 - D*, *thiencarbazone - methyl*, *iodosulfuron - methyl Na*, *rimsulfuron*, *fluroxypyr*. Stejně jako u účinných látek pro PRE nebo CPOST aplikace je možné a často nutné kombinovat účinné látky pro POST aplikace. POST aplikace bychom neměli provádět před deštěm nebo krátce po něm, a to jednak kvůli porušené voskové vrstvě po dešti a také kvůli sníženému ulpění díky vysoké vlhkosti listů kukuřice a plevelů (Kazda et al. 2010).

3.8.5 Sklizeň

3.8.5.1 Siláž

Obsah sušiny je nejdůležitějším faktorem pro dosažení kvalitní kukuřičné siláže. Pokud má siláž příliš nízkou sušinu ($< 30\%$) způsobí prosakování a ztrátu živin z místa, kde hmotu skladujeme. Pokud je naopak sušina příliš vysoká ($> 40\%$), sníží se stravitelnost vlákniny, škrobu a hmota se bude velmi špatně silážovat. Ideální hodnota sušiny je tedy mezi 32 % a 38 %. Testování sušiny v rostlinách by mělo začít ve chvíli, kdy je v zrně při rozpůlení viditelná mléčná zralost. Ta by měla zaujímat zhruba 1/3–2/3 celého zrna (Etkins 2017).

3.8.5.2 Zrno

Kukuřice na zrno je fyziologicky zralá ke sklizni, jakmile obsah sušiny v zrně dosáhne hodnoty 60–62 %. Zrno je tvrdé, lesklé, na bázi má načervenalou vrstvu, která signalizuje

ukončení ukládání živin. Sklizeň se provádí sklízecími mlátičkami, které musí být osazeny příslušným adaptérem. Optimální vlhkost zrna je tedy do 30 %. Při vyšší vlhkosti se začíná zvyšovat procento ztrát a poškození zrna a také se snižuje výkonnost sklízecí mlátičky. Vlhkost zrna by neměla překročit 40 %. Zrno se po sklizni musí vysušit na standardní vlhkost 14 %, nebo se konzervuje při sklizňové vlhkosti (Kůst, 2009).

3.9 Erozní rizika a jejich eliminace

V evropských podmínkách je kukuřice považována za nejrizikovější plodinu z pohledu větrné a vodní eroze (Brant et al. 2020).

Rotace osevního postupu je jedním ze způsobů, jak snížit erozy půdy. Četnost širokořádkových plodin v osevním postupu závisí na erozním riziku. Pokud je nízké, mohou se širokořádkové plodiny pěstovat například každý druhý rok. Ve velmi erozně ohrožených oblastech je však rozumné jejich pěstování opakovat po pěti až sedmi letech.

Dlouhodobý účinek rotace osevního postupu oproti širokořádkové monokultuře může být poměrně dramatický. Z experimentů prováděných na Sanborn Field v Missouri na 4stupňových svazích s lehkými hlinitými půdami byla roční míra eroze při monokultuře kukuřice 44 t/ha, oproti tomu při rotaci kukuřice, pšenice a jetele byla eroze pouze 6 t/ha. Po 100 letech by měla tato půda při pěstování monokultury pouze 44 % ornice než půda, na které by byl trvale travní porost a 70 % ornice by měla půda s rotací kukuřice, pšenice, jetel (Gantzer & Anderson 1990).

Vhodnými plodinami pro použití v osevních postupech jsou luskoviny a trávy. Poskytují dobré pokrytí půdy, pomáhají udržet nebo zlepšit organický stav půdy, čímž podporují úrodnost a umožňují vývoj stabilnější struktury půdního agregátu. Účinky jsou často dostatečné ke snížení eroze a zvýšení výnosu během prvního roku pěstování širokořádkové plodiny, avšak zřídka mají efekt i druhý rok pěstování. Proto je lepší se vyhnout pěstování širokořádkových plodin dva roky po sobě.

Dalším způsobem, jak zlepšit retenci vody, je aplikace organické hmoty. Tím zlepšujeme také půdní úrodnost a podporuje se stabilita půdního agregátu (Morgan 2005).

Nárůst výšky porostu a tvorby listů snižuje erozní rizika a zvyšuje ochranu půdy před vlivem deště na vlastnosti horní vrstvy půdy. S nárůstem výšky porostu dochází ke snížení hodnot porostní srážky vůči atmosférické srážce zejména v období vývojové fáze porostu 30–70 BBCH (Brant et al. 2017).

4 Metodika

4.1 Charakteristika pokusné lokality

Zemědělský podnik AGRO Kunčina, a.s., hospodaří v okrese Svitavy. Sídlo se nachází v obci Kunčina. Společnost obhospodařuje zhruba 3050 hektarů, z čehož 2850 hektarů tvoří orná půda.

Každoročně podnik pěstuje kolem 550 hektarů kukuřice. V posledních třech letech tvoří metoda strip-till minimálně polovinu z celkové výměry kukuřice.

Živočišná výroba čítá kolem 700 kusů skotu, z toho 350 dojených krav holštýnského a červenostrakatého plemene v poměru 1 : 1.

V roce 2010 byla postavena první bioplynová stanice o výkonu 1 kWh. O dva roky později byla spuštěna druhá bioplynová stanice o výkonu 0,75 kWh.

4.1.1 Charakteristika pokusné lokality 2021

První rok pokusu byl realizován na pozemku 9503/3 v katastru obce Kunčina (GPS koordináty: 49.7865575°N, 16.6290228°E). Blok má celkem 19,06 ha, přičemž je rozdělen na dvě části. Pokus byl proveden na části s výměrou 9,18 ha. Erozně je pozemek klasifikován jako neohrožený. Celkový úhrn srážek v roce 2021 činil 564 mm.

Hodnota bonitované půdně ekologické jednotky (BPEJ) na tomto půdním bloku činí 53101 – klimatický region 5, hlavní půdní jednotka 31, sklonitost a expozice 0, skeletovitost a hloubka půdy 1. Bodová výnosnost 41 bodů. Znamená to, že se jedná spíše o lehčí, méně průměrně výnosnou půdu. Půdní typ je kambizem modální.

4.1.2 Agrotechnika pokusu 2021

Předplodinou pro pokusnou plochu v roce 2021 byla ozimá řepka. Po podzimním zpracování byl pozemek oset meziplodinou směsí pohanky a svazenky vratičolisté. Na jaře byl aplikován digestát a meziplodina byla zrušena aplikací neselektivního herbicidu s účinnou látkou *glyphosate*.

Agrotechnické operace a termíny jejich provedení v roce 2021 dokumentují tabulky č. 1 až 3. V rámci agrotechniky byly hnocnocy tři technologie pěstování kukuřice seté.

Tab. 1: Agrotechnika varianty no-till v roce 2021

technologie no-till – rozteč 0,75 m		
datum	provedená operace	poznámka
23. 4. 2021	pásové hnojení simulované přejezdem stroje strip master LAD 200 kg/ha	
24. 4. 2021	setí: odrůda KWS Rudolfinio – 96 000 jedinců, hnojení pod patu Amofos 100 kg/ha + LAD 100 kg/ha	zvýšen přítlak na botkách
21. 5. 2021	regulace plevelů (Successor 2 l + Callisto 480 SC 0,2l)	Agrifac Condor V
4. 6. 2021	Altrón silver new 0,3 l + Agrostim tria 0,1 l	
24. 6. 2021	opravná regulace plevelů (Monsoon 2 l + Forte alfa fenol 4 l)	

Tab. 2: Agrotechnika varianty rotačních bran v roce 2021

technologie rotačních bran – rozteč 0,75 m		
datum	provedená operace	stroj
23. 4. 2021	LAD 200 kg/ha, zpracování rotačními bránami – hloubka 0,08 m	
24. 4. 2021	setí: odrůda KWS Rudolfinio – 96 000 jedinců, hnojení pod patu Amofos 100 kg/ha + LAD 100 kg/ha	
21. 5. 2021	regulace plevelů (Successor 2 l + Callisto 480 SC 0,2l)	Agrifac Condor V
4. 6. 2021	Altrón silver new 0,3l + Agrostim tria 0,1 l	
24. 6. 2021	opravná regulace plevelů (Monsoon 2l + Forte alfa fenol 4l)	

Tab. 3: Agrotechnika varianty strip-till v roce 2021

technologie strip-till – rozteč 0,75m		
datum	provedená operace	stroj
23. 4. 2021	LAD 200 kg/ha při zpracování strojem strip master	
24. 4. 2021	setí: odrůda KWS Rudolfinio – 96 000 jedinců, hnojení pod patu Amofos 100 kg/ha + LAD 100 kg/ha	
21. 5. 2021	regulace plevelů (Successor 2 l + Callisto 480 SC 0,2l)	Agrifac Condor V
4. 6. 2021	Altrón silver new 0,3 l + Agrostim tria 0,1 l	
24. 6. 2021	opravná regulace plevelů (Monsoon 2 l + Forte alfa fenol 4 l)	

4.1.3 Hodnocení parametrů pokusu 2021

První kontrola porostu proběhla 3. 6. 2021. U každé varianty bylo na třech místech hodnoceno množství vzešlých rostlin na 1 m řádku.

21. 6. 2021 bylo z každé varianty odebráno úhlopříčně 15 rostlin, které byly po dobu 48 hod. sušeny při 105 °C. Rostliny byly odebrány těsně u země. Hodnotila se suchá hmotnost rostlin.

22. 9. 2021 proběhla předsklizňová kontrola. Rostliny byly odebrány 0,25 m nad zemí. Opět bylo odebráno 15 rostlin z každé varianty, odběr proběhl úhlopříčně na variantu. Poté byla změřena výška a suchá nadzemní hmotnost rostlin, následně poměr generativních orgánů. Po procesu sušení (105 °C, 72 hodin) byla stanovena suchá hmotnost jednotlivých orgánů rostliny. Přepočtem průměrné hmotnosti a počtu rostlin byl stanoven teoretický výnos suché nadzemní biomasy.

Sklizeň proběhla 5. 10. 2021 řezačkou John Deere 9600i vybavenou NIR senzorem (near – infrared spectroscopy) Harvest Lab, který je schopen analyzovat různé kvalitativní parametry siláže. Poté byla data odeslána pomocí telemetrického systému JDLink (<https://myjohndeere.deere.com/mjd/my/login>) do online platformy Operations Center, kde byla data následně zpracována a vyhodnocena.

4.1.4 Charakteristika pokusné lokality 2022

Druhý rok byl pokus prováděn na pozemku 8701/11, který spadá do katastrálního území města Moravská Třebová (GPS koordináty: 49.7745308°N, 16.6402453°E). Z celkové výměry bloku 16,42 ha tvoří 2,48 ha jílek vytrvalý. V roce pěstování kukuřice bylo na svažité části o výměře 1,83 ha pěstován oves. Výměra kukuřice tvořila tedy 12,11 ha. Celkový úhrn srážek v této lokalitě v roce 2022 činil 509 mm.

Hodnota bonitované půdně ekologické jednotky (BPEJ) na tomto půdním bloku činí 51400 – klimatický region 5, hlavní půdní jednotka 14, sklonistost a expozice 0, skeletovist a hloubka půdy 0. Bodová výnosnost je 70, což je téměř vrchní hranice středně produkční půdy s charakteristikou půdního typu hnědozem luvická slabě oglejená.

4.1.5 Agrotechnika pokusu 2022

Předplodinou pro pokusnou plochu v roce 2022 byla ozimá pšenice. Po podzimním zpracování byl pozemek oset hrachem rolním. Na jaře byl aplikován digestát a meziplodina byla zrušena aplikací neselektivního herbicidu s účinnou látkou *glyphosate*.

Agrotechnické operace a termíny jejich provedení v roce 2022 dokumentují tabulky č. 4 až 6. V rámci agrotechniky byly hnocnoceny tři technologie pěstování kukuřice seté.

Tab. 4: Agrotechnika varianty no-till v roce 2022

technologie no-till – rozteč 0,75 m		
datum	provedená operace	poznámka
1. 5. 2022	plošná aplikace hnojiva Amofos 100 kg/ha	
2. 5. 2022	setí: odrůda ES Wellington – 94 500 jedinců	zvýšen přítlak na botkách
7. 5. 2022	regulace plevelů (Successor 2 l + Callisto 480 SC 0,2 l)	Agrifac Condor V
10. 5. 2022	DAM 0,3 t + StabilureN 0,3 l	
13. 7. 2022	roztok močoviny 3% + Campofort micro Zn 0,2 l + Campofort micro Cu 0,2 l + Forte alfa fenol 4 l	dle listových rozborů

Tab. 5: Agrotechnika varianty rotačních bran 2022

technologie rotačních bran – rozteč 0,75 m		
datum	provedená operace	poznámka
1. 5. 2022	plošná aplikace hnojiva Amofos 100 kg/ha, následné zapravení rotačními bránami a příprava na hloubku 0,08 m	
2. 5. 2022	setí: odrůda ES Wellington – 94 500 jedinců	zvýšen přítlak na botkách
7. 5. 2022	regulace plevelů (Successor 2 l + Callisto 480 SC 0,2 l)	Agrifac Condor V
10. 5. 2022	DAM 0,3 t + StabilureN 0,3 l	
13. 7. 2022	roztok močoviny 3 % + Campofort micro Zn 0,2 l + Campofort micro Cu 0,2 l + Forte alfa fenol 4 l	dle listových rozborů

Tab. 6: Agrotechnika varianty strip-till v roce 2021

technologie strip-till – rozteč 0,75 m		
datum	provedená operace	poznámka
1. 5. 2022	plošná aplikace hnojiva Amofos 100 kg/ha, následné připravení řádků strojem strip master	
2. 5. 2022	setí: odrůda ES Wellington – 94 500 jedinců	zvýšen přítlak na botkách
7. 5. 2022	regulace plevelů (Successor 2 l + Callisto 480 SC 0,2l)	Agrifac Condor V
10. 5. 2022	DAM 0,3 t + StabilureN 0,3 l	
13. 7. 2022	roztok močoviny 3 % + Campofort micro Zn 0,2 l + Campofort micro Cu 0,2 l + Forte alfa fenol 4 l	dle listových rozborů

4.1.6 Hodnocení parametrů pokusu 2022

30. 6. 2022 byl jednak stanoven počet rostlin na metr řádku a poté bylo z každé varianty opět odebráno 15 rostlin úhlopříčně, které byly po dobu 48 hod. sušeny při 105 ° C, odběr těsně u země.

15. 9. 2022 proběhla předsklizňová kontrola. Rostliny byly odebrány 0,25 m od země. Opět bylo odebráno 15 rostlin z každé varianty, odběr proběhl úhlopříčně na variantu. Poté byla změřena výška a suchá nadzemní hmotnost rostlin, následně poměr generativních orgánů. Po procesu sušení (105 °C, 72 hodin) byla stanovena suchá hmotnost jednotlivých orgánů rostliny. Přepočtem průměrné hmotnosti a počtu rostlin byl stanoven teoretický výnos suché nadzemní biomasy.

Sklizeň proběhla 1. 10. 2022 řezačkou John Deere 9600i vybavenou NIR senzorem (near – infrared spectroscopy), který je schopen analyzovat různé kvalitativní parametry siláže. Poté byla data odeslána pomocí telemetrického systému JDLink do online platformy Operations Center, kde byla následně zpracována a vyhodnocena.

5 Výsledky

5.1 Průběžná kontrola porostů 2021

Co se týče počtu vzešlých rostlin na jednotku plochy, tabulka č. 7 ukazuje, že varianta no-till měla při měření asi o 5 % nižší počet vzešlých rostlin. Dle tabulky č. 8 měla hmotnost nadzemní biomasy při druhém odběru nejvyšší varianta rotačních bran. Rostliny tak vykazovaly nejvyšší dynamiku růstu.

Tab. 7: Kontrola počtu rostlin na jednotku plochy na variantách no-till (NT), rotačních bran (RB), strip-till (ST), 3.6.2021

varianta	počet rostlin na jednotku plochy (ks/ha)
NT	88889
RB	93333
ST	93333

Tab. 8: Průměrná hmotnost suchých rostlin na variantách no-till (NT), rotačních bran (RB), strip-till (ST), 21.6.2021

varianta	průměrná suchá hmotnost rostlin (g)
NT	4,2
RB	5,2
ST	4,0

V tabulce č. 9 byla pozorována vyrovnanost porostu před sklizní. Porosty založené technologií strip-till byly však s výškou 3,196 m nejvyšší. S tím souvisí i nejvyšší suchá hmotnost rostliny. Varianta no-till vykazovala vyšší hmotnostní procentuální podíl na rostlině, nikoliv však vyšší hmotnost samotných palic. Počet vyvinutých a nevyvinutých palic byl na všech variantách totožný.

Tab. 9: Biometrické parametry rostlin na variantách no-till (NT), rotačních bran (RB) a strip-till (ST), 22.9.2021

var.	hordnocené parametry						
	délka rostliny (m)	počet vyvinutých palic (kusy)	počet nevyvinutých palic (ks)	suchá hmotnost palic na rostlině (g)	suchá hmotnost rostliny bez palic (g)	celková suchá hmotnost rostliny (g)	hmotnostní podíl palic na rostlině (%)
NT	3,150	1	0,1	140,4	86,0	226,4	62,1
RB	3,164	1	0,1	148,0	92,3	240,3	60,8
ST	3,196	1	0,1	164,9	98,1	262,9	62,8

5.2 Sklizeň 2021

Tabulka č.10 poukazuje na skutečnost, že podle dat z Harvest Labu zaznamenala v roce 2021 nejlepší výnos varianta rotačních bran. Poměrně zajímavé je, že o 0,7 t/ha byla výnosnější variant no-till oproti variantě strip-till. Je potřeba zdůraznit, že porost netrpěl dlouhými přísušky. V takovém roce s dostatkem srážek je varianta konvenční přípravy, v tomto případě rotačních bran, v teoretické výhodě lepší půdní struktury. Tyto hodnoty byly zaznamenány řezačkou John Deere 9600i, poté vzdáleným přístupem odeslány do portálu My John deere, kde byly vyhodnoceny a převedeny to tabulky.

Tab. 10: Kvalitativní parametry sklizené silážní hmoty při sklizni senzorem Harvest Lab na variantách no-till (NT), rotačních bran (RB), strip-till (ST), 5.10.2021

varianta	plocha (ha)	vlhkost (%)	suchý výnos (t/ha)	celkový suchý výnos (t)	výnos (t/ha)	celkový výnos (t)	rychlost (km/h)
NT	1,0	63,3	18	18,6	49,1	50,6	3,8
RB	1,2	65,9	18,5	21,6	54,3	63,5	3,8
ST	1,2	64,2	17,3	20,8	48,4	58	3,8

Tabulka č.11 ze sklizně 2021 dokládá čistě kvalitativní parametry silážní hmoty. Varianty strip-till a no-till dosahovaly hodnot téměř 26 % obsahu škrobu Tyto hodnoty byly zaznamenány sklízecí řezačkou John Deere 9600i, poté vzdáleným přístupem odeslány do portálu My John deere a následně byla průměrná data stažena pro jednotlivé pokusné plochy.

Tab. 11: Kvalitativní parametry sklizené silážní hmoty při sklizni senzorem Harvest Lab na variantách no-till (NT), rotačních bran (RB), strip-till (ST)

varianta	škrob (%)	cukr (%)	protein (%)	popeloviny (%)	NDV (%)	ADF (%)
NT	25,7	5,2	7,0	4,3	38,6	22,3
RB	23,8	4,9	7,6	4,9	40,5	23,6
ST	25,9	5,2	7,2	4,6	40,3	22,8

5.3 Průběžná kontrola porostů 2022

Dne 12. 6. 2022 proběhla kontrola porostů. Tuto kontrolu dokumentuje tabulka č.12. Tento rok naopak nejlepší dynamiku vzházení prokázala varianta strip-till. Kvalita vzházení byla vyrovnanější. Rostliny v tomto roce netrpěly ze začátku vegetace stresem z chladu. Je to také jedna z možností, proč neměla varianta rotačních bran zpočátku lepší výsledky. Ve variantě no-till pozorujeme také nižší počet vzešlých jedinců zhruba o 5 %, obdobně jako v roce 2021.

Tab. 12: Průměrná hmotnost suchých rostlin na variantách no-till (NT), rotačních bran (RB), strip-till (ST), 30.6.2022

varianta	počet rostlin na jednotku plochy (ks/ha)
NT	73333
RB	76666
ST	76666

Tab. 13: Průměrná hmotnost suchých rostlin na variantách no-till (NT), rotačních bran (RB), strip-till (ST), 30.6.2022

varianta	průměrná suchá hmotnost rostlin (g)
NT	7,6
RB	8
ST	9,4

Rozdílnou dynamiku vzházení jednotlivých variant oproti roku 2021 vykazuje tabulka č.13. Tentokrát byla nejrychleji vzházející varianta strip – till. U rotačních bran byla naměřena hmotnost v průměru o 0,4 g nižší.

Tab. 14: Biometrické parametry rostlin na variantách no-till (NT), rotačních bran (RB), strip-till (ST), 15.9.2022

var.	hodnocené parametry						
	délka rostliny (m)	počet vyvinutých palic (kusy)	počet nevyvinutých palic (g)	suchá hmotnost palic na rostlině (g)	suchá hmotnost rostliny bez palic (g)	celková suchá hmotnost rostliny (g)	hmotnostní podíl palic na rostlině (%)
NT	2,644	1	0,93	169,8	92,5	262,4	64,8
RB	2,801	1	0,87	191,4	104,5	295,9	64,4
ST	2,713	1	1,00	182,4	103,1	295,8	63,6

Z tabulky č.14 je patrné, že rostliny z varianty rotačních bran byly nejvyšší a taktéž měly nejtěžší palice. Počet vyvinutých palic byl stejný, nevyvinutých palic bylo nejvíce u varianty strip-till, nejméně pak u varianty rotačních bran.

5.4 Sklizeň 2022

Sklizeň proběhla o 4 dny dříve než v roce 2021, tedy 1. 10. 2022. Sklízecí technika byla totožná, tedy řezačka John Deere 9600i s laboratoří Harvest Lab. Níže je přiložen opět snímek z portálu MyJohn Deere, který barevně rozlišuje jednotlivé varianty.

Tabulka č.15 ze sklizně 2022 nakonec potvrdila červencové přísušky a horké dny, které by nejen podle literární rešerše měly nejlépe zvládnout variant strip-till, potažmo no-till. Varianta strip-till dopadla nejnvýnosněji. Rotační brány dopadly téměř srovnatelně s variantou no-till. Tyto hodnoty byly zaznamenány řezačkou John Deere 9600i, poté vzdáleným přístupem odeslány do portálu My John Deere, kde byly vyhodnoceny a převedeny to tabulky.

Tab. 15: Kvalitativní parametry sklizené silážní hmoty při sklizni senzorem Harvest Lab, na variantách no-till (NT), rotačních bran (RB), strip-till (ST), sklizeno 1. 10. 2022

varianta	škrob (%)	cukr (%)	protein (%)	popeloviny (%)	NDV (%)	ADF (%)
NT	29	6,5	7,5	5,1	35,8	23,7
RB	27,3	6,5	7,5	5,2	36,6	24,0
ST	28,2	6,4	7,6	5,1	36,6	24,1

Tab. 16: Kvalitativní parametry sklizené silážní hmoty při sklizni senzorem Harvest Lab na variantách no-till (NT), rotačních bran (RB), strip-till (ST)

varianta	plocha (ha)	vlhkost (%)	suchý výnos (t/ha)	celkový suchý výnos (t)	výnos (t/ha)	celkový výnos (t)	rychlost (km/h)
NT	2,2	67,4	16,8	36,9	51,4	113,1	5,7
RB	2,3	67,3	16,9	38,1	51,5	116,5	5,7
ST	2,4	67,8	17,4	41,1	54,1	127,8	5,7

V tabulce č.16 vidíme, že varianta no-till vykazovala nejvyšší hodnotou škrobu 29 %. Škrob má pozitivní efekt nejen pro dojnice, ale také pro výrobu bioplynu. Rostliny založené technologii no-till měly pravděpodobně největší palice s nejvyšším počtem zrn, protože při nejvyšším škrobu byla hodnota cukru, který se ještě nepřeměnil na škrob, v porovnání s ostatními variantami stejná. Tyto hodnoty byly zaznamenány řezačkou John Deere 9600i, poté vzdáleným přístupem odeslány do portálu My John Deere, a následně byla průměrná data stažena pro jednotlivé pokusné plochy

6 Diskuse

Na základě výsledků dvouletého pokusu nelze určit jednoznačně nejlepší technologii přípravy půdy před setím kukuřice. Proto je třeba vyhodnotit každoročně aktuální situaci před samotným zakládáním porostů.

Podle studie, kterou zpracovali Soane et al. (2012), dosahovaly výnosy nižších hodnot u technologie no-till zhruba o 5 %. Za snížených srážkových podmínek však vykázaly opačný trend. Technologie byla sice porovnávána s orbou, ale my bychom mohli výsledek porovnat s podzimním hlukobým kypřením a jarní přípravou rotačními bránami. V pokusu došlo v prvním roce ve výnosu o snížení zhruba o 10 %. Ve druhém roce byl výsledek metody no-till v porovnání s metodou rotačních bran totožný. Podle KWS (Osiva 2020) je však výhoda na straně metody no-till v úspoře času a paliva až o 85 % oproti orbě. Oproti zbývajícím způsobům zpracování půdy může být úspora až 50 %. Z toho vyplývá, že metoda no-till byla v roce 2022 lepší volbou.

Brant (2016) zmiňuje, že u varianty strip – till vyšší teplota půdy podporuje od začátku vegetace rozvoj kořenového systému směrem do větších hloubek, a to především u teplomilných rostlin. Dále také zmiňuje, že nakypření v řádku plodiny přispívá k rychlejšímu ohřevu zeminy. V roce 2021 měla nejvyšší dynamiku růstu varianta rotačních bran, kde se půda prohřála nejrychleji. Zajímavé ale bylo, že varianta no-till měla průměrnou suchou hmotnost rostlin o 0,2 g vyšší než metoda strip-till. V roce 2022 se tento fakt potvrdil. Metoda no – till měla dynamiku vzcházení nižší oproti variantě rotačních bran o 5 % a oproti variantě strip-till dokonce o 23 %.

Etkins (2017) uvádí, že ideální sušina silážní kukuřice při sklizni je 32 – 38 %. V roce 2021 byla u varianty no – till sušina 36,7 %, u varianty rotačních bran 34,1 % a u varianty strip – till 35,8 %. Všechny varianty tedy byly sklizeny v ideálních hodnotách. Nejnižší sušina byla u varianty rotačních bran, což bylo očekáváno spíše u varianty no – till, případně strip – till. V roce 2022 byla sušina u varianty no – till 32,6 %, u varianty rotačních bran 32,7 % a u varianty strip – till 32,3 %. Zde měla naopak varianty rotačních bran nejvyšší sušinu. Rozdíl v hodnotě sušiny byl v roce 2022 minimální.

Moosavi et al. (2012) uvádí, že počet rostlin u kukuřice je důležitý, protože kukuřice má nízkou kompenzační schopnost.

V roce 2021 bylo při měření počtu vzešlých rostlin na jednotku plochy u nejnvýhodnější varianty rotačních bran napočítáno 93 333 rostlin / ha. Nejméně jedinců – 88 889, bylo napočítáno u varianty no – till, která ale nebyla nejméně výnosná. V roce 2022 bylo tvrzení naopak potvrzeno. Nejnvýhodnější varianta strip – till měla počet vzešlých rostlin 76 666. Nejnižší výnos měla varianta no – till, která měla zároveň nejnižší počet vzešlých rostlin – 73 333. Rozdíl ve výnose mezi variantou no – till a strip – till byl 2,7 t/ha.

7 Závěr

V závěru této práce jsou zhodnoceny výsledky naměřené během dvouletého polního pokusu.

V meziročním porovnání bylo zjištěno, že jednotlivé varianty se ve srážkově průměrných letech od sebe příliš neliší.

V prvním roce byl však rozdíl vyšší, kdy s výnosem 54,3 t/ha byla nejlépe hodnocena varianta mělkého zpracování rotačními bránami oproti variantě strip-till s výnosem 48,4 t/ha. Důvodem může být právě vyšší počet srážek v průběhu vegetace nebo velmi chladné období na přelomu dubna/května. Půda nakypřená rotačními bránami se tak mohla po oteplení rychleji prohřát a rostliny mohly dříve začít svůj dlouhý růst.

V druhém roce byla naopak nejvýnosnější varianta strip-till s výnosem 54,1 t/ha oproti variantě no-till s výnosem 51,4 t/ha.

Hodnocené hybridy KWS Rudolfinio a ES Wellington prokázaly určitou plasticitu při zakládání porostu různými technologiemi.

Zaplevelení bylo u všech variant totožné. Překvapivě nebylo u varianty no-till zaplevelení vyšší.

U varianty no – till je třeba dle pokusu po zasetí počítat s výpadkem rostlin, který se pohybuje kolem 5 %. Proto by zde bylo vhodné navýšit výsevek o tuto hodnotu.

V obou letech se ukázala varianta rotačních bran jako nejslabší v obsahu škrobu. Jedná se o hodnotu nižší zhruba o 5 %.

Při sklizni nebyl v jednotlivých variantách výrazný rozdíl. V roce 2021 byla sklizena s nejvyšší vlhkostí 65,9 % varianta rotačních bran, oproti variantě no – till s nejnižší vlhkostí 63,3 %. V roce 2022 měla při sklizni nejvyšší vlhkost varianta strip – till, a to 67,8 %, nejnižší vlhkost měla varianta rotačních bran, konkrétně 67,3 %.

Přestože byl pokus dvouletý, nejednalo se o velmi suché roky, kde by měly šanci varianty strip-till a no-till ukázat jednoznačnou výhodu v hospodaření s vodou. I přesto ukázala varianta strip-till to, že má v pěstování kukuřice jasné místo.

Podnik bude do budoucna určitě dále zkoumat technologii no-till, která byla zajímavá taktéž stabilně jednou z nejlepších hodnot škrobu. Tato technologie by mohla prokázat svou výhodu na lehčích a výsušnějších půdách.

8 Literatura

- 1) Akins M. 2017. Corn Silage Harvest Management. Kemin Industries. Available from <https://fyi.extension.wisc.edu/dairy/files/2018/08/Corn-Silage-Harvest-Management-Akins-MFA.pdf> (accessed March 2023).
- 2) Anele UY, Refat B, Swift ML, Zhao YL, Doublier C, McAllister TA, Yang WZ. 2015. In vitro ruminal fermentation of ground and dry-rolled barley grain differing in starch content. *Animal Feed Science and Technology* **203**:88-94.
- 3) Barclay HJ. 1998. Conversion of total leaf area to projected leaf area in lodgepole pine and Douglas-fir. *Tree Physiology* **18**:185-193.
- 4) Brant V, et al. 2016. Pásové zpracování půdy (strip tillage): klasické, intenzivní a modifikované. Profi Press, Praha.
- 5) Brant V, et al. 2020. Implementace principů precizního zemědělství do rostlinné výroby. Kurent, České Budějovice.
- 6) Brant V. 2021. Základy zpracování půdy (1), podmítka (I.). Kurent, České Budějovice. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/zaklady-zpracovani-pudy-1-podmitka-i> (accessed March 2023).
- 7) Brant V. 2021. Základy zpracování půdy (3), mělké zpracování půdy. Kurent, České Budějovice. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/zaklady-zpracovani-pudy-3-melke-zpracovani-pudy> (accessed March 2023).
- 8) Brant V. 2021. Základy zpracování půdy (5), orba (I.). Kurent, České Budějovice. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/zaklady-zpracovani-pudy-5-orba-i> (accessed March 2023).
- 9) Brant V. 2020. Efektivní hospodaření s vodou a eliminace degradace půdy v pěstebních systémech kukuřice seté. Agrární komora České republiky, Praha.
- 10) Calegari A, Tiecher T, Hargrove WL, Ralisch R, Tessier D, de Tourdonnet S, de Fatima Guimaraes de, Danilo Rheinheimer dos Santos SOIL AND TILLAGE RESEARCH 2013
- 11) Čača Z. 1981. Zemědělská fytopatologie. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.
- 12) Černý V. 1981. Osevní postupy. OV Socialistické akademie Ústní N. O., Praha.
- 13) Derpsch R. 2010. Current status of adoption of no – till farming in the world and some of its main benefits. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering* **3**:1-25.
- 14) Entrup NL, Schwarz FJ, Heilmann H. 2013. Handbuch Mais: Grundlagen – Anbau – Verwertung - Ökonomie. DLG-Verlag GmbH. Frankfurt am Main.

- 15) FAOSTAT. 2020. Crops – Area harvested, yield and production quantity. FAO UN. Available from <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (accessed March 2023).
- 16) Gantzer C, Anderson S. 1990. Estimating Soil – Erosion After 100 Years Of Cropping On Sanborn Field. *Journal of Soil and Water Conservation* **45**:641-644.
- 17) Gholamreza MS, Seghatoleslami MJ, Moazeni A. 2012. Effect of planting date and plant density on morphological traits, LAI and forage corn (Sc. 370) yield in second cultivation. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences* **3**:57-63.
- 18) Háni FJ. 1993. *Obrazový atlas chorob a škůdců polních plodin: Příručka ochrany rostlin v integrované produkci*. Scientia, Praha.
- 19) Hejnák V, et al. 2008. *Fyziologie rostlin*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- 20) Hochholdinger F, Yu P, Marcon C. 2018. Genetic Control of Root System Development in Maize. *Trends Plant Sci.* **23**:79-88.
- 21) Houba M, Hosnedl V. 2002. *Osivo a sadba: praktické semenářství*. Martin Sedláček, Praha.
- 22) Hruban V, Majzlík I. 2000. *Obecná genetika*. Česká zemědělská univerzita, Praha.
- 23) Hůla J, Procházková B. 2008. *Minimalizace zpracování půdy*. Profi Press, Praha.
- 24) Charles AS, Charles SW. 2006. Corn response to nitrogen rate, row spacing, and plant density in Eastern Nebraska. *Agron. J.* **98**:529-535.
- 25) Ismail I, Blevins RL, Fry WW. 1994. Long-Term No-tillage Effects on Soil Properties and Continuous Corn Yields. *Soil Science Society of America Journal* **58**:193-198.
- 26) Kazda J, Mikulka J, Prokinová E. 2010. *Encyklopedie ochrany rostlin*. Profi Press, Praha.
- 27) Kazda J. *Škůdci polních plodin*. Profi Press, Praha.
- 28) Kinsey N, Walters C. 2013. *Neal Kinsey's hands-on agronomy: understanding soil fertility & fertilizer use*. Acres, Austin.
- 29) Kos M. 1981. Modely specializovaných osevních sledů pro jednotlivé výrobní oblasti. *Metodiky pro zavádění výsledků výzkumu do praxe* **1**:33.
- 30) Kurent. 2021. *Agromanuál: profesionální ochrana rostlin*. Kurent, České Budějovice.
- 31) Kůst F. 2009. *Výroba kukuřice na siláž a na zrno*. Profi Press. Available from <https://zemedelec.cz/vyroba-kukurice-na-silaz-a-na-zrno/#:~:text=Kuku%C5%99ice%20na%20zrno%20je%20fyziologicky,se%20mus%C3%AD%20prov%C3%A9st%20r%C5%AFzn%C3%A9%20%C3%BApravy> (accessed March 2023).
- 32) Kutschera L, Lichtenegger E, Sobotik M. 2009. *Wurzelatlas der Kulturpflanzen gemäßiger Gebiete mit Arten des Feldgemüsebaues*. DLG-Verlag, Frankfurt am Main.

- 33) KWS OSIVA. 2020. Kukuřice v praxi 2020. KWS OSIVA, Brno.
- 34) Lindquist JL, Arkebauer TJ, Walters DT, Cassman KG, Dobermann A. 2005. Maize Radiation Use Efficiency under Optimal Growth Conditions. *Agronomy Journal* **97**:72-78.
- 35) Liu N, Xue Y, Guo Z, Li W, Tang J. 2016. Genome-wide association study identifies candidate genes for starch content regulation in maize kernels. *Frontiers in Plant Science* **7**:1046.
- 36) Lovochemie. 2019. Listová hnojiva do kapsy. Lovochemie, Lovosice.
- 37) Maiti R. 2012. Crop plant anatomy. CABI, Wallingford.
- 38) Mazaheri D, Askarirad M, Bankesaz A. 2002. Effect of planting method and plant density on yield and yield components of two fodder maize hybrids. 7th agronomy symposium.
- 39) Mikulka J. 2014. Plevelle polních plodin. Profi Press, Praha.
- 40) Mitřík T. 2018. Silážovanie. FEED LAB, Spišská Nová Ves.
- 41) Moosavi SG, Seghatoleslami MJ, Moazeni A. 2012. Effect of Planting Date and Plant Density on Morphological Traits, LAI and Forage Corn (Sc. 370) Yield in Second Cultivation. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences* **3**:57-63
- 42) Morgan RPC. 2005. Soil erosion and conservation. Blackwell Pub., Malden.
- 43) Národní zemědělské muzeum. 2023. Kukuřice setá: Kukuřice setá (*Zea mays* L.). Národní zemědělské muzeum, Praha. Available from <https://www.nzm.cz/co-roste-na-poli/kukurice-seta#:~:text=Na%20%C3%BAzem%C3%AD%20Evropy%20se%20kuku%C5%99ice,tam%20konzumovali%2C%20hlavn%C4%9B%20tedy%20kuku%C5%99ici> (accessed March 2023).
- 44) Narwojsz A, Borowska EJ, Polak-Śliwińska M, Danowska-Oziewicz M. 2020. Effect of different methods of thermal treatment on starch and bioactive compounds of potato. *Plant Foods for Human Nutrition* **75**:298-304.
- 45) NU Agrar. 2022. Kukuřice – ohlédnutí 2022 – pokračování Infa 23/2022. *Info* **23**:281.
- 46) Piperno DR, Flannery KV. 2001. The Earliest Archaeological Maize (*Zea Mays* L.) From Highland Mexico: New Accelerator Mass Spectrometry Dates and Their Implications. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **98**:2101-2103.
- 47) Prokinová E. 2014. Choroby polních plodin. Profi Press, Praha.
- 48) Rosser B. 2021. Agronomy Guide For Field Crops – Corn – Tillage. Ontario Ministry of Agriculture. Available from <https://fieldcropnews.com/2021/03/agronomy-guide-for-field-crops-corn-tillage/> (accessed March 2023).

- 49) Roy RK, Singh KSP. 1986. Response of popcorn (*Zea mays*) to plant population and nitrogen. *Indian Journal of Agronomy* **31**:88-92.
- 50) Schmidt W, et al. 1974. *Výroba siláže*. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.
- 51) Skládanka J. 2006. *Kukuřice setá*. Ústav výživy zvířat a pícninářství MZLU v Brně. Available from https://web2.mendelu.cz/af_222_multitext/picniny/sklady.php?odkaz=kukurice.html (accessed March 2023).
- 52) Smith C, Betrán WJ, Runge ECA. 2004. *Corn: origin, history, technology, and production*. John Wiley, Hoboken.
- 53) Soane BD, Ball BC, Arvidsson J, Basch G. 2012. No-till in northern, western and southwestern Europe: A review of problems and opportunities for crop production and the environment. *Soil and Tillage research* **118**:66-87.
- 54) Sobotik M, Graf T, Himmelbauer M, Bodner G, Bohner A, Loiskandl W. 2018. In-situ root system characterization of hop and maize via soil profile excavation. *Die Bodenkultur: Journal of Land Management, Food and Environment* **69**:121-130.
- 55) Škarda M. 1977. *Hospodaření s organickými hnojivy*. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.
- 56) Štěřbová L, Bradová J, Sedláček T, Holasová M, Fiedlerová V, Dvořáček V, Smrčková P. 2016: Influence of technological processing of wheat grain on starch digestibility and resistant starch content. *Starch/Stärke* **68**:593-602.
- 57) Vaněk V, Balík J, Pavlík M, Pavlíková D, Tlustoš P. 2016. *Výživa a hnojení polních plodin*. Profi Press, Praha.
- 58) Watson DJ. 1947. Comparative Physiological Studies on the Growth of Field Crops. I. Variation in Net Assimilation Rate and Leaf Area between Species and Varieties and between Years. *Annals of Botany* **11**:41-76.
- 59) Yara. 2023. *Nedostatek fosforu-Kukuřice*. Yara Česká republika. Available from <https://www.yaraagri.cz/vyziva-rostlin/plodiny/kukurice/deficience-kukuice/nedostatek-fosforu-kukuice/> (accessed March 2023).
- 60) Zscheischler, J et al. 1990: *Handbuch Mais. Umweltgerechter Anbau. Wirtschaftliche Verwertung*. DLG-Verlag, Frankfurt am Main.