

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Využití přípravků pro zlepšení nutriční hodnoty zrna
u kukuřice**

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Aneta Pšeničková

**Obor studia: Kvalita potravin a zpracování
zemědělských produktů**

Vedoucí práce: Ing. Jaroslav Tomášek, Ph.D.

© 2023 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Využití přípravků pro zlepšení nutriční hodnoty zrna u kukuřice" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 14. 4. 2023

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Jaroslavu Tomáškoví, Ph.D. za odborné vedení, trpělivost a cenné rady, které mi v průběhu vypracování této diplomové práce věnoval. V neposlední řadě bych také chtěla poděkovat mé rodině za podporu během celého studia.

Využití přípravků pro zlepšení nutriční hodnoty zrna u kukuřice

Souhrn

Kukuřice se řadí na třetí místo nejpěstovanějších obilnin světa. V dnešní době je považována za velice významnou potravinářskou, krmnou, průmyslovou a také energetickou plodinu pěstovanou na orné půdě s vysokým výnosovým potenciálem. V současnosti při pěstování kukuřice převažují dva užitkové směry, jedním z nich je kukuřice na zrno a druhým kukuřice na siláž. Kukuřice na zrno je považována za jednu z nejdůležitějších plodin, proto také dochází u osevních ploch k postupnému vzestupu.

Tato diplomová práce se zabývá pěstováním kukuřice v systému ekologického zemědělství s využitím přípravků pro zlepšení nutriční hodnoty zrna. Diplomová práce byla rozdělena na dvě základní části, přičemž první část se týkala literární rešerše, která zahrnovala všechna úskalí pěstování kukuřice. Praktická část se týkala vlivu biologického přípravku Baskus na nutriční a energetickou hodnotu kukuřičného zrna.

V rámci polního pokusu realizovaného na pozemcích Výzkumné stanice FAPPZ v Červeném Újezdě byly založeny čtyři varianty: kontrola bez ošetření, varianta ošetřená 1x Prosaro, varianta ošetřená 1x Baskus a varianta ošetřená 2x Baskus. Byla provedena chemická analýza na hlavní mikro a makro prvky a rozbor na nutriční hodnoty u zrna kukuřice. Ke statistickému vyhodnocení výsledků byl použit program Statistica 12, verze 12.1.

Při analýze obsahu sušiny u jednotlivých variant bylo zjištěno, že obsah sušiny je vyšší u kukuřice ošetřené fungicidním přípravkem Prosaro v porovnání s kontrolní variantou. U ošetřených variant biologickým přípravkem Baskus byl účinek o něco slabší v porovnání s přípravkem Prosaro. Výsledky také poukazují na to, že aplikace přípravku Baskus ve dvou termínech nebyla z hlediska výnosu sušiny výhodnější než aplikace v jednom termínu.

Další analýza se týkala nutričního složení kukuřičného zrna, kde byl zjišťován vliv přípravku Baskus. Z výsledků plyne, že obsah škrobu i vlákniny byl vyšší u kontrolní varianty. Těchto výsledků bylo nejspíš dosaženo, protože přípravek Baskus je určen zejména proti bakteriálním chorobám, nikoliv na zlepšení kvality rostlin.

Dalším sledovaným parametrem bylo množství minerálních prvků v sušině zrna kukuřice. Celkově nebyl zaznamenán významný vliv přípravků na obsah minerálních prvků u jednotlivých variant.

Zjištěné hodnoty diplomové práce vycházejí pouze z jednoletého pokusu, kdy účinnost přípravků mohla být ovlivněna specifickými půdními podmínkami, klimatickými podmínkami i maloparcelkovým způsobem pěstování. Pro dosažení objektivnějších výsledků by bylo vhodné pokus opakovat ve více letech a na více stanovištích. V případě přípravku Baskus by bylo nutné přistoupit k provedení dalších pokusů, aby došlo k lepšímu ověření účinnosti na nutriční a energetickou hodnotu kukuřičného zrna.

Klíčová slova: půda, biopesticid, produktivita, kvalita, obsah škrobu, zrno

The use of preparations to improve the nutritional value of corn grain

Summary

Maize is the third most cultivated cereal in the world. It is currently considered a very important food, feed, industrial and energy crop, grown on arable land with high yield potential. There are currently two primary methods of growing maize: grain maize and silage maize. Grain maize is considered one of the most important crops, which explains the gradual increase in the area sown.

This thesis deals with the cultivation of maize in an organic farming system with the use of products to improve the nutritional value of the grain. The thesis was divided into two main parts. The first part consisted of a literature search covering all the pitfalls of maize cultivation. The practical part concerned the effect of the bacterial preparation of Baskus on the nutritional and energy value of maize grain.

In a field experiment conducted on the land of the FAPPZ Research Station in Červený Újezd, four variants were established: a control without treatment, a treated variant 1x Prosaro, 1x Baskus treated variant, and 2x Baskus treated variant. Chemical analysis of the main micro- and macroelements and analysis of the nutritional values of maize grain were carried out. Statistica 12, version 12.1, was used for statistical evaluation of the results.

When analyzing the dry matter content of each variant, it was found that the dry matter content was higher in maize treated with Prosaro fungicide compared to the control. This effect was slightly weaker for Baskus-treated variants compared to Prosaro. The results also show that the application of Baskus on two dates was not more advantageous in terms of dry matter yield than the application on one date.

Another analysis concerned the nutritional composition of maize grain, where the effect of Baskus was investigated. The results show that both starch and fibre content were higher in the control. These results were probably achieved because Baskus is primarily designed to protect against bacterial diseases, not to improve plant quality.

Another monitored parameter was the number of mineral elements in corn grain dry matter. Overall, there was no significant effect of the preparations on mineral element content for each variant.

The values found in the thesis are based only on a one-year experiment where the effectiveness of the products could have been influenced by specific soil conditions, climatic conditions, and the small-plot cultivation method. It would be advisable to repeat the experiment for more years and in more places so we could obtain more objective results. In the case of Baskus, further trials would need to be done to verify the efficacy of the maize grain's nutritional and energy value.

Keywords: soil, biopesticide, productivity, quality, starch content, grain

Obsah

1	Úvod.....	8
2	Vědecká hypotéza a cíle práce.....	9
3	Literární rešerše	10
3.1	Kukuřice setá (<i>Zea mays</i>).....	10
3.1.1	Botanika a taxonomie kukuřice	10
3.1.2	Historie pěstování	11
3.1.3	Využití kukuřice.....	12
3.1.3.1	Potravinářské využití.....	13
3.2	Pěstování kukuřice	13
3.2.1	Osevní plochy a výnosy kukuřice	14
3.2.2	Příprava, zpracování půdy	15
3.2.3	Odrůdy a hybridy kukuřice	16
3.2.3.1	Ranost hybridu	18
3.2.3.2	Geneticky modifikovaná kukuřice (GM)	19
3.2.3.3	Stay green efekt.....	20
3.2.4	Hnojení.....	21
3.2.5	Ochrana porostu kukuřice	27
3.2.6	Rizika a nevýhody pěstování kukuřice	28
3.2.6.1	Škůdci kukuřice.....	29
3.2.6.2	Choroby kukuřice.....	35
3.2.7	Sklizěň a posklizňová úprava.....	39
3.3	Význam pěstování kukuřice na zrno	41
3.3.1	Chemické složení a nutriční hodnota kukuřičného zrna	41
4	Metodika	45
4.1	Charakteristika stanoviště.....	45
4.1.1	Půdní podmínky	45
4.1.2	Klimatické podmínky.....	45
4.2	Agrotechnika pokusu	48
4.2.1	Variety pokusu	48
4.3	Hodnocení pokusu.....	48
4.3.1	Chemická analýza kukuřice	49
4.3.2	Nutriční analýza kukuřice	49
4.4	Charakteristika odrůdy	50
4.5	Charakteristika přípravků.....	50
5	Výsledky	52
5.1	Vyhodnocení dat.....	52
5.2	Hodnocení výnosů kukuřice na zrno	52

5.2.1	Výnos zelené hmoty kukuřice na zrno (t.ha ⁻¹).....	52
5.2.2	Výnos suché hmoty kukuřice na zrno (t.ha ⁻¹).....	52
5.2.3	Obsah sušiny kukuřice na zrno (%).....	52
5.3	Hodnocení výnosů kukuřice na siláž	53
5.3.1	Výnos zelené hmoty kukuřice na siláž (t.ha ⁻¹).....	53
5.3.2	Výnos suché hmoty kukuřice na siláž (t.ha ⁻¹).....	53
5.3.3	Obsah sušiny kukuřice na siláž (%).....	54
5.4	Hodnocení minerálních látek kukuřičného zrna.....	54
5.4.1	Stanovení makroprvků v zrně kukuřice.....	54
5.4.2	Stanovení mikroprvků v zrně kukuřice	56
5.5	Hodnocení nutričního složení kukuřice	57
5.5.1	Kukuřice na siláž	57
5.5.1.1	Škrob.....	57
5.5.1.2	Vláknina.....	57
5.5.2	Kukuřice na zrno.....	57
5.5.2.1	Škrob.....	57
5.5.2.2	Vláknina.....	58
5.6	Komentář k vědeckým hypotézám	59
6	Diskuze.....	60
7	Závěr	64
8	Literatura	65
9	Seznam použitých zkratk a symbolů.....	78
10	Seznam tabulek a obrázků.....	79

1 Úvod

Kukuřice se řadí na třetí místo nejpěstovanějších obilnin světa, a to a po rýži a pšenici, přičemž více jak polovina její světové produkce však připadá na USA (Novák a Skalický 2017).

V dnešní době je kukuřice pěstována ve více státech než jakákoliv jiná plodina. Je považována za velice významnou potravinářskou, krmnou, průmyslovou a také energetickou plodinu pěstovanou na orné půdě s vysokým výnosovým potenciálem. V současnosti při pěstování kukuřice převažují dva užitkové směry. Jedním z nich je kukuřice na zrno a druhým kukuřice na siláž (Bouma 2020). Kukuřice na zrno je považována za jednu z nejdůležitějších plodin, a proto také dochází u osevních ploch ve sledovaných letech 1990 až 2017 k postupnému vzestupu. V roce 1990 se osevní plocha kukuřice pohybovala přes 131 mil. ha, a v roce 2017 už přes 197 mil. ha, což poukazuje na to, že kukuřice na zrno je celosvětově velice perspektivní plodinou a dá se předpokládat, že její osevní plochy se budou i nadále zvyšovat (Vrtílek 2019).

Tato potravinářská plodina má skvělou adaptaci na různé ekosystémy, a proto se řadí mezi nejdůležitější obilniny s roční produkcí přesahující až 1 miliardu metrických tun. Podle hodnot FAO přesahuje přímé potravinářské využití kukuřice celosvětově až 150 milionů tun/rok. (García – Lara & Serna – Saldivar 2019).

Kvalita semen kukuřice závisí na zdraví, fyziologii, klíčivosti a fyzikálních vlastnostech, které přímo souvisí s chemickým složením semen včetně obsahu sacharidů, bílkovin, tuků a dalších živin. Ze všech obilovin má kukuřičné zrno nejvyšší energetickou hodnotu. Kukuřičná zrna jsou tvořena převážně ze škrobu, který tvoří zhruba 75 %, dále obsahují 10 % bílkovin, 5 % tuku a 3 % rozpustných sacharidů (Yang et al. 2018).

Nutriční hodnota je závislá na složení kukuřičného zrna, které se může měnit vlivem různých faktorů. Velký vliv na složení zrna má půda, odrůda, hnojení, vlhkost a dále podmínky skladování po sklizni. Maximální kvalita kukuřičného zrna je spjata s načasováním sklizně, kdy zrno akumuluje maximální sušinu semen (Odjo et al. 2018).

Klíčovým ukazatelem je podle Yanga et al. (2018) pro hodnocení kvality semen kukuřice obsah škrobu, který se nachází především v endospermu kukuřičného zrna. Skládá se ze dvou velkých vázaných α – polymerů, jedná se o lineární α – amylozu a velice rozvětvený α – amylopektin.

Mínérální látky se podle Lee et al. (2016) označují souhrnně jako popel. Jedná se o anorganický zbytek po spálení rostlinného materiálu. V celých kukuřičných zrnech se obsah popelu pohybuje mezi 1,3–2,5 %, přičemž nejvyšší koncentrace je v obalových vrstvách a nejnižší v endospermu.

Ke stanovení složení kukuřičného zrna podle Loye & Lundy (2019) lze použít nedestruktivní metodu detekce optickou spektroskopií. Dále lze použít řadu spektroskopických metod založených na absorpci světla, jako je například blízká infračervená spektroskopie (NIR), střední infračervená spektroskopie (MIR) nebo infračervená spektroskopie s Fourierovou transformací (FT – IR).

Tato diplomová práce se zabývá pěstováním kukuřice se zaměřením na nutriční a energetickou hodnotu kukuřičného zrna a dále hodnocením vlivu biologického přípravku Baskus na výnosy, chemické složení zrna a nutriční hodnoty zrna u jednotlivých variant kukuřice.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Cílem práce bylo v obecné rovině popsat všechna úskalí pěstování kukuřice v systému ekologického zemědělství se zaměřením na nutriční hodnotu zrna a siláže. Druhým cílem práce bylo v pokusnické rovině vyzkoušet vliv biologického přípravku Baskus na nutriční a energetickou hodnotu kukuřičného zrna.

Výzkumné hypotézy

Hypotéza č. 1: Je předpoklad zvýšené fotosyntetické produkce u podpůrných přípravků, což se projeví vyšším obsahem a výnosem sušiny.

Hypotéza č. 2: Je předpoklad, že nutriční hodnota v zrnu kukuřice bude při využití podpůrných přípravků shodná s konvenčním ošetřením.

3 Literární rešerše

3.1 Kukuřice setá (*Zea mays*)

V současné době podle ČSÚ (2023) v České republice zaujímá kukuřice na siláž 211 789 ha a kukuřice na zrna 80 453 ha osevní plochy.

S ohledem na klimatické podmínky, úrodnost, geologické podloží a dostupnost vody se podle AMSP (2019) orná půda v ČR rozděluje na 5 výrobních oblastí. Celková plocha orné půdy zaujímá 37,5 %, přičemž kukuřičná výrobní oblast zaujímá 6,7 %.

Obecně kukuřice původně pochází ze střední Ameriky, a to zejména z oblasti Bolívie a Peru, odkud jí španělští obyvatelé přivezli do Evropy (Laštovičková 2017).

Podle Mangelsdorfa (1986) je kukuřice jednou z nejvýkonnějších obilnin v produkci zrna, ale je neschopna přežít bez lidské pomoci, protože není schopna rozšiřovat vlastní semena.

Novák a Skalický (2017) řadí kukuřici na třetí místo nejpěstovanějších obilnin světa, a to po rýži a pšenici, více jak polovina její světové produkce připadá na USA.

3.1.1 Botanika a taxonomie kukuřice

Novák a Skalický (2017) řadí kukuřici z hlediska botanického třídění do třídy jednoděložných (*Monocotyledonae*), řádu lipnicotvaré (*Poales*), čeledi lipnicovité (*Poaceae*) a podčeledi kukuřicovité (*Zeeoideae*).

Kukuřice spadá mezi rostliny cizosprašné, jednoleté, jednodomé s květy uspořádanými do oddělených květenství, které nazýváme laty a palice. V dospělosti mohou být rostliny vysoké až 2,5 m a více (Zimolka et al. 2008).

Jedná se o rostlinu teplomilnou, která má nízké nároky na vláhu. Hodnoty transpiračního koeficientu jsou průměrně 256, proto jsou lehčí půdy vhodnější než půdy těžké. Suma teplot, která je potřebná během vegetačního období činí 1700–3100 °C. Vhodné pozemky pro kukuřici se mají od časného jara co nejrychleji prohřívát, a mají být dobře a včas zpracovatelné. Krátké dny urychlují kvetení, ale zároveň snižují počet listů a výšku rostlin (Trnka 2013).

Primární kořenová soustava je tvořena kořeny, které vznikají již v zárodku, dále pak sekundární kořenová soustava je tvořena soubory stonkových adventivních kořenů. Kořeny pronikají do hloubky až 3 m, hlavní kořenová soustava se nachází v hloubce cca 0,4 m. V orniční vrstvě se nachází převážná část kořenů. Vzdušné kořeny vznikají z nadzemních uzlů stébla, které mají za úkol chránit rostlinu před poleháním a dále pomáhají zužitkovat vláhu v druhé polovině vegetace (Moudrý 2016).

Stéblo kukuřice je mohutné, dlouhé, vzpřímené a plné, současně funguje jako zásobní orgán a je členěno na 10 až 20 článků. Je rozděleno kolénky (nody) a články (internodia), přičemž z nejnižšího kolénka mohou vyrůst tzv. odnože (Valíček et al. 2002).

Kukuřice má vstřícné uspořádání listů, jejichž počet závisí na typu hybridu. Rané hybridy oproti pozdním mají menší počet listů. Podíl listů na celkovém výnosu je okolo 10–15. Listová čepel je 0,3–1,5 m dlouhá, 5–15 cm široká s nápadným středním žebrem. Na líci je čepel slabě chlupatá s celokrajným a zvlněným okrajem (Trnka 2013).

Samčí tyčinkovité květy jsou uspořádány v latu, která je tvořena hustými klásky. Samičí pestíkovité květy tvoří palice. Palice vyrůstají z úžlabí listu a jsou obaleny listeny, jedná se

o klasy s hrubou hlavní osou, na které jsou zrna v řadách. Obilky kukuřice obsahují zhruba 76 % škrobu, 12 % dusíkatých látek a 8 % tuku, dále obsahují vysoký obsah vitamínu E a minerálních látek (Moudrý 2016).

Podle barvy, tvaru zrna či podle barvy pluch na větvech se rozlišují různé odrůdy kukuřice. Například kukuřice obecná, tvrdá, kukuřice koňský zub, kukuřice polozubovitá, kukuřice pukancová, kukuřice cukrová, kukuřice vosková, kukuřice škrobnatá, kukuřice pluchatá, kukuřice škrobocukrová a kukuřice pestrolistá (Zimolka et al. 2008).

Hospodářsky je nejvíce využívána řada *convariet* (obecná – *indurata*, koňský zub – *identata* syn. *dentiformis*, pukancová – *everta* syn. *microsperma*, cukrová – *saccharata*, škrobnatá – *amylacea*, vosková – *ceratina* a plevnatá – *tunicata*. Z hospodářského hlediska má největší význam kukuřice koňský zub, kukuřice obecná (tvrdá) a kukuřice polozubovitá (Moudrý 2016).

3.1.2 Historie pěstování

Přesný vznik a původ kulturní kukuřice neznáme, nicméně odhadujeme původ na středoamerickou a jihoamerickou oblast. Podle písemností lze považovat za nejpravděpodobnější místo původu Mexiko a Peru (Fenzi & Couix 2022).

Historie pěstování kukuřice jako kulturní plodiny je stará déle než 5 600 let. Koncem 15. století se kukuřice dostala z původní Ameriky do Evropy a poté se do střední Evropy rozšířila z Balkánu (Moudrý 2016).

Kukuřice se do Evropy, Asie a Afriky dostala po objevení Ameriky, kde se také hojně pěstuje a využívá. Není však jisté, zda byla do Evropy dovezena již z první Kolumbovy cesty r. 1492 nebo až z druhé z r. 1494 (García – Lara & Serna – Saldivar 2019).

Podle Sheaffera & Moncada (2012) původ kukuřice není známý, ale přisuzuje se divokým travám (*Zea Mexicana*) a travám rodu *Tripsacum*, které se nacházely v oblasti jižního a jihozápadního Mexika.

Podle Výzkumného ústavu rostlinné výroby (2021) byla kukuřice před 10 tisíci lety vyšlechtěna z divoké trávy *Teosint* na území dnešního Mexika. Díky své vysoké výživné hodnotě, dobré přizpůsobivosti v různých pěstitelských podmínkách a snadné přepravě se kukuřice stala po několika tisíciletí hlavní plodinou pro většinu středoamerických a karibských kultur.

Kukuřici, kterou známe dnes domestikovali a vyvinuli farmáři v Mezoamerice z vybraných předků těchto obilnin. Původní Mezoameričané během několika staletí transformovali předky kukuřice do několika předkolumbovských primitivních ras kukuřice, což tvoří stále genetické pozadí pro produkci vysoce výnosných volně sprašovaných odrůd a hybridů (García – Lara & Serna – Saldivar 2019).

Podle Vojtové (2013) se kukuřice dostala do Evropy v průběhu 16. a 17. století, kdy Kryštof Kolumbus objevil Nový svět. Byla považována jako ceněná užitková rostlina a od Španělů byla převzata místními obyvateli Francie a Itálie.

Na naše území se kukuřice dostala v 17. století patrně z Turecka a Rumunska, odkud ji údajně přinesli Romové. Nejdříve se tato plodina doručovala k pěstování malým rolníkům, kteří byli považováni za první pěstitele kukuřice na našem území. Jednalo se v první řadě o pěstování kukuřice na zrno. Později v roce 1905 se tato plodina začala pěstovat ve větším měřítku (Hruška 1962).

Váša et al. (1964) udává, že na základě nejstarších nálezů zkoumaných pomocí radioaktivního uhlíku se dá předpokládat, že je kukuřice stará přes 5 600 let.

Od třicátých let dvacátého století vzrostl výnos kukuřice kontinuálně. Tento růst byl spojen se změnami v pěstování plodin a dále se začátkem pěstování hybridních odrůd (Duvicka 2005).

Dnes už je osivo kukuřice vyráběno tak zvané „na míru“, což se týká konkrétních potřeb. Byly vyvinuty například hybridy, které mají schopnost produkovat daleko vyšší výnosy, dále mají kratší vegetační dobu, vyšší odolnost vůči suchu, více se hodí do požadovaného podnebí atd. (Kenkel 2015).

Podle Duvicka (2005) se zhruba 40–50 % výnosového zisku podílí na způsobu pěstování kukuřice (např. používání herbicidů či navýšení dusíkatých hnojiv). Dalších 50–60 % výnosu náleží genetice, a to především vylepšení hybridů. Již roky se už výnosový potenciál na jednu rostlinu nezvýšil. Vyšší výnosnosti nového hybridu vděčíme především kvůli vyšší toleranci vůči stresu, ta naopak zase poskytuje vyšší toleranci k hustotě rostlin. V porovnání starších hybridů s dnešními bychom zjistili, že dnešní produkují přibližně stejné množství zrna na jednu rostlinu, ale pěstuje se podstatně více rostlin na jednotku plochy.

Orton (2020) považuje jako nejlepší archetyp pro šlechtění cizospašných druhů plodin právě kukuřici. Od domestikace kukuřice, což je zhruba před 8 000–10 000 lety byla vyšlechtěna pozoruhodná řada morfologických a fyziologických variant kukuřice. Byly také vyšlechtěny odrůdy, které vykazují obrovskou škálu různých klimatických adaptací. Hromadná selekce se používala pro zlepšení kukuřice do poloviny 19. století našeho letopočtu. Od té doby se šlechtění kukuřice rychle rozšířilo.

3.1.3 Využití kukuřice

Tato potravinářská plodina má vysoce hodnotnou genetickou informaci a skvělou adaptaci na různé ekosystémy, proto se řadí mezi nejdůležitější obilniny s roční produkcí přesahující až 1 miliardu metrických tun. V dnešní době se začínají rozvíjet alternativní formy využití kukuřice. Pro průmyslové zpracování se používá kukuřice jako surovina pro výrobu stavebních hmot, papíru, lepidel, bioplastů atd. Dále se využívá také v chemickém, kosmetickém a farmaceutickém průmyslu. Nejnovější využití kukuřice je pro výrobu obnovitelných zdrojů energie, kterými jsou bioplyn, biomasa a bioethanol (García – Lara & Serna – Saldivar 2019).

Kukuřice je široce využívaná pro výrobu potravin a krmiv. V široké škále potravin je přítomna buď jako hlavní, nebo jako vedlejší složka. Výživové a kvalitativní vlastnosti různých druhů kukuřice používané v průmyslu se mohou značně lišit. V kombinaci se skutečností, že tato obilovina byla geneticky modifikována za účelem zlepšení vlastností a výnosu (Kotsanopoulos 2022).

Podle Diviše et al. (2010) má v Čechách pěstování kukuřice krátkou historii. V podmínkách České republiky jsou stále dva převažující užitkové směry, které se využívají především ke krmným účelům, jedná se o kukuřici na siláž a kukuřici zrno. Kukuřičná siláž tvoří základní a stabilizační součást krmných dávek přežvýkavců. Pro hospodářská zvířata je nenahraditelným zdrojem energie (Ferraretto et al. 2018).

3.1.3.1 Potravinářské využití

Podle Serna – Seldivar & Carillo (2019) se celosvětově kukuřice používá k výrobě potravin. Podle hodnot FAO přesahuje přímé potravinářské využití kukuřice celosvětově až 150 milionů tun/rok. Hlavními pěstovanými druhy jsou žlutá, bílá, cukrová, modrá, vosková, kukuřice pukancová na výrobu popcornu a kvalitní proteinová kukuřice. Kukuřice cukrová se sklízí mezi mléčnou a voskovou zralostí, využívá se na vaření, konzervaci či se jí syrová, a to buď pouze obilky nebo celé mladé palice. Většina kukuřice, která se používá v současnosti k přímé lidské spotřebě, je v rozvojových zemích ve formě kaší, které se vyrábějí z mleté kukuřice. V průmyslových sušárnách se vyrábějí celozrnné mouky a dále řada rafinovaných suchých mletých frakcí, které se dále přeměňují na tradiční či extrudované sníadaňové kaše, cereálie, droždí, chemicky kynuté pekařské výrobky, destiláty, pivo atd.

V současnosti se z kukuřice vyrábí zhruba 3500 technologických a potravinářských výrobků. Kukuřice se využívá například v škrobárenském, potravinářském, pivovarnickém a alkoholovém průmyslu. Různé druhy kukuřice používané v potravinářském průmyslu jsou považovány jako perspektivní suroviny, neboť obsahují vitamin B (B₁, B₂, PP), dále vápník, hořčík, fosfor a železo a také řadu stopových prvků, jako je měď, nikl atd. Kukuřičné produkty jsou vhodné pro lidi trpící chorobami diabetes mellitus, obezitou či alergiemi na lepek, protože jej neobsahuje (Sots et al. 2018).

Počátkem 19. století byl objeven a vyvinut v Evropě proces výroby sladidel ze škrobu kukuřice. Postupem času se v potravinářské průmyslu vyvíjely aplikace a funkce výroby s čímž vzrostl i zájem po kukuřičném sladidlu. Nakonec změny v technologiích pomohly rafinérům vytvořit lepší a chutnější produkty. Od poloviny 70. let se kapacita mletí kukuřice a rafinace sladidel zrychlila s vývojem kukuřičného sirupu, který obsahuje značné množství fruktózy (Helstad 2019).

Obsah lipidů je spojen s frakcí klíčků a zastoupení v kukuřici je průměrně 4 %. Byly vyvinuty genotypy kukuřice s vysokým obsahem oleje, které jsou přizpůsobené pro mírné či subtropické oblasti a obsahují až 8 % oleje. Průmyslově se olej získává z vedlejších zárodečných produktů obsahujících 25–50 % oleje získaného suchým či mokřým mletím. Kukuřičný olej má nažloutlou barvu, s mírnou a charakteristickou chutí a vůní. Je důležitým zdrojem minoritních bioaktivních lipidů jako jsou např. fytosteroly, tokoferoly, tokotrienoly a karotenoidy. V kukuřičném oleji bychom našli vysokou hladinu kyseliny linolové, která je nezbytná pro řadu metabolických funkcí. Druhou velice významnou mastnou kyselinou je mononenasyčená olejová kyselina. Z rostlinných olejů má kukuřičný olej relativně vyšší oxidační stabilitu a vysoké technologické a nutriční vlastnosti (Barrera – Arellano et al. 2019).

3.2 Pěstování kukuřice

Nejen ve světě, ale také v Evropě je kukuřice setá považována za nejrozšířenější a nejdůležitější pěstované polní plodinu. V dnešní době je kukuřice pěstována ve více státech než jakákoliv jiná plodina. Je považována za velice významnou potravinářskou, krmnou, průmyslovou a také energetickou plodinou pěstovanou na orné půdě s vysokým výnosovým

potenciálem. V současnosti při pěstování kukuřice převažují dva užitkové směry, jedním z nich je kukuřice na zrno a druhým kukuřice na siláž (Bouma 2020).

Závisí na několika agrotechnických, povětrnostních, ale také technicko-technologických faktorech, popřípadě jejich vzájemném působení, abychom dosáhli úspěchu v pěstování kukuřice. Tyto faktory velice často vytvářejí mnoho složitých komplexů nejrůznějších interakcí, abychom dosáhli úspěchu v pěstování kukuřice na siláž či zrno. Mnohdy často skupina těchto agrotechnických faktorů do značné míry ovlivňuje výslednou kvalitu silážní kukuřice a následně také siláže nebo i kvalitu zrna. Kukuřice se v našich podmínkách obvykle pěstuje v rámci osevního postupu, což znamená mezi obilninami. Z pohledu následných plodin je kukuřice brána jako nevhodná předplodina, neboť je sama o sobě na předplodiny málo náročná (ÚKZÚZ 2022a).

3.2.1 Osevní plochy a výnosy kukuřice

Český statistický úřad popisuje sklizně kukuřice na zrno i siláž v roce 2022 jako nižší, ve srovnání s loňskou úrodou. Jednotlivé vývojové plochy, hektarový výnos a sklizně kukuřice na zrno či siláž v posledních letech je znázorněno v Tabulce č. 1. Kukuřice na zrno se sklídilo 639 tis. tun, což je o 347 tis. tun méně ve srovnání s předešlou nadprůměrnou úrodou. Předpokládá se, že za vinu tomu je nižší osevní plocha 80 tis. ha oproti předešlé sklizňové ploše (102 tis. ha) a dále pokles hektarového výnosu na 7,95 t/ha v důsledku suchého počasí v průběhu vegetace. Sklizeň kukuřice na zeleno a siláž 7 615 tis. tun je meziročně o 9,3 % nižší. Hektarový výnos poklesl na 35,96 t/ha a osevní plocha na 211 tis. ha (-2,3 % v porovnání s minulou sklizňovou plochou). Nižší sklizeň se také týkala i jiných sledovaných píce (Vodičková 2022).

Tabulka č. 1: Vývoj ploch, hektarových výnosů a sklizní kukuřice (Český statistický úřad 2023).

		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Kukuřice na zrno	plocha (ha)	86 407	85 995	81 851	74 827	87 231	102 438	80 453
	hektarový výnos (t/ha)	9,79	6,84	5,98	8,29	9,46	9,65	7,95
	sklizeň (t)	845 765	588 105	489 154	620 261	825 499	988 038	639 467
Kukuřice na zeleno a siláž	plocha (ha)	234 396	223 212	224 105	232 392	226 155	216 982	211 789
	hektarový výnos (t/ha)	40,72	34,84	29,84	35,47	39,05	38,86	35,96
	sklizeň (t)	9 545 239	7 776 990	6 686 996	8 243 654	8 832 117	8 431 655	7 615 122

Výnosy a plochy podrobně shrnuje Vrtílek (2019) z Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského. Podotýká, že ve světě je kukuřice na zrno považována za jednu z nejdůležitějších plodin, proto také dochází u osevních ploch ve sledovaných letech 1990 až 2017 k postupnému vzestupu. V roce 1990 se osevní plocha kukuřice pohybovala přes 131 mil. ha, a v roce 2017 už přes 197 mil. ha, což poukazuje na to, že kukuřice na zrno je celosvětově velice perspektivní plodinou a dá se předpokládat, že její osevní plochy se budou i nadále zvyšovat. Co se týká výnosu, i tam došlo ke zvýšení, neboť v roce 1990 byl průměrný výnos kukuřice na zrno pouze 3,69 t/ha a v roce 2017 výnos kukuřice na zrno činil už 5,75 t/ha.

3.2.2 Příprava, zpracování půdy

Podle Skládanky (2006) je na přípravu půdy kukuřice velice náročnou rostlinou, vyžaduje hluboko zpracované půdy, neboť způsob zpracování půdy má velký vliv na příjem živin kukuřicí. Obvykle porosty založené po orbě přijímají intenzivněji živiny než rostliny po celoplošném hlubokém kypření. Lepší růst biomasy se projevil řádkovým kypřením do hloubky 35 cm. Rostliny poté vykazovaly o 40 % vyšší hmotnost nadzemních částí oproti orbě, o 49 % oproti řádkovému kypření do 25 cm a o 52 % vyšší hmotnost nadzemních částí oproti celoplošnému hlubokému zpracování půdy. Hluboké zpracování půdy se také projevilo lepší vybaveností rostlin chlorofylem, což svědčilo o jejich lepším vegetačním stavu (Javor et al. 2019).

Podle Skládanky (2006) je dobré na podzim provést podrývání půdy na hloubku 45–50 cm, jelikož dojde k podpoření biologické aktivit půdy, dále k zmenšení otužení a také ke zlepšení hospodaření s vláhou. Jednou za 4–5 let můžeme provést podrývání, pokud bychom tak neučinili, je vhodné provést podmtítku. Po podmtítce by cca za 14 dní měla následovat střední nebo hluboká orba.

Dále je podle Branta et al. (2016) kladen důraz na urovnání povrchu pozemku, včetně rozdrobení velkých hrud, a také na tvorbu izolační nakypřené vrstvy, která snižuje evaporaci a zvyšuje teplotu půdy. Tyto faktory jsou základem pro vytvoření požadovaného seťového lůžka. Vlastnosti a funkce seťového lože jsou často potlačeny při opakované předseťové přípravě půdy. Málo využívané, ale významné opatření je plečkování, které má vliv na kypření půdy, zlepšení její fyzikálních vlastností (např. vsakování vody), dále na aplikaci hnojiv do půdy a také na redukci plevelů (ÚKZÚZ 2023c).

V současné době je možné využít tradiční technologie zpracování půdy i minimalizační technologie bez použití orby. Na výběr máme klasickou technologii zpracování půdy, jedná se o orbu s předseťovou přípravou, bezorebnou technologii neboli kypření, pásové zpracování půdy neboli strip till nebo o přímé seti do nezpracované půdy. Tyto technologie mají za úkol přípravu seťového lůžka a vytvoření optimálních podmínek pro klíčení rostlin (Renč 2015).

Základním požadavkem je vytvoření rovnoměrného, dostatečně hlubokého seťového lůžka s dostatečným přísunem vody, tepla a živin. Příprava a zpracování půdy před setím rozhoduje o vzduchu a vodě v půdě, proto platí, že v aridních oblastech se musí co nejméně hýbat s půdou a provést seti kukuřice v ranějších termínech (ÚKZÚZ 2023c).

Podle Saberi et al. (2014) má zpracování půdy vliv na fyzikální vlastnosti a tepelnou vodivost v půdní struktuře. Dále má příznivý vliv na pohyb vzduchu, kořenovou distribuci, distribuci vody, pórovitost půdy a výnos plodin. Je také důležité věnovat pozornost problematice eroze. Častou příčinou vzniku škod, které jsou způsobeny vodní erozí dochází pěstováním kukuřice v širokých řádcích, kdy na začátku vegetace dochází k pomalému růstu. Půdní erozi můžeme zamezit minimálním zpracováním půdy, což ale naopak zhoršuje její pórovitost.

Abychom dosáhli redukce populace zavíječe kukuřičného je podle ÚKZÚZ (2023c) důležitá orba s dokonalým rozdrčením posklizňových zbytků. Redukci plevelů lze dosáhnout meziřádkovou kultivací, která je ale v dnešní době už nahrazena herbicidy. Výhodou mechanického způsobu likvidace plevelů je vytvoření vhodných podmínek pro růst rostlin a provzdušnění půdy (Skládanka 2006).

Založení porostu

Jedním ze základních předpokladů podle Venclové (2022) je dosažení vysoké kvality a produkce kukuřice správným založením porostu. Termín výsevu kukuřice je v relativně širokém časovém rozpětí, nicméně musí být zvolen tak, aby se co nejlépe využila vhodná vegetační doba. Kukuřice bývá zpravidla zařazována mezi dvě obiloviny, v tomto případě se za nejlepší předplodinu považuje pšenice. Opakované pěstování kukuřice na stejném pozemku naopak zvyšuje problémy se zhutněním půdy či rozvojem chorob, plevelů a škůdců. Menší počet jedinců na hektar se vysévá v horších půdních či klimatických podmínkách, aby se dosáhlo vyšší kvality. Naopak v suchých a teplejších oblastech se vysévá vyšší počet jedinců na ha, pokud by došlo k nesprávnému uspořádání porostu v těchto oblastech, došlo by poté vlivem proudění vzduchu k nadměrné transpiraci, čímž dochází k poruchám rovnováhy mezi příjmem a výdejem vody (Skládanka et al. 2014).

Setí kukuřice by podle Queck – Matzie (2019) mělo nastat, když je půdní vlhkost na optimální úrovni, obvykle 2–3 dny po dešti. Příliš mokrá půda způsobuje zhutnění půdy, což negativně ovlivní klíčení a vzcházení semen. V dnešní době se k výsevu využívají přesné secí stroje, které jsou ve většině případech pneumatické a zajišťují požadovaný počet vysévaných semen na ploše i rovnoměrnou hloubku setí. Příčinou nevyrovnaného vzcházení je nerovnoměrnost hloubky setí, což má za následek snižování výnosu i kvality produkce (Zimolka et al. 2008).

Velice důležité je přesné rozmístění zrn na požadovanou vzdálenost řádků, která by měla být zhruba 50–80 cm, přičemž počet jedinců se řídí raností hybridů. Skládanka et al. (2014) uvádí, že výsevek činí přibližně 30 kg. ha⁻¹. Hloubka setí se pohybuje okolo 30–70 mm, zároveň závisí na typu půdy a na velikosti zrna, v těžších půdách se seje mělčeji. Pokud dochází k výsevu do užších řádků mají rostliny k dispozici spon blížíící se čtverci, dříve zapojují porost a některé odrůdy poskytují i vyšší výnos. Osivo kukuřice je prodáváno na výsevní jednotky s přesným počtem zrn, je standardně kalibrováno, mořeno a prochází tzv. chladovými testy.

Podle Skládanky et al. (2014) se nejlepších výnosů dosahuje, pokud se semena kukuřice vysévají mezi koncem dubna a začátkem května, což znamená že využijeme celé vegetační období. Snižuje to také riziko poškození výnosu vlivem časných mrazíků, které se mohou objevit ke konci vegetačního období. Podle ÚKZÚZ (2023c) je termín setí závislý na teplotě půdy, přičemž optimální teplota v místě uložení kukuřičného semena by měla být 8–10 °C. Brzké setí za chladného počasí může být důsledkem pomalého klíčení, pomalého vzcházení a snížené schopnosti přijímat živiny. Naopak pozdní setí snižuje výnosy o zhruba 15 %.

3.2.3 Odrůdy a hybridy kukuřice

Podle Povolného (2022) je aktuálně v ČR zaregistrováno celkem 345 hybridů kukuřice, přičemž na základě registračních zkoušek bylo v roce 2022 nově registrováno celkem 46 hybridů kukuřice z toho 25 hybridů na siláž a 21 hybridů na zrno. Při rozhodování volby hybridu je velice důležité se soustředit především na účel jeho využití, neboť správná volba hybridu může ovlivnit výnos kukuřice až z 30 %. Při výběru je proto nutné zvážit všechny hospodářské vlastnosti s důrazem na délku vegetační doby a výnos. Využití silážních hybridů

hodně převažuje, nicméně je trendem zvyšování ploch kukuřice pěstované na zrno. Za vedlejší směry využití kukuřice považujeme kukuřici pro produkci obnovitelných zdrojů (bioplyn, bioethanol) či využití kukuřice v potravinářství a průmyslu (Loučka et al. 2015).

Ke šlechtění nových odrůd kukuřice se využívá heterózní efekt. Nově registrované odrůdy jsou F₁ hybridy, které vznikají křížením rodičovských linií nebo jejich kříženců. Abychom dosáhli maximálních výnosů a kvality píce je nutné každoročně nakupovat nové osivo. V teplých ročnících s dostatkem srážek se zvyšuje výnosový potenciál hybridů s narůstajícím číslem FAO, jedná se o větší rostliny s větším počtem listů (Skládanka et al. 2014).

Hybridy kukuřice na siláž

Podle Jedličky (2021) je dobré vědět u hybridů na siláž nejen jakou mají skladbu živin a silážovatelnost, ale také jakou mají stravitelnost a výkonnost. Abychom dosáhli požadované výkonnosti je potřeba vytvořit správné podmínky mezi které patří např. způsob pěstování, volba pozemku, zdravotní stav hybridů, ale také zohlednění počasí během vegetačního období a v době sklizně. Pro výběr vhodného hybridu na konkrétní lokalitu a určení správného termínu sklizně je nutné zohlednit délku vegetačního období, které je charakterizováno teplotou. Volíme hybridy s vysokým výnosem silážní hmoty, vysokým podílem celkové hmotnosti rostlin, vysokým podílem palic z celkové hmoty kukuřice (min. 50 % palic), maximálním výnosem energie z jednotky plochy a maximální koncentrací energie v 1 kg sušiny. Rostliny by měly být vyššího vzrůstu s pevným stéblem, hustějším olistěním a velkými palicemi (Fuksa et al. 2017).

Na rozdíl od kukuřice na zrno se u kukuřice na siláž odvozuje číslo ranosti od sušiny celé rostliny. Ranost silážních hybridů je proto objektivnější, protože dozrávání palic a ostatních částí rostlin může být u jednotlivých typů hybridů rozdílná (Ježková 2012).

Podle Jedličky (2021) je pro silážní hybridy rozhodující potenciální užitkovost zvířat. Hlavní vlastnosti, které se sledují při šlechtění nových hybridů na siláž jsou např. obsah sušiny a energie (škrobu, vlákniny), stravitelnost vlákniny, organické hmoty a škrobu, obsah výnosu sušiny a potenciální produkce mléka z hektaru. Škrob je považován za energeticky důležitý zdroj, který je klíčový pro produkci mléka dojníc. Jako hlavní kritérium při výběru hybridu se v dnešní době považuje jeho stravitelnost neutrálně detergentní vlákniny (SNDF), která velice ovlivňuje příjem sušiny u dojníc a následné množství nadojeného mléka (Loučka et al. 2015).

K dispozici jsou vedle výnosových ukazatelů u silážních hybridů podle Povolného (2022) také i hodnocení kvalitativní parametrů při využití blízké infračervené spektroskopie (NIRS) a to obsah škrobu, ukazatele stravitelnosti organické hmoty ELOS, IVDOM, DCS a také výpočet obsahu energie NEL a stravitelnosti vlákniny DINAG.

Hybridy kukuřice na zrno

Podle Loučky et al. (2015) se u hybridů na zrno klade důraz především na výnos zrna, rychlost jeho dozrávání, odolnost proti škůdcům a polehání rostlin. Velmi rané nebo rané hybridy, které poskytují jistotu dozrání a dobrou odolnost vůči chladu volíme do chladnějších oblastí. Hlavním produktem je suché zrno či zrno silážovatelné při vysoké vlhkosti. V teplejších oblastech se pěstuje hybrid s vyšší raností. Čím vyšší číslo FAO, tím se hybrid blíží spíše

zrnovému hybridu. Lepší zrnové hybridy lze sklídit i na siláž, nicméně silážní hybridy nejsou vhodné pro pěstování kukuřice na zrno.

Dvě čísla ranosti mají kombinované hybridy využívané na siláž i zrno, jedná se např. o 220 S, 230 Z. Na základě středního obsahu sušiny se vypočítá hodnota FAO v době kukuřičné zralosti v porovnání s kontrolními neboli s již dříve registrovanými hybridy (Ježková 2012).

3.2.3.1 Ranost hybridů

Číslo FAO podle Ježkové (2012) vyjadřuje ranost jednotlivých hybridů. Hodnota FAO vychází z předpokladu, že jedním z rozhodujících faktorů prostředí pro kukuřici je teplota, jejíž optimální hodnota pro vývoj generativních orgánů a růst je 20–24 °C. Tuto hodnotu lze vypočítat podle obsahu sušiny v době zralosti v porovnání s kontrolními odrůdami kukuřice. Tento ukazatel je v dnešní době už rozdělen na silážní či zrnové využití. Rozdíl obsahu sušiny o 1 % odpovídá přibližně 10 jednotkám FAO. Stanovení čísel ranosti a registrací nových hybridů kukuřice se v České republice zabývá Národní odrůdový úřad, který sídlí v Brně (NOÚ) (Skládanka et al. 2014).

Pěstované hybridy u nás mají číslo FAO v rozmezí 180–400, přičemž platí, že čím je toto číslo nižší, tím má odrůda kratší vegetační dobu a je tedy ranější. Tabulka č. 2 nám znázorňuje skupiny ranosti podle čísla FAO jednotlivých hybridů a jejich běžnou sumu efektivních teplot (Loučka et al. 2015).

Tabulka č. 2: **Zařazení hybridů do skupin ranosti** (Loučka et al. 2015).

Skupina ranosti	Číslo FAO hybridu na zrno	Číslo FAO hybridu na siláž	Suma efektivních teplot (°C)
Velmi raný	do 250	do 220	do 1460
Raný	250–300	220–260	1440–1530
Středně raný	300–350	260–300	1500–1600
Středně pozdní	nad 350	nad 300	nad 1580

Číslo FAO charakterizuje hybrid a délku jeho vegetace, přičemž 10 čísel FAO činí rozdíl v délce vegetační doby 1–2 dny či 1 – 1,5 % obsahu sušiny zrna (Šantrůček et al. 2008).

Pro teplotně příznivější oblasti se podle Ježkové (2012) spíše hodí hybridy s vyšším číslem ranosti, které mají delší vegetační dobu. Pokud bychom porovnali ranější a pozdní hybridy, došli bychom k závěru, že pozdější hybridy mají lepší dosažení vyšších výnosů. Je to dáno vyššími a těžšími rostlinami, které mají obvykle vyšší počet internodií, listů a větší palice. Za předpokladu standardního průběhu počasí se udává délka vegetační doby pro jednotlivé kategorie do 123 dnů vegetace u velmi raných a raných hybridů s FAO do 240, 123–130 dnů u středně raných a středně pozdních s číslem FAO 240–350, a více než 130 dnů u pozdních a velmi pozdních hybridů s FAO nad 300 (Fuksa et al. 2017).

SET – suma efektivních teplot

Při výběru vhodného hybridu pro konkrétní lokalitu je podle Loučky et al. (2015) nutné brát v úvahu délku vegetačního období. Vyhovujícím ukazatelem pro tyto účely je suma efektivních teplot (SET), kterou získáme součtem denních efektivních teplot. Jednotlivé hybridy jsou rozděleny do skupin podle nároku na SET. Požadavky na SET v rozmezí 1350 °C (nejranější hybridy) až 1650 °C (pozdní hybridy) mají silážní hybridy. Přesněji hodnota 1400 °C je potřebná pro silážní zralost hybridů s FAO 200–230 a při 1600 °C dosahují hybridy silážní zralosti s FAO 300–350 (Ježková 2012).

Podle Skládanky et al. (2014) nám suma efektivních teplot slouží hlavně k určení optimálního termínu sklizně v daném ročníku podle průběhu počasí. Zohledňují se pouze teploty v rozsahu 6–30 °C, přičemž pod 6 °C se růst kukuřice zastavuje a při teplotách nad 30 °C se růst již nezrychluje. Výpočet se provádí jako součet průměrných denních teplot od výsevu, od kterých je odečtena fyziologická minimální teplota 6 °C. Na základě znalosti teplotního úhrnu pro optimální stádium zralosti je možné určit relativně přesný termín sklizně kukuřice pro určitou oblast a stanoviště (Loučka et al. 2015).

3.2.3.2 Geneticky modifikovaná kukuřice (GM)

Rostliny, u kterých došlo ke změně dědičného materiálu (DNA) pomocí genových technologií se nazývají geneticky modifikované plodiny, nebo také biotechnologické, transgenní atp. Podle Agropress (2021) se nejedná o tvorbu a vnášení uměle vytvořených genů, nýbrž o moderní šlechtitelské metody z oblasti biotechnologií, které využívají již probíhající procesy v přírodě. Plodiny díky genetické modifikaci získávají řadu specifických vlastností. Jedna z nejvýznamnějších vlastností je odolnost vůči škodlivým činitelům, ať už se jedná o škůdce, choroby, chlad či sucho. Za významnou vlastnost se také považuje tolerance vůči postřikům neselektivními herbicidy, které likvidují všechny ostatní nežádoucí rostliny v porostu. Kromě zvýšeného výnosu s sebou tyto rostliny přináší také snížení nákladů na jejich ošetření, kdy klesá např. použití pesticidů (Ministerstvo zemědělství 2015).

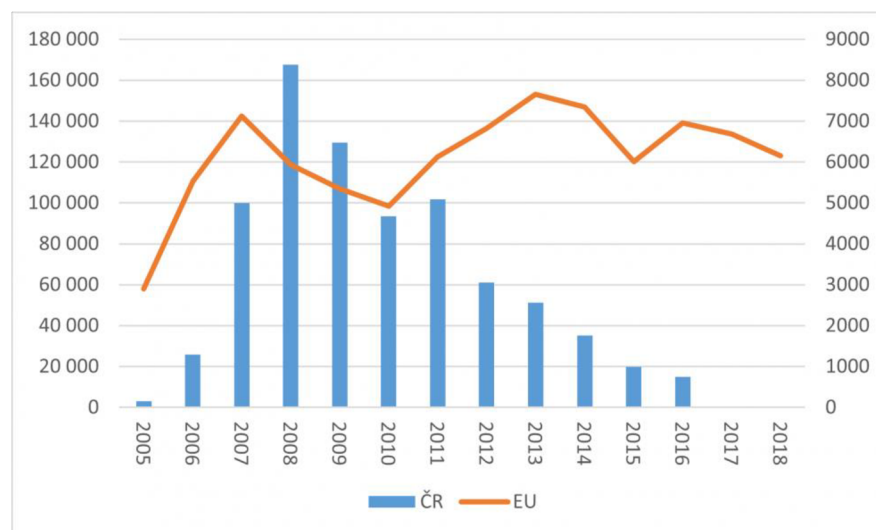
V České republice je pro pěstování povolen pouze insekt rezistentní modifikace kukuřice MON 810, který vznikl vnesením genů půdní bakterie *Bacillus thuringiensis* do genomu kukuřice. Jedná se o toxickou odrůdu pro larvy zavíječe kukuřičného a některé příbuzenské druhy, které se živí požerem kukuřice. Tato genetická modifikace bývá často označována buď identifikačním označením „MON 810“, nebo také zkratkou „Bt“. Registrační zkoušky GM hybridů kukuřice (modifikace MON 810) probíhají v rámci běžných registračních pokusů, které splňují platná legislativa EU (ÚKZÚZ 2017).

V ČR lze pěstovat pouze plodiny, které prošly přísným schvalovacím procesem na úrovni. Tento proces obsahuje případná rizika, která by mohla mít dopad na zvířata, životní prostředí nebo zdraví lidí. Odrůdy musejí být zapsány do Státní odrůdové knihy v ČR nebo do Společného katalogu odrůd druhů zemědělských rostlin v EU (Agropress 2021).

Produkce GM rostlin je podle Loučky et al. (2015) ve většině případech využívána na produkci krmiva pro hospodářská zvířata, z části i pro výrobu bioethanolu či bioplynu, nikoliv k potravinářským účelům. Ve velmi omezeném množství se pěstují další typy

modifikované kukuřice v rámci tzv. režimu uvádění do životního prostředí, a to za přísných podmínek stanovených zákonem č. 78/2004 Sb. (Bouma 2021).

V České republice se geneticky modifikovaná kukuřice začala pěstovat v roce 2005 na ploše o výměře 150 ha, přičemž do roku 2008 se plochy navyšovaly a poté došlo k postupnému poklesu těchto ploch. Od roku 2017 se na území ČR geneticky modifikovaná kukuřice MON 810 již nepěstuje. Na Obrázku č. 1 máme znázorněný vývoj ploch od r. 2005–2008 na kterých se pěstovala GM kukuřice v ČR a EU (Agropress 2021).



Obrázek č. 1: Vývoj ploch pěstování GM kukuřice v ČR a EU (ha) (Agropress 2021).

Největší plochy GM kukuřice jsou v USA, zhruba 86 % všech ploch kukuřice náleží USA a dále v Argentině. Významnými pěstiteli Evropy jsou Španělé, kteří v r. 2016 pěstovali GM kukuřici na zhruba 129 tis. ha a také Portugalci, kde kukuřice zaujímala plochu 7 tis. ha (Ministerstvo zemědělství 2015).

Hlavním významným faktorem poklesu ploch GM kukuřice považují pěstitelé, kteří se současně zabývají i živočišnou výrobou. Řada mlékáren požaduje, aby krávy nebyly krmeny GM plodinami, což znamená z krmené dávky vyloučit GM kukuřici i sóju. Podle Agropress (2021) je nutné zmínit, že GM krmiva nepůsobí negativně na dojnice ani na kvalitu mléka, neboť dochází během trávení k degradaci DNA, což znamená že žádná její část se do mléčné žlázy ani do mléka nedostane. Spíše naopak, kukuřice odolná vůči zavíječi bývá méně náchylná na plísně, což má za následek i podstatně nižší obsah mykotoxinů v rostlině. Dalším důvodem poklesu GM kukuřice je složitá administrativa spojená s pěstováním a následným nízkým odbytem, protože u odběratelů stále přetrvávají obavy z produktů, které jsou vyráběny z GM plodin. V neposlední řadě nastává problém i po ekonomické stránce, kdy se zvyšují náklady s dovozem, čímž se a pro zemědělce toto osivo stává nevýhodné.

3.2.3.3 Stay green efekt

Stay green efekt nebo také efekt zelených listů, jedná se o hybridy, pro které je typickým znakem pomalé dozrávání vegetativních částí rostlin ve srovnání s palicí. Rostliny zůstávají déle zelené, neboť se zpomaluje odbourání chlorofylu. Hlavní výhodou v praxi je podle Havlíčka (2022) prodloužení doby sklizně, kdy rostlina, která se blíží ke své zralosti má stále

zelené listy, které jsou schopny asimilace živin potřebných k naplnění zrna. Především to ovlivňuje proces dusání zelené hmoty v silážní jámě, neboť z takového materiálu se snadno vytlačí vzduch a dojde k tvorbě příznivých podmínek pro růst bakterií mléčného kvašení, které mají pozitivní vliv na konzervaci a výživnou hodnotu siláže. Hybridy kukuřice na siláž s výrazným stay green efektem se vyznačují vyšší stravitelností vlákniny, vysokým podílem škrobu a vysokým výnosem sušiny z hektaru. S důrazem na všechny tyto rozhodující kvalitativní faktory byly vyšlechtěny silážní hybridy Dekalb, které nesou označení SiloExtra. Mezi novinky pro rok 2023 patří DKC3117 (FAO 230), DKC3418 (FAO 250–280) a DKC3513 (FAO 280).

Shao et al. (2021) prováděli dvouletou terénní studii, zda genotypy stay green napomáhají zvýšit odolnost poléhání stébel při vyšší hustotě výsadby. Na experiment bylo vybráno šest vysoce výnosných hybridů kukuřice Liangyu99 (LY99), Nonghua101 (NH101), Shengrui999 (SR999), Liangyu918 (LY918), Jinqing202 (JQ202) a Xianyu335 (XY335). Hybridy s efektem zelených listů (SR999, LY99 a NH101) vykazovaly vyšší odolnost polehání stonku v porovnání s hybridy (XY335 a LY918) bez zeleného efektu. Dospělo se tedy k závěru, že stay green hybridy napomáhají snižovat riziko polehání stébel, vyvažují obsah sušiny, udržují mechanickou pevnost stonků i růst kořenů u rostlin kukuřice. Šlechtění genotypů se středním stupněm zeleně by mělo zvýšit odolnost stébla poléhání při vysokých populacích výsadby.

3.2.4 Hnojení

Kukuřice je řazena mezi rostliny typu C–4, jedná se tedy o rostliny schopné využívat velmi dobře sluneční energii. S tím souvisí i efektivní využití přijatých živin na tvorbu výnosu. Odběr živin se v rostlinách může výrazně lišit, neboť obsah živin je ovlivněn především půdně, klimatickými podmínkami, úrovní hnojení nebo pěstovanými hybridy (Balík et al. 2001).

Podle Balíka et al. (2012) je efektivní používání hnojiv považováno za jeden z rozhodujících faktorů, který ovlivňuje zvyšování půdní úrodnosti, a tím i dalšího působení celé řady faktorů, které ovlivňují stabilitu daného ekosystému.

Obvykle se hnojiva aplikují do půdy za účelem zvýšení či udržení výnosů plodin, přičemž je i uspokojena rostoucí poptávka po plodinách. Aplikací organických hnojiv dochází ke zvýšení obsahu organického uhlíku v půdě, který považujeme za velice důležitý ukazatel kvality půdy a následné produktivity plodin. Anorganická hnojiva zvyšují akumulaci půdní organické hmoty a dále zvyšují biologickou aktivitu v důsledku zvýšené produkce rostlinné biomasy (Brar et al. 2015).

Hnojivo je látka schopná poskytovat účinné množství živin pro výživu kulturních rostlin, pro zlepšení či udržení půdní úrodnosti a pro příznivé ovlivnění výnosu či kvality produkce. Nyní tam jsou řazeny veškeré kategorie hnojiv: minerální, organická, organominerální i statková. Nově jsou definována hnojiva kapalná (minerální, organická, organominerální) a tekutá (statková), a dále také sedimenty (Ministerstvo zemědělství 2009).

Podle Svobodové a Kasala (2020) je označení „stará půdní síla“ považováno za velice významný faktor, neboť se jedná o samotnou přítomnost živin v půdě. Stará půdní síla se na výživě rostlin podílí více než přímé dodání živin pomocí hnojiv. K tvorbě dochází pravidelným hnojením a střídáním plodin v rámci osevního sledu. Správnými agrotechnickými

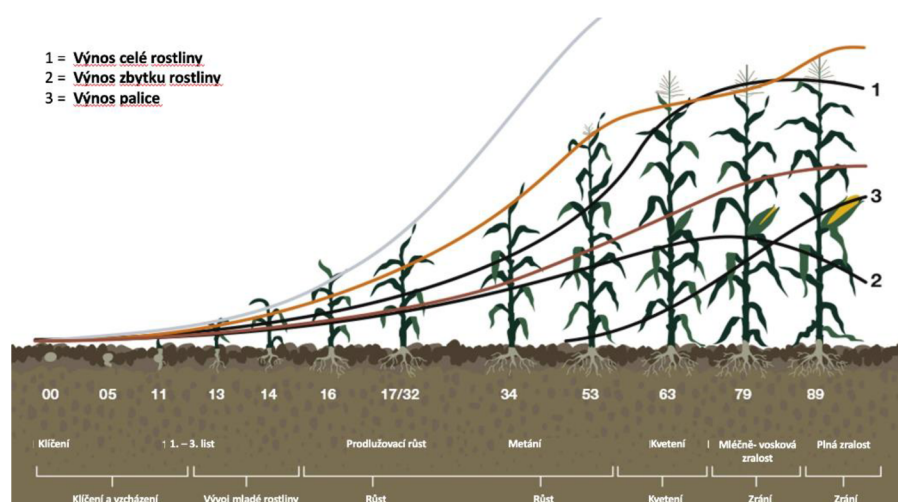
zásahy a přiměřenou náhradou odebraných živin organominerálním hnojením udržíme úrodnost půdy, a zajistíme tak stabilní výnosy a kvality. U živin vázaných jílovitohumosovým komplexem či jílovými minerály je potřeba upravit jejich obsah a poměr v půdě. Jedná se o fosfor (P), hořčík (Mg) a draslík (K).

Podle Dostála a Richtera (2008) se během posledních let jako hnojivo využívá tekutý digestát. Digestát je vhodným hnojivem pro kukuřici, co se týká živin, neboť kromě základních živin obsahuje také mikroprvky. Nevýhodou je poměrně nízká koncentrace živin, důvodem je totiž vysoký obsah vody 90–96 %, přičemž s tím souvisí i vyšší náklady a spotřeba fosilních paliv na aplikaci či transport.

Wang et al. (2018) se zabývají snížením negativního dopadu „průmyslově vyrobených minerálních hnojiv“ na životní prostředí. Přičemž by došlo k většímu nahrazení organickými hnojivy. V rozvojových zemích by však převážná část zemědělců chtěla používat namísto organických hnojiv chemická hnojiva. Hlavním důvodem obav z organických hnojiv jsou příjmy. Mělo by i přes to dojít k větší motivaci zemědělců používat organická hnojiva místo chemických.

Charakteristický je pro kukuřici velmi pomalý počáteční růst a malý příjem živin, což je znázorněno na Obrázku č. 2. V prvním měsíci růstu odčerpá rostlina kukuřice zhruba 3,3 – 5,6 kg dusíku na 1 ha. Během období mezi fází kvetení a mléčnou zralostí zrn přijme rostlina poměrně shodné množství za jeden den (Dostál a Richter 2008).

Když výška porostu kukuřice dosahuje 40–50 cm je schopna odebrat cca 35 kg N, 40 kg K, 4 kg P a 3 kg Mg na ha. Poté však následuje období intenzivního růstu a příjmu živin. Zhruba za 35–45 dní (přibližně 10–15 dní před objevením laty) přijme kukuřice 70–75 % všech živin. Příjem živin pokračuje i po odkvětu, zatímco příjem draslíku kulminuje již v době kvetení (Balík et al. 2001).



Obrázek č. 2: Průběh příjmu živin (Herrmann 2010).

Podle Skládanky et al. (2014) je na výnos $10 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ sušiny kukuřice za potřebí množství živin (viz Tabulka č. 3).

Tabulka č. 3: **Potřeba živin pro výnos 10 t.ha⁻¹ sušiny silážní kukuřice**

Produkt	Odběr živin na 10 t sušiny (kg)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Silážní biomasa	123	20	126	23	10	2

V bramborářské výrobní oblasti je zapotřebí vyšší dávka hnojiv. Při vysokém výnosu odebírá rostlina z půdy značné množství živin. Na podzim provádíme hnojení P, K a Mg podle zásob živin v půdě. V době vegetace je nutné se vyvarovat hnojení koncentrovanými hnojivy takzvaně „na široko“, neboť často dochází k popálení rostlin. Pokud dojde k popálení rostlin dochází k prodloužení vegetace, oddálení sklizně a zvyšuje se riziko poškození patogeny.

Vliv hnojení na výnosové prvky je v porovnání s ostatními obilovinami značně nižší. Hnojením za pomoci dusíku nejvíce ovlivníme počet zrn v palici (zejména počet zrn v řadě – délka palice) a dále hmotnost 1000 semen (Balík et al. 2001).

Kukuřice stejně tak jako okopaniny podle Zimolky et al. (2008) dobře využívá živiny z organických hnojiv, zejména se jedná o chlévský hnůj nebo kejdu. Hnojení za pomoci organických hnojiv se využívá výhradně na půdách s nižší sorpční schopností (aplikace průmyslových hnojiv by byla spojena s vyšším vyplavováním a tím by mohla kontaminovat vodní toky).

Dávky chlévského hnoje jsou podle Skládanky et al. (2014) na ha zhruba do 40 t. Vhodné je také používání močůvky, kdy dávka obsahu dusíku činí 40–70 t na ha. Kukuřici také považujeme za jednu z nevhodnějších plodin pro využívání kejdy, kterou můžeme aplikovat jak v podzimním, tak i v jarním období, popřípadě ji můžeme využít i v období vegetace k přihnojování. Rozhodujícími faktory o agrochemickém účinku kejdy jsou hlavně kvalita a podmínky za kterých je kejda aplikována. Je možné použít dávky kejdy skotu až 60–80 t na ha, kejdy prasat až 50–60 t na ha a kejdy drůbeže 20–25 t na ha. Kejdu (celková dávka dusíku z kejdy průměrně 150 kg.ha⁻¹) lze rozdělit do tří dávek (na podzim, před setím a při výšce porostu 30–70 cm) (Pangaribuan et al. 2018).

Hnojení kukuřice dusíkem (N)

Za nejdůležitější živinu pro růst a vývoj v systému pěstování kukuřice je považován dusík, neboť jeho klíčovou úlohou je tvorba chlorofylu a dále tvorba primární složky proteinů. Použití N hnojiv je proto nezbytné pro udržení vysoké produktivity a kvality rostlin. V první řadě se však klade důraz na optimalizaci výnosu kukuřice a minimalizaci nepříznivého dopadu na životní prostředí. Aplikace dusíkatých hnojiv v dávkách přesahující potřeby plodin může nepříznivě ovlivnit životní prostředí vyplavováním do podzemních vod či denitrifikací a těkáním do atmosféry (Alotaibi et al. 2018).

Není vhodné aplikovat celou dávku N jednorázově před setím, dochází poté k výrazným ztrátám vyplavením nitrátů nebo denitrifikacím. Nejvhodnějším způsobem je celkové dávky aplikovat za vegetace mezi řádky. Celková dávka dusíku činí 150–250 kg/ha⁻¹. Tato celková dávka může být podána ve třech termínech, na podzim na slámu, před setím a při výšce rostliny 30–70 cm aplikací kejdy či digestátu (Skládanka et al. 2014).

Aby nedocházelo k degradaci organické hmoty a udržela se trvalá úrodnost půd je důležité přesné stanovení obsahu N a jeho forem v půdě (Balík et al. 2012).

U kukuřice je zřejmé, že dávky dusíku v minerálních hnojivech by měly být aplikovány podle výnosu, dávky a kvality organického hnojení. Před setím jsou aplikována hnojiva s amonným a amidickým dusíkem, jedná se tedy o síran amonný či močovinu. Je tedy vhodné aplikovat hnojení během vegetace, aby nedocházelo k následným ztrátám N (Vaněk et al. 2016).

Podle Elteliba et al. (2006) po aplikaci dusíku dochází u kukuřice ke zvýšení výšky rostlin, průměru stonku, počtu listů a dále ke zvýšení bílkovin v biomase. Rostlina se slabě vyvíjí v případě, že je v půdním prostředí dusíku nedostatek. Při nedostatku dochází ke snížení počtu zrn v palici a ke zkrácení samotné délky palice (Zimolka et al. 2008).

Alotaibi et al. (2018) v průběhu 12 let prováděli studii a zjistili, že reakce kukuřice na dusíkatá hnojiva výrazně ovlivňuje texturu půdy. Vyšší výnosy zrn u kukuřice byly zpozorovány v půdách s hrubou texturou ve srovnání s výnosy v půdách s texturou jemnější. Nedávná studie v Kanadě odhalila, že textura půdy má významný vliv na produkci kukuřice. Dospěli tedy k závěru, že doporučené dávkování dusíku by mělo být založené na struktuře půdy.

V další studii bylo prokázáno, že různé dávky dusíku ovlivňují růst a výnosové prvky kukuřice. Nejvyšší rostliny byly hnojeny 92 kg N/ha a nejnižší rostliny nebyly hnojeny dusíkem. Nejdelší palice s nejvyšším počtem zrn byly získány z parcel hnojených 92 kg N/ha, kdežto nejkratší palice s nejnižším počtem zrn byly získány z parcel, kde nebyl N aplikován. Můžeme proto říct, že dávka dusíku 92 kg/ha má pozitivní vliv na výšku a výnos kukuřice (Woldesenbet & Haileyesus 2016).

Hnojení kukuřice fosforem (P₂O₅)

Podle Pereira et al. (2020) je fosfor považován za druhou velice důležitou živinu, kterou kukuřice nejvíce vyžaduje a která přímo ovlivňuje vývoj plodin a jejich výnos.

Zimolka et al. (2008) tvrdí, že kukuřice má vysoké nároky na fosfor zvláště v počátečních růstových fázích, proto je důležitý dostatečný obsah přijatého fosforu, který se nachází v okolí osiva již v počáteční fázi vegetace. Mezi vhodná tuhá vícesložková hnojiva fosforu patří Amofos.

Často je u P využíván způsob tzv. „hnojení pod patu“ (50 mm vedle osiva a 50 mm pod úroveň osiva) kdy dochází k aplikaci menšího množství hnojiva při setí do půdy blízko osiva. Tímto způsobem hnojení docílíme zkrácení vegetační doby, neboť v období počátečního růstu za nižších teplot rostliny obtížně přijímají dostatečné množství P z půdních zásob, čímž je poté zpomalen jejich růst (Skládanka et al. 2014).

Pokud by došlo ke špatnému dodržení vzdálenosti osiva a hnojiva od sebe došlo by poté ke špatné vzcházivosti rostlin. Pokud se naopak vzdálenosti zvýší, proběhne poté proces, při kterém se zásobování rostlin fosforem ztíží. Špinavě zeleným zbarvením pat stébel a listů u mladých rostlin se vyznačuje nedostatek fosforu, které často přechází i do červeného až fialového zbarvení (Balík et al. 2001).

Celosvětově za jednu z ekonomicky a ekologicky důležitých strategií zemědělského managementu pro produkci plodin se považuje udržitelné hnojení aplikací P. Většina půd

obsahuje značné množství celkového P, přesto jsou obsahy P pro rostliny nízké, neboť dochází k rychlému srážení a sorpci rozpustného P s reaktivními složkami půdy. Pro udržení ekonomické produktivity plodin je vyžadováno velké množství chemického hnojení, vzhledem k velmi nízké účinnosti fosforu pro optimální dostupnost (Ortas & Rafiqul 2018).

Vyšší míra aplikace P ovlivňuje a potlačuje biologickou aktivitu půdy, významně snižuje výskyt mykorrhizních spor na kořenech rostlin kukuřice. V několika studiích se uvádí, že při nízkých hladinách P je kolonizace hub na kořenech a obsah P v tkáních rostlin vysoký, avšak se zvyšujícími se hladinami se kolonizace hub na kořenech a obsah P v tkáních snižuje. Bylo prokázáno, že půdy hnojené P mají značně nízký počet spor.

Dále ve studii potvrzují Ortas & Rafiqul (2018), že 100 kg P₂O₅ ha⁻¹ je optimální pro dosažení téměř maximální produkce kukuřice (zhruba 95 %). Podobně na tom byl vztah mezi hnojením P a relativním výnosem, naznačoval že 90 % výnosu kukuřice bylo vyprodukováno, když byl P aplikován v množství 50 kg P₂O₅ ha⁻¹. Zatímco aplikace P významně zvýšila obsah N, P a K v listech, ale snížila naopak obsahy Zn, Fe a Mn v listech. Hnojení P však neovlivnilo obsah N a P v zru. Výsledky naznačují, že 100 kg P₂O₅ ha⁻¹ je optimální pro udržení úrodnosti pro podporu ekonomické produkce kukuřice.

Za jednu z nejvíce omezujících živin se podle Pereira et al. (2020) v systémech zemědělských plodin považuje fosfor. Na téměř 67 % světové půdy určené k produkci plodin se odhadují nedostatky P. Dále také účinnost využití P pro produkci zemědělských plodin je poměrně nízká, pohybuje se v rozmezí mezi 15–30 %. Minerální látky Fe a Al snižují dostupnost P, neboť dochází k vysrážení. Za největší fixaci P jsou zodpovědné jílové frakce, jako jsou amorfní hydratované oxidy Fe a Al. Dochází tedy k environmentálním problémům např. eutrofizace, globální oteplování či znečištění ovzduší, které mají negativní dopad na ekosystémy a lidské zdraví. Rostliny s intenzivním a krátkým vývojovým cyklem, jako je kukuřice vyžadují vyšší množství P v roztoku a rychlejší doplnění absorbovaného P.

Existuje řada studií, které uvádějí výhody hnojení P v rostlinách kukuřice. Bylo potvrzeno, že vyšší dostupnost P aplikací P₂O₅ podporuje počáteční vývoj kořenového systému, což se odrazilo na výnosu kukuřičného zrna. Dále byl potvrzen lepší růst rostlin po aplikaci fosforečného hnojiva do půdy, což bylo ověřeno lineárně rostoucí odezvou obsahu P v půdě. Kromě toho je také fosfor zodpovědný za transport a skladování energie pro endergonické procesy, jedná se o syntézu organických sloučenin a aktivní příjem živin (Pereira et al. 2020).

Hnojení kukuřice draslíkem (K₂O)

Draslík považujeme za jednu ze základních živin rostlin, které jsou základem produkce plodin a také stanovení kvality. Draslík je zapojen do mnoha fyziologických procesů. Například má vliv na vztah s vodou a fotosyntézou, na transport asimilátů. Aktivace enzymů může mít dokonce přímé důsledky na produktivitu plodin. Nedostatek draslíku může vést ke snížení počtu listů, ale také má vliv i na velikosti jednotlivých listů. Spojením sníženého množství fotosyntetického zdrojového materiálu a snížené rychlosti fotosyntézy na jednotku listové plochy dochází k celkovému snížení množství fotosyntetických asimilátů dostupných pro růst. Snížením produkce fotosyntetických asimilátů a následným snížením transportu asimilátů z listů do plodů dochází k negativním důsledkům, které mají vliv na výnos a kvalitu

produkce kukuřice. Abychom dosáhli zvýšené produktivity plodin a zlepšení kvality vyžaduje to buď zvýšení aplikace draslíku, nebo efektivnější využití draslíku (Pettigrew 2008).

Adnan (2020) zmiňuje, že během 38 až 52 dnů po zasetí vyžadují rostliny kukuřice celkový obsah draslíku až 38 % po celou dobu vegetace. Draslík má vliv na celkový výnos kukuřice. Hraje významnou roli při stimulaci enzymů, regulaci osmotického tlaku, fotosyntéze, pohybu průduchů, transportu floému, syntéze proteinů, přenosu energie, kation-aniontové rovnováže v půdě a také zlepšuje odolnost vůči stresu.

Podle Kandila et al. (2020) je draslík vysoce hojným kationtem v rostlinách a hraje hlavní roli v osmotické modifikaci. Pokud dojde k poklesu vody v rostlinách během období sucha, K může ovlivnit akumulaci rozpuštěných látek, snížení osmotického potenciálu těchto látek a následně zvýšit přítok vody. Absorpce dostatečného množství draslíku před suchem pomáhá rostlinám udržovat růst v období abiotického stresu.

V našich podmínkách kolísá celkový obsah draslíku mezi 0,05–3,2 %. Nejbohatší jsou z pravidla na draslík jílovité půdy. Draslík se nachází v půdách v různých sloučeninách, které lze rozdělit podle Čermáka et al. (2018) z hlediska přístupnosti a druhu sorpce rostlin na nevýměnný draslík, výměnný draslík a vodorozpustný draslík.

Podle Balíka et al. (2001) jsou nejvhodnějšími hnojivy draselné soli. Pokud bychom chtěli aplikovat vyšší dávky draslíku je nejvhodnější aplikace na podzim. Kukuřice na nedostatek draslíku reaguje výrazně rychleji než na nedostatek fosforu.

O aplikaci draselných hnojiv rozhoduje řada faktorů například obsah přístupného K v půdě, půdní vlastnosti či nároky pěstované plodiny. Draselná hnojiva jsou dobře rozpustná ve vodě, váží se na sorpční komplex a dochází k uvolňování kationtů do půdního roztoku. Nejčastěji využívaná draselná hnojiva jsou chloridového typu, neboť je lze využít k hnojení všech typů půd. Nedoporučuje se aplikace hnojiv na půdách silně kyselých s malým či žádným obsahem CaCO_3 . V případě citlivosti rostlin na chlór se doporučuje aplikace hnojiv s chloridovým typem na podzim (Kunzová 2010).

Nedostatek draslíku se projeví u kukuřice okrajovým žloutnutím starších listů, následným hnědnutím a nekrotizací. V případě, pokud se nejedná o hybridový znak, tak apikální část palice nebývá osázena semeny (Čermák et al. 2018).

V této studii byl sledován vliv kombinací různých hladin draselných a fosforečných hnojiv na výnos a výnosové vlastnosti kukuřice (*Zea mays* L.). Výsledky ukázaly, že vyšší dávky draselných i fosforečných hnojiv měly významný vliv na zvýšení hmotností klasů a počet zrn na klasu. Vliv draslíku byl jako jediný shledán nevýznamný pro výnos zrna kukuřice, ale v interakci s fosforem produkoval draslík lepší výnos. Podle Adnana (2020) je tedy K považován za nezbytně nutnou makroživinu pro správný růst, vývoj a udržitelný výnos plodin. Většina vědců uvedla, že aplikace 60 kg K/ha je nejlepší dávkou pro dosažení vyššího výnosu kukuřice, závisí však na typu odrůdy a půdě.

Nedostatkem K^+ u kukuřice může dojít ke zmenšení listové plochy, snížení počtu produkovaných listů nebo zmenšení velikosti jednotlivých listů. Menší plocha listů může vést ke zvýšené koncentraci buněčných složek, sacharidů nebo živin na dané jednotce listové plochy ve srovnání s listy s adekvátními hladinami K^+ . K dosažení nebo udržení maximálních výnosů kukuřice je často vyžadováno doplňkové hnojení K^+ , zejména na půdách s nízkou hladinou. Mnoho výzkumníků uvádí zvýšení výnosu kukuřice v reakci na hnojení K^+ . Avšak nebylo v této studii zjištěno, zda hnojení K^+ zlepšilo výnos zrna, ačkoli uváděli zvýšené

koncentrace K^+ v tkáních v důsledku hnojení. Část zvýšení výnosu kukuřice je způsobeno snížením poléhání stébel, zejména při použití vyšších dávek N. Hnojení K^+ také přispělo k větší velikost klasů a ke zvýšení výnosu zrna (Pettigrew 2008).

3.2.5 Ochrana porostu kukuřice

Podle Tursuna et al. (2016) mezi plodiny s nižší, popřípadě střední konkurenční schopností řadíme kukuřici, neboť zaplevelením dochází k výnosovým ztrátám. Podle Suchánka (2018) je ochrana proti plevelům velice důležitá a je nutné jí provádět v celém systému pěstování kukuřice. Velice často dochází ke konkurenci světla, živin a vody. Plevelé totiž berou rostlinám živiny a zvyšují riziko poléhání kukuřice. Dále se kukuřice špatně sklízí, pokud tedy nedochází k regulaci plevelů dochází ke ztrátám výnosu okolo 30–50 % (Winkler et al. 2020).

Na začátku pěstitelství byly využívány mechanické způsoby regulace plevelů, přičemž se jednalo o meziřádkovou kultivaci. Především se používaly nožové nebo rotační aktivní, pasivní plečky či vláčení. První zátah je potřeba provést naslepo, ideálně několik dnů po zasetí, kdy je délka klíčků cca 4 cm a většina plevelů je už vyklíčena. Výhodou tohoto způsobu likvidace plevelů je provzdušnění půdy a vytvoření příznivějších podmínek pro růst rostlin. Tento způsob likvidace plevelů je ale účinný pouze z cca 50 %, nicméně v dnešní době je meziřádková kultivace nahrazena účinnější aplikací, a to za pomoci herbicidů (Skládanka et al. 2014).

Na území České republiky je zaregistrován vysoký počet účinných herbicidů, které jsou schopné likvidace veškerých plevelů. Použití a výběr herbicidů závisí na pěstiteli s ohledem na použité technologie a vlastnosti pozemku. V současné době je ve ČR dostatečný počet herbicidů, který pokrývá téměř všechny druhy plevelů běžně se vyskytujících v kukuřici (Zimolka et al. 2008).

Podle Jursíka a Hírmanové (2022) agronomové začali kukuřici chránit proti zaplevelení pomocí aplikace herbicidů. Rozlišují se dva druhy:

- a) po zasetí před vzejitím Preemergentní aplikace – nejběžnější způsob ochrany kukuřice proti plevelům
- b) po vzejitím Postemergentní aplikace – ve fázi od vzejití do 2–3 listu kukuřice (aplikace druhu a dávky herbicidu závisí na stupni zaplevelení)

Zásadním faktorem preemergentní aplikace herbicidů je, aby byly aplikovány po zasetí, ale před vzejitím rostlin, což se předpokládá cca do tří dnů po zasetí. Tato aplikace se v dnešní době provádí především při velmi častém setí či při pěstování kukuřice ve vyšších a méně příznivých polohách. Plevelé lze spolehlivě likvidovat až do fáze cca šestého listu kukuřice pomocí postemergentní aplikace. Na většinu takto aplikovaných herbicidů je ale kukuřice však relativně citlivá, aplikace růstových herbicidů se provádí do čtyř listů. Postemergentní aplikace herbicidů se stává stále větší nutností, neboť dochází ke stálému se zvyšujícímu zaplevelení vytrvalými pleveli a postupnému vzcházení některých pozdních jarních plevelů jako je například ježatka kuří noha, merlíky nebo laskavce (Zimolka et al. 2008).

Podle Agro – BASF (2021) v posledních letech, začali pěstitelé používat postemergentní přípravky, neboť jarní počasí bývalo teplejší a sušší. Tato aplikace herbicidů má ale několik nevýhod. Například ve fázi vhodné k aplikaci už může být kukuřičný porost silně zaplevelený a tím omezený ve vývoji. Pokud jsou rostliny ve stresu např. ze sucha, mají tyto herbicidy horší selektivitu. Za neúčinnější variantu se považuje časně postemergentní aplikace herbicidů, která se provádí, když plevel vzchází nebo jsou v časných růstových fázích. V této době kukuřici nekonkurují a jejich škodlivost je nízká. Dochází ke kombinaci účinných látek přes listy, které zlikvidují první a nejsilnější plevel, s látkami působícími přes půdu, které zabrání vzcházení delších plevelů. Kombinací půdního a listového herbicidu dochází ke zvýšení rychlosti a spolehlivosti účinku, a navíc látky působí synergicky.

Mezi plevely se řadí i běžně se vyskytující rostliny, které se nachází například na mezích. Pro tyto rostliny je typické snadné rozmnožování. Řadíme sem rostliny z čeledi hvězdčovitých např. lopuch plstnatý, bodlák obecný, pcháč oset, pampeliška lékařská nebo pelyněk černobýl (Suchánek 2020).

Mezi dominantní plevely řadíme merlíky, rdesna, laskavce a prosovitě trávy nejčastěji ježatku kuří nohu. Je ale nutné vědět, že ohrožení s sebou přináší i jarní pozdní plevel. Jedná se především o bažanku roční či durman obecný, tyto plevely jsou odolnější proti preemergentním herbicidům, neboť vzcházejí z poměrně velké hloubky. Dále se mohou také objevovat vytrvalé plevely, které je nutné likvidovat v meziporostním období, jedná se např. o svačec rolní, pýr plazivý či pcháč rolní (Jursík & Hiřmanová 2022).

Cuttule et al. (2018) se zabývali účinkem herbicidů mesotrion, topamezon, nicosulfuron a atrazin, které byly aplikovány se safenerem isoxadifen-ethyl či bez něj. Zjišťovalo se, jak tyto herbicidy ovlivňují nutriční kvalitu kukuřice (*Zea mays* L. var. *rugosa*). Bylo zjištěno, že řada herbicidních ošetření zvýšila příjem minerálních látek o 8–75 %, jednalo se především o fosfor, hořčík a mangan. Dále všechny herbicidy měly vliv na obsah bílkovin, kdy došlo ke zvýšení obsahu o 4–12 %. Při aplikaci isoxadifenu-ethylenu došlo ke zvýšení mastných kyselin o 8–44 %. Nicosulfuron a isoxadifen-ethyl nebo topamezon, či kombinace všech tří aktivních látek došlo ke zvýšení hladin fruktózy a glukózy zhruba na 40–68 %. Narušení biochemických drah v rostlinách důsledkem aplikace herbicidů, safenerů či jiných pesticidů má pozitivní vliv na změnu kvality živin kukuřice.

3.2.6 Rizika a nevýhody pěstování kukuřice

Jako většina pěstovaných plodin, tak ani pěstování kukuřice se podle Zimové a Nedělníka (2022) neobejde bez chorob a škůdců. Nejčastěji se v našich podmínkách setkáváme s chorobami houbového původu. Virózy ani bakteriózy nemají prozatím velký význam v pěstování kukuřice. Nejčastěji lze v porostech kukuřice sledovat rzivost kukuřice, obecnou listovou spálu kukuřice, obecnou snětivost kukuřice a helmintosporiovou skvrnitost kukuřice. Vlivem změn klimatu v posledních desetiletích dochází k nárůstu tzv. fuzarióz a bělorůžové hniloby obilky kukuřice, které jsou způsobeny houbovými patogeny rodu *Fusarium*. Tyto houbové patogeny napadají všechny části rostlin od kořene, stébla, listů až po palice.

V kukuřičné výrobní oblasti s vysokou koncentrací v osevním postupu se jedná o plodinu, která je významně poškozována jedním až třemi škůdci. V poslední době dochází

k nárůstu napadení kukuřice patogeny, které mohou vyvolat choroby hospodářského významu. V současné době je v České republice zjištěno kolem 47 patogenů, které způsobují choroby kukuřice. Jedná se především o viry, bakterie a houby (Tóth & Kmoch 2016).

Z hlediska rizika šíření škůdců je podle Kazdy et al. (2010) nevhodné pěstování kukuřice na stejném pozemku několik let po sobě. Kompenzační schopnosti kukuřice jsou zpočátku vegetace nízké, neboť porost se zapojuje pomalu, ale pokud by došlo k napadení patogenem mohly by nastat vysoké výnosové ztráty. Často se po sklizni nepodaří zlikvidovat posklizňové zbytky, přičemž tyto nerozložené části rostlin slouží jako ideální místo pro přezimování škůdců a fytopatogenních mikroorganismů a jsou v posledních letech příčinou silného rozšíření škodlivých organismů.

Globální změnou klimatu podle Miedanera & Juroszeka (2021) dochází k ohrožení produktivity kukuřice. Především v severozápadní Evropě bude klima v období pěstování plodin teplejší a sušší. Obecně platí, že severnější regiony budou mít prospěch, zatímco jižnější regiony budou trpět suboptimálními podmínkami pro zemědělství. Abychom dosáhli stability výnosu je důležité šlechtění odrůd kukuřice na odolnost proti již existujícím a dále nově vzniklým chorobám a hmyzím škůdcům. Budou vyžadovány průběžné úpravy šlechtitelských strategií odolnosti vůči chorobám. Dále se musí výrazně zlepšit odolnost vůči hmyzím škůdcům, neboť během vyšších teplot podnebí bude hmyz způsobovat přímé (např. sání) či nepřímé škodlivé účinky. Je tedy zapotřebí u odrůd kukuřice kombinovat odolnost vůči chorobám i odolnost vůči hmyzu.

3.2.6.1 Škůdci kukuřice

Zavíječ kukuřičný (*Ostrinia nubilalis*)

Mezi nejvýznamnější škůdce kukuřice v České republice řadíme zavíječe kukuřičného (*Ostrinia nubilalis*). Jedná se o motýla s hnědožlutým zbarvením a s rozpětím křídel okolo 3 cm, jehož housenky mají šedobéžové zbarvení a před kuklením dosahují 2,5 cm (Skládanka et al. 2014).

Podle Bagara (2022) patří zavíječ kukuřičný dlouhodobě k významným škůdcům kukuřice. Ztráty mohou při intenzivním napadením dosahovat až 15–30 %. Škodlivost se na rostlinách projevuje v první řadě oslabením rostlin, neboť dochází k poškození cévních svazků, dále k poškození stébel, což má za následek ztráty při sklizni. V neposlední řadě požerky způsobené housenkami slouží jako vstupní brány pro houbové patogeny, zejména rodu *Fusarium*, které mají za následek kontaminaci píce mykotoxiny (Skládanka et al. 2014).

Od poloviny června se začínají líhnout motýli zavíječe kukuřičného, v oblastech s vyšší teplotou to může být i dříve. Zhruba v červenci probíhá hlavní let a záchyty trvají v posledních letech až do konce srpna, občas se objevují motýli i v září. Na listy kukuřice samičky kladou vajíčka a po vylíhnutí se housenky postupně zažirají do stébel, popřípadě palic rostlin. Koncem léta se dospělé housenky přemísťují do spodní části rostlin, kde dochází k přezimování ve zbytcích na poli. Obvykle ve druhé polovině května dochází ke kuklení (Bagar 2022).

Podle Kolaříka (2020) početnost tohoto škůdce ovlivňuje průběh povětrnostních podmínek. Velký počet housenek se objevuje, pokud je teplota vysoká a vzdušná vlhkost je vhodná pro naklazení vajíček. Naopak suché počasí způsobuje mortalitu mladých housenek.

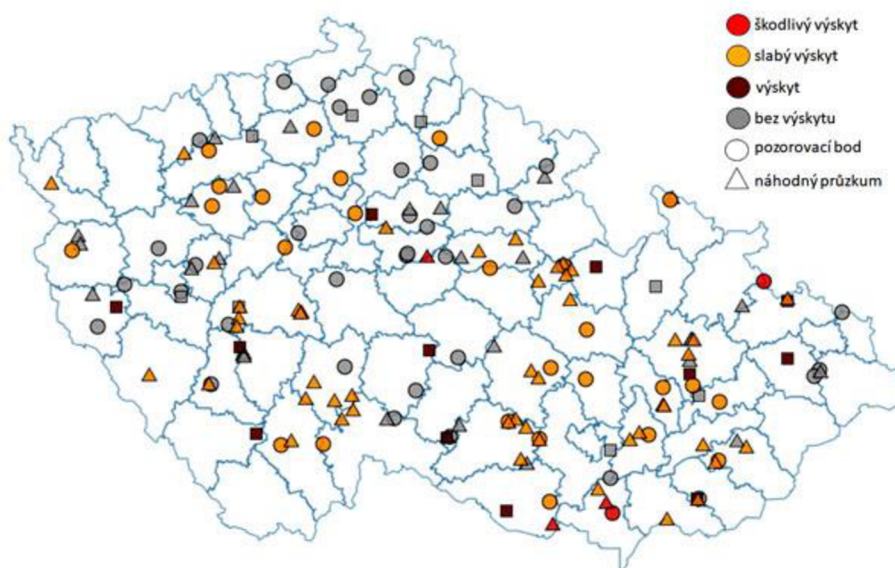
Významnou roli v ochraně kukuřice před zavíječem kukuřičným hrají agrotechnická opatření. Množení škůdců podporuje vysoké zastoupení kukuřice v osevním postupu či časté opakování pěstování kukuřice po kukuřici, nebo jen v blízkosti. Podnik se bohužel těmto situacím nevyhne v případě, pokud je potřeba zajistit krmivo pro dobytek, nebo pokud je omezen protierozními opatřeními na pěstování kukuřice. Kultivační zásahy mají významný vliv na omezení přezimování housenek, jedná se především o hlubokou orbu, která může až o 80 % snížit počet housenek. Nicméně kultivační zásahy jsou proti modernímu pěstebnímu systému, neboť mají negativní vliv na strukturu půdy. Doporučuje se na omezení housenek zavíječe metoda drčení či rozřezání posklizňových zbytků kukuřice, zejména u kukuřice na zrno. Je třeba proto klást důraz na přímou ochranu kukuřice před zavíječem kukuřičným. Můžeme zde využít možnosti chemického ošetření, či biologické metody ochrany. Mezi chemické prostředky řadíme pyrethroidy, které ale v době vysokých teplot nevykazují vyhovující účinnost. Dále tam spadá skupina třech účinných látek chlorantraniliprole, indoxacarb, tebufenozide, které při správné aplikaci vykazují dostatečnou účinnost. Nevýhodou těchto chemických přípravků je, že se ošetření provádí v době již poměrně vzrostlého porostu kukuřice. Dále je nutné vzít v potaz, že u tohoto typu přípravků bude v letech 2023–2025 končit platnost (Bagar 2022).

Podle Bzowska – Bakalarz (2020) je důležitá minimalizace používání chemikálií a jejich nahrazování biologickou ochranou rostlin. Mnoho výzkumníků poukazuje na rozvíjející se metodu ochrany kukuřice, jedná se o technologie biologické ochrany, která je založena na využití parazitické chalcidky rodu *Trichogramma* spp. k regulaci *Ostrinia nubilalis* v kukuřici. Nicméně aplikace ukázala, že tato metoda je jak časově, tak energeticky náročná a přípravky jsou stále ve fázi vývoje. Metoda využívá drobného parazitoidea – chalcidku rodu *Trichogramma*, která velice efektivně parazituje na vajíčkách zavíječe. Samičky chalcidky vyhledávají vajíčka zavíječů a do nich kladou svá vajíčka, čímž larvu zavíječe zahubí. Přípravky jsou určeny pro ruční či strojní aplikaci, která se provádí na začátku líhnutí vajíček zavíječe. V posledních letech se účinnost tohoto biopesticidu pohybovala okolo 60–85 %. Byl zpozorován významný pokles počtu škod na kukuřici způsobených zavíječem. Navíc na biologicky chráněných půdách byl zaznamenán pokles obsahu mykotoxinu v jádrech kukuřice zhruba o 35 %. Výnos kukuřice byl výrazně vyšší o 20 % v porovnání kde nebyla použita tato ochrana.

Podle Boumy (2017) je také důležité provádět monitoring letu zavíječe kukuřičného, který je signalizován pomocí světelného lapače, který umístíme k porostu kukuřice v období od poloviny června. Od června až do srpna bude zavíječ naletovat v noci do lapače. Zhruba týden po zjištění bude dojde k termínu aplikace insekticidů. Na webových stránkách Ústředního a zkušebního ústavu zemědělského můžeme sledovat výsledky monitoringu letové aktivity zavíječe kukuřičného (Kolařík 2020).

V našich podmínkách podle (Bagara 2022) má zavíječ kukuřičný pouze jednu generaci. V oblastech jižní Evropy mohou být generace dvě, jedná se například o Maďarsko, jižní Slovensko či jižní Německo, nebo dokonce v Itálii mohou být generace tři. V posledních letech, a to především v částech jižní Moravy se i u nás objevují nálety pozdější generace motýlů, jedná se o jedince druhé generace. To bylo potvrzeno nálezy mladých housenek v Uherském Ostrohu koncem srpna a začátkem září. Záchyt druhé generace v Oblekovic u Znojma už byl zdaleka významnější. Do budoucna bude proto nutné vzít tyto posuny v úvahu při plánování ochrany kukuřice. Zobrazení výskytu intenzity zavíječe kukuřičného je znázorněno na Obrázku č. 3,

přičemž v místech se slabým výskytem došlo k méně než 20% poškození, naopak v místech se škodlivým výskytem došlo k více než 20 % poškození rostlin kukuřice (Radová 2021).



Obrázek č. 3: **Zobrazení intenzity výskytu Zavíječe kukuřičného v jednotlivých okresech v ČR v roce 2020** (Radová 2021).

Bázlivec kukuřičný (*Diabrotica virgifera virgifera*)

Dospělci bázlivce kukuřičného dosahují 4–7 mm a mají žluté zbarvení s černými krovkami. Podle kratších tykadél a třech podélných pruhů na krovkách lze rozeznat samičky od samečků. Vajíčka přezimují v hloubce 15 cm, maximálně do 35 cm. Průběh zimy, kdy teploty klesnou až k $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ mohou ovlivnit mortalitu vajíček, neboť mrazy, které přetrvávají alespoň týden sniží až o 50 % líhnutí vajíček. Pokud mrazy trvají dva týdny zvyšuje se mortalita na 75 %, pokud by teplota klesla na $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$, tak by v tomto případě mortalita vajíček vzrostla až na 95 % (Kolařík & Kolaříková 2021).

Bázlivec kukuřičný (*Diabrotica virgifera virgifera*) je podle Weie et al. (2018) stejně jako zavíječ kukuřičný považován za škůdce kukuřice v Evropě i v Severní Americe. Hospodářské škody způsobují jak larvy, tak i dospělci, kromě kukuřice se tento škůdce může objevit i na některých plevelných rostlinách. Snížení vstřebávání vody a živin a následné polehání rostlin je způsobeno larvami, které se živí kořeny kukuřice, což zraňuje a poškozuje kořenový systém. Přičemž poraněné oblasti vytvářejí ideální vstupní bránu pro patogeny. Byla již prokázána souvislost mezi napadením těmito škůdci a přítomností fuzarióz (Zimová & Nedělník 2022).

Podle Kolaříka a Kolaříkové (2021) v jarním období larvy migrují ke kořenům rostlin, kde způsobují požerky. Vyvrácení rostlin či přímo jejich úhyn je způsobeno destrukcí kořenového systému, což mají za následek larvy při silném napadení kukuřice. Bliznami a pylem se živí dospělci bázlivce, kteří mohou v pozdějších vývojových fázích způsobit škody i na palicích kukuřice, kde způsobují nepravidelnou hluchost klasu. Ke snížení výnosu zrna dochází v případě při částečné regeneraci kořenového systému u poškozených rostlin. Ke snížení výnosu silážní hmoty dochází, pokud porosty kukuřice byly silně poškozeny. Při opakovaném pěstování kukuřice, nebo při jejím pěstování v sousedství dochází

ke zvyšování výskytu bázlivce. Dospělci se po odkvětu kukuřice živí na jiných rostlinách, jedná se především o rostliny z čeledi tykvovitých nebo hvězdnicovitých. Larvy poté považují za hostitelské rostliny trávy, a to hlavně různé druhy bérů. Nicméně hostitelské rostliny bázlivci neposkytují vhodné podmínky pro přemnožení, přičemž kukuřice ano. Dospělci bázlivce jsou velice mobilní, neboť dokážou migrovat až 40 km (ÚKZÚZ 2023a).

Máme několik metod monitoringu pro bázlivce v kukuřičném porostu. Mezi nejčastější a nejjednodušší způsoby monitoringu patří vizuální sledování dospělců na porostu rostlin na přelomu červen/červenec. Dochází ke spočítání dospělců bázlivce na 10 rostlinách v řádku za sebou na několika různých místech (Kolařík & Kolaříková 2021).

Další možností k sledování bázlivce je použití různých feromonových lapačů (např. typ Csalomon PAL). Jedná se o syntetický feromon samiček, který přitahuje samečky bázlivce, kteří jsou poté zachycováni na lepových deskách (Kolařík & Rotrekl 2013).

Mezi další způsoby monitoringu dospělců bázlivce patří podle Kolaříka a Kolaříkové (2021) žluté lepové desky, které jsou natřené nevysychavým lepidlem a následně zavěšeny na rostlinách kukuřice. Na lepových páskách jsou poté zachytávány samčí a samičí dospělci škůdce. Metoda půdních výkopků u kukuřice se zabývá sledováním přítomností larev a stupněm poškození kořenů. Napadené kořeny poté lze rozdělit podle stupnice IOWA do 6 skupin dle procentického rozsahu poškození.

Podle Gassmanna (2021) se od roku 2003 používá transgenní typ kukuřice, který produkuje insekticidní toxiny z bakterie *Bacillus thuringiensis* (Bt), tyto toxiny slouží k hubení larev bázlivce. V roce 2009 byly ale objeveny první případy rezistence bázlivce vůči Bt kukuřici, která produkovala toxin Cry3Bb1. Od této doby se rezistence bázlivce vůči Bt kukuřici rozšířila do více oblastí, nicméně některé populace bázlivců vykazovaly rezistence vůči všem Bt vlastnostem. Používáním půdního insekticidu s non-Bt kukuřicí by mělo pomoci oddálit vývoj rezistence.

Podle Kolaříka a Kolaříkové (2021) je z hlediska životního prostředí způsob ochrany dodržování osevních sledů považován za zásadní a finančně nejméně náročný. Pokud by nedocházelo k pěstování kukuřice po sobě v několikaletých sledech, neměly by poté larvy bázlivců zdroj potravy. Například různé druhy bérů mohou sloužit jako náhradní plodiny na kterých se larvy můžou vyvíjet, i přesto by docházelo ke značnému oslabení populace v porostech kukuřice. Další nepřímou ochranou je zpracování půdy neboli orba či průběh povětrnostních podmínek v daném roce. Jedná se především o dešetravající mrazy, kdy může dojít k velice vysoké mortalitě nakladených vajíček. Dále pak termín setí kukuřice ve vztahu k líhnutí larev či struktura půdy v dané pěstitelské oblasti. Nejlepší ochranou je však pěstovat přirozeně odolné hybridy (Zimolka et al. 2008).

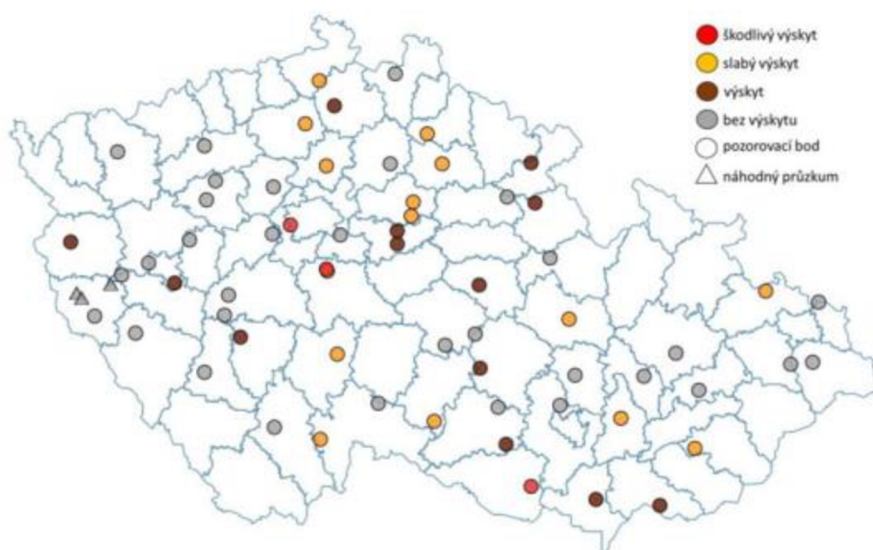
Metody přímé ochrany podle Kolaříka a Kolaříkové (2021) využívají přípravky určené jak proti larvám, tak proti dospělcům. Lze využít fumigační půdní přípravky Force 1,5 G, SoilGuard 0,5 GR, Teflix, Force Evo (tefluthrin) v jejich registrovaných dávkách pro ochranu proti larvám. Granule se zapravují do půdy s osivem při setí kukuřice, přičemž je nutné mít speciální aplikátory pro tento granulový insekticid. Dále lze použít osivo ošetřené insekticidně mořidlem Force 20 CS. U tohoto typu ochrany je biologická účinnost cca 4–6 týdnů, nicméně pokud v tomto období nebudou vylíhlé larvy bázlivce, tak se bude biologická účinnost této ochrany snižovat. Lze proti larvám bázlivce použít i systém biologické ochrany v podobě přípravku Dianem. Tento přípravek obsahuje parazitické hlístice *Heterorhabditis*

bacteriophora, které parazitují v larvách i kuklách bázlivce. Aplikace se provádí přímo do řádku při setí kukuřice a pro maximální účinnost je důležité dodržet všechna doporučení v příbalovém letáku.

Podle Weie et al. (2018) transgenní rostliny kukuřice, které produkují insekticidní proteiny *Bacillus thuringiensis* (Bt) sloužily jako ochrana proti bázlivci, nicméně vývoj rezistence snížil jejich účinnost. Byl proto objeven nový insekticidní protein IP-47Aa, který byl izolován z *Pseudomonas mosselii*. Rekombinantní PIP-47Aa zabijí dva další škůdce bázlivce kukuřičného (*Diabrotica barberi* a *Diabrotica undecimpunctata howardi*) dále také (*Diabrotica speciosa* a *Phyllotreta cruciferae*). Transgenní rostliny kukuřice, které produkují insekticidní proteiny PIP-47Aa vykazují významnou ochranu před poškozením kořenů bázlivcem. Výsledky tedy naznačují, že PIP-47Aa je nový účinný insekticidní protein proti škůdcům bázlivce kukuřičného.

V České republice byl podle ÚKZÚZ (2023a) bázlivec kukuřičný poprvé zpozorován v roce 2002 na jižní Moravě. I přes mimořádná opatření došlo k jeho postupnému šíření na další území.

V r. 2021 probíhal monitoring v porostech kukuřice na 71 pozorovacích bodech, které jsou znázorněny na Obrázku č. 4. V okrese Břeclav (Velké Pavlovice) byl zaznamenán první výskyt dospělců bázlivce. Od poloviny července byl výskyt zaznamenán také v okresech Brno-venkov, Třebíč, Hodonín, Zlín, Jičín, Chrudim. Od poloviny srpna byl zaznamenán silný výskyt v okrese Znojmo a na Chrudimsku (České Lhotice) byl zaznamenán nejvyšší počet dospělců bázlivce, jednalo se o 842 ks. U 31 pozorovacích bodů byly hlášeny porosty kukuřice bez výskytu dospělců (ÚKZÚZ 2022b).



Obrázek č. 4: Zobrazení intenzity výskytu Bázlivce kukuřičného v jednotlivých okresech v ČR v roce 2021 (ÚKZÚZ 2022b).

Drátovci (*Agriotes* spp.)

Podle Tótha (2019) v důležitém období roku pro zemědělce (jaro a podzim) dochází k významnému poškození polyfágními škůdci mezi které řadíme larvy kovaříkovitých brouků, kteří se také lidově nazývají „drátovci“. Tito brouci způsobují významné škody v zemědělství a řadíme je do rodu *Agriotes*. Jedná se například o kovaříka obilného, kovaříka začoudlého či kovaříka malého. Larvy dorůstají délky 25 mm a mají podlouhlé, válcovité tělo se žlutohnědým až tmavě rezavým zabarvením, jejich povrch těla je tvrdý, hladký a lesklý a tvoří 3 páry končetin (ÚKZÚZ 2023b).

Podle Bootha et al. (2022) larvy kovaříkovitých poškozují kořeny, stonky a další části rostlin, které lze sklízet, přičemž dochází ke snížení jejich výnosu a následnému snížení prodejní hodnoty plodin. V závislosti na oblasti je různá hrozba rizika drátovců pro kukuřici, při dostatečně husté populaci drátovců to může vést i ke ztrátě celých rostlin. V posledních letech dochází k významnému vzestupu drátovců. Příčiny jejich vzestupu souvisí s minimalizačním zpracováním půdy a změnou struktury rostlinné výroby. Větší množství nerozložených zbytků rostlin je způsobeno zvýšením ploch kukuřice, tyto rostlinné zbytky slouží jako zdroj potravy pro drátovce během jejich víceletého vývoje. Zprvu se vylíhlé larvy živí humusem a poté rostlinnými zbytky a podzemními částmi rostlin. V polovině května dochází k oplodnění, kdy samičky nakladou vajíčka do půdy na hustě obsetých polích, neboť vajíčka pro vývoj potřebují velice vysokou vlhkost, která by měla být nad 90 % (Tancik 2022).

Podle ÚKZÚZ (2023b) může dojít k poškození jednotlivých rostlin až po zničení celého pole (90 %). Drátovci nejčastěji poškozují klíčící a vzházející rostliny, což se často projeví jejich vadnutím a usycháním. Zprvu dochází k poškození rostlin vyžíráním klíčících semen a později k okousání kořínků, kořenových krčků a báze rostlin do stádia 4.listu (Saussure et al. 2015).

Období od poloviny dubna do poloviny května se jeví jako kritické stádium pro kukuřici, jedná se o období od klíčení po vytvoření několika listů. Výrazné škody na kukuřici nastávají v časných termínech setby do chladné půdy, což má vliv na zvýšené napadení kořenů mladých rostlin drátovci. Je proto důležité vysít kukuřici nejprve na pozemcích s nejnižší hustotou škůdců a až poté na plochách, kde se larvy vyskytují nejvíce na 1 m². Největší škody jsou často na vlhčích lokalitách a dále na polích, kde jsou špatně provedeny agrotechnická opatření (Tancik 2022).

Kontrola populací drátovců je podle Bootha et al. (2022) náročná kvůli existujícím generacím v půdě, to znamená, že likvidace dospělců před snesením vajíček není okamžitě účinná. Může trvat až několik let, než se objeví všechny existující půdní larvy, které způsobují poškození plodin. Kvůli schopnosti migrovat z jiných oblastí je obtížné snížit populace dospělých drátovců. Feromonové pasti se jeví jako slibná metoda, která by mohla vést k účinnému snížení populace.

Používají se potravní návnady ke zjištění počtu drátovců v půdě, abychom dosáhli správné funkčnosti metody, je důležitou podmínkou vyšší teplota půdy nad 9 °C a dále vyšší vlhkost půdy. Nejprve dochází na pozemcích k odplevelení plochy po 1 m², a poté se na těchto plochách o stranách 0,6 x 0,6 x 0,6 m zahrne do hloubky 10 cm hrst směsi pšenice a kukuřice. Na každou návnadu se položí plastová černá či průhledná fólie. Ke kontrole počtu drátovců dochází po 4–5 dnech, a zjištěný počet drátovců odpovídá na plochu 1 m². Lze použít i metodu

půdních výkopů, která se provádí na podzim při teplotě 9 °C v hloubce 10 cm. Půdní sondy se poté na pozemcích rozmísťují šachovnicovitě na vlhčích zaplevelených místech a počítají se všechny nalezené larvy (ÚKZÚZ 2023b).

Abychom dosáhli účinné ochrany proti drátovcům je podle Tancika (2022) důležitá kombinace biologických, agrotechnických a chemických opatření v rámci integrované ochrany rostlin, přitom největší vliv mají preventivní opatření. Za velmi významná opatření při rozmnožování drátovců jsou považována agrotechnická opatření. Mezi tato opatření patří např. správný osevní postup, obrábění půdy (hluboká orba), včasná podmítka a zaorání posklizňových zbytků, termín a způsob setí, likvidace plevelů či zavlažování. Abychom zabránili přemnožení tohoto škůdce je důležitý osevní postup, který spočívá ve střídání obilovin pěstovaných pouze jeden rok s okopaninami. Pokud na jednom poli budeme pěstovat v prvním a třetím roce obiloviny a v druhém roce okopaniny populace drátovců se sníží o 77 % ve srovnání s polem, kde se obiloviny pěstovaly tři roky po sobě. Další nejdůležitější agrotechnické opatření se týká podmítka po sklizni obilovin. Pokud se provede podmítka, tak se v následujícím roce sníží počet larev drátovců až čtyřikrát. Na podzim se provádí aplikace přípravků do půdy na bázi entomoparazitických háďátek z rodu *Steinernema*. Na podzim i na jaře lze použít přípravky na bázi entomopatogenních hub. Jedná se např. o *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* a bakterie *Bacillus thuringiensis* ssp. *tenebrionis*, *Bacillus pumilus*, *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus psychrodurans*.

Abychom přispěli k regulaci hmyzích škůdců, či nahradili chemické postřiky, které jsou nešetrné k životnímu prostředí, tak dochází k bioaugmentaci. Jedná se o zavedení určitých rostlin či prospěšných mikroorganismů do rhizosféry. V řadě laboratorních experimentů byla sledována virulence drátovců a vlastnosti entomopatogenních hub. Jednalo se o ekologicky získané *Metarhizium brunneum*, *Metarhizium robertsii* a *Bauveria brongniartii* a komerčně regulované *Beauveria bassiana* a *Bacillus thuringiensis*. Tyto zkoumané entomopatogenní houby vykazovaly mnohostranné funkce. Například se jednalo o patogenitu pro drátovce, schopnost rhizosféry a účinky na podporu růstu rostlin kukuřice. Odpuzování hmyzu pomocí houbové rhizosféry může být mechanismem pro nárůst rostlinné biomasy. Schopnost těchto testovaných hub by mohla zlepšit porost, robustnost a přispět k odolnosti proti stresu mladých rostlin kukuřice (Razinger et al. 2020).

3.2.6.2 Choroby kukuřice

V našich podmínkách se podle Zimové a Nedělníka (2022) nejčastěji setkáváme především s chorobami kukuřice houbového původu. Nejčastěji lze v porostech kukuřice pozorovat obecnou snětivost kukuřice, rzivost kukuřice, obecnou listovou spálu kukuřice a helmintosporiovou skvrnitost kukuřice. V posledních letech vzhledem ke změnám klimatu dochází k nárůstu tzv. fuzarióz a bělorůžové hniloby obilok kukuřice. Tyto houbové patogeny jsou způsobeny rodem *Fusarium* a mohou napadat všechny části rostlin. Obecně platí, že tato onemocnění kukuřice běžně způsobují velké ztráty výnosu (Mueller et al. 2016).

Významnou hrozbou pro ekonomické ztráty a produkci v celosvětovém zemědělství jsou podle Mishra et al. (2020) považovány choroby rostlin. Choroby rostlin totiž vykazují velice významný negativní dopad na pěstování plodin. Velice významnou roli v předpovědi chorob rostlin hraje sledování a predikce podmínek pěstování. Nedávný přístup k chytrým

zařazením nám umožnil automatickou diagnostiku chorob kukuřice a následné předcházení ztrátám. Automatizovaný systém je tedy nezbytný pro předpovídání chorob plodin, jehož cílem je pomoci zemědělcům předvídat šíření chorob a poškození rostlin. Modely Machine Learning (ML) a Deep Learning (DL) efektivně fungují při predikci chorob kukuřice. DL však pracuje s rozsáhlými soubory dat a poskytuje vyšší přesnost předpovědi ve srovnání s ostatními přístupy. Tato komplexní analýza pojednává o různých technikách výběru vlastností, klasifikací pro predikci chorob kukuřice. Zahrnuje to zpracování, výběr prvků, extrakci prvků a kvalifikační přístupy. Dochází k zachycování statistických informací a vybírají se funkce, aby došlo ke zvýšení přednosti klasifikace. Cílem této studie je předpověď chorob kukuřice z listů. Modely jsou schopné fungovat na samostatných chytrých zařízeních, jako je chytrý telefon či drony (Ashwini & Sellam 2022).

Obecná snětivost kukuřice (*Ustilago maydis*)

Mezi jednu z nejrozšířenějších chorob kukuřice podle Víchové (2020) řadíme obecnou snětivost kukuřice, dříve také pod názvem sněť kukuřičná, která je způsobená patogenní houbou *Ustilago maydis*. Jedná se o saproparazitického patogena, který je schopen se žít živou i odumřelou organickou hmotou a který je schopen infikovat kukuřici po celou vegetační dobu. Patogen je řazen do třídy stopkovýtrusných hub (*Basidiomycetes*) a řádu snětí (*Ustilaginales*). V současnosti se jedná o nejrozšířenější chorobu kukuřice nejen v České republice, ale také v ostatních oblastech světa, kde se kukuřice pěstuje (Tóth & Kmoch 2016).

Podle Yue et al. (2023) je *Ustilago maydis* biotrofní fytopatogenní houba schopná infikovat všechny nadzemní orgány kukuřice. Dochází k produkci efektorů a sekretovaných proteinů a dále také metabolitů, které jsou podobné surfaktantům. S jeho patogenitou je navíc spojena i tvorba melaninu a nosičů železa. Tímto onemocněním dochází k zabránění růstu rostlin a snížení jejich výnosu, což vede k ekonomickým ztrátám. Interakcí kukuřice a *Ustilago maydis* dochází k účinkům na buněčné a molekulární úrovni, což vede k fyziologii hostitelské buňky a metabolickým poruchám, které se projevují jako charakteristické nádory tvořené různými hostitelskými orgány.

Podle Zimové a Nedělníka (2022) jsou příznakem obecné snětivosti kukuřice vytvářející se hálky (nádory) na palicích, které dosahují různých tvarů a velikostí. Zpočátku jsou hálky zbarvené do světle šedé barvy a na slunci mohou mít lehce stříbřitý lesk. Nejčastěji vznikají na stoncích, ale mohou se vytvořit i na jakékoliv části rostliny kukuřice. Po dozrání šedá blána praská a z hálky vynáší hnědé až černé chlamydozpy, které jsou nejprve mazlavé a poté prášivé. Chlamydozpy nadále přetrvávají v půdě či na posklizňových zbytcích. Jejich životnost závisí na přístupu kyslíku, to znamená čím blíže jsou povrchu, tím déle jsou schopné klíčit a infikovat další plodiny. V místě mechanického poškození rostliny hálkou mohou vznikat druhotné infekce. Nejčastěji k symptomům napadení dochází v období suchého léta po vydatném dešti, kdy jsou buňky stresované suchem a začnou rychle nabírat vodu a změnou vnitřního napětí začnou prskat. Vzniknou místa, která jsou označována jako vstupní brány pro infekce. Dalšími branami infekcí mohou být různá poškození pletiv např. bzunkou ječnou, zvěří, kroupami, větrem apod. (Víchová 2020).

Ochrana podle Tótha a Kmocha (2016) spočívá v základních pravidlech správné zemědělské praxe, jedná se relativně o jednoduché zásady, které je v současné době někdy

obtížné dodržet. Abychom zabránili výskytu tohoto patogena je důležité důkladné zapravení posklizňových zbytků orbou, dodržování osevních postupů a omezení pěstování kukuřice na stejných pozemcích několik sezón po sobě. Cílená aplikace je téměř nemožná a regulace fungicidy velmi omezená, neboť počáteční napadení kukuřice je nepozorovatelné. Aktuálně není v ČR registrován žádný jiný fungicid proti obecné snětivosti, kromě přípravku Lumiflex (ipconazole), který nabízí pouze moření osiva, nicméně postrádá smysl. Do budoucna budou nejvíce použitelné šlechtěné hybridy s vyšší odolností proti snětivosti kukuřice (Zimová & Nedělník 2022).

Obecná snětivost kukuřice způsobená *Ustilago maydis* podle Merkevičiūte – Venslové et al. (2023) snižuje výnos i kvalitu kukuřičné píce. Několik studií se pokusilo prozkoumat vliv aerobní expozice na nutriční hodnotu zrna a aerobní stabilitu siláže, která byla připravena z kukuřice napadené snětí. Jednotlivé rostliny byly sklizené celé ručně a následně rozděleny do tří ošetření 0 % infikovaných, 50 % infikovaných a 100 % infikovaných. Čerstvá píce byla silážovaná trojmo po dobu 90 dnů a aerobní expozice trvala 28 dní. Byly použity kalibrační rovnice blízké infračervené spektroskopie (NIRS) pro odhad kvalitativních ukazatelů píce. Bylo zjištěno, že siláž připravená ze 100% infikované kukuřice snětí měla horší kvalitu. Jednalo se o nízký obsah sušiny, zvýšené pH a nízké množství škrobu. Dále siláž připravená z kukuřice, která byla z 50 % napadená snětí nevykazovala významné kvalitativní změny. Měla o něco horší kvalitu siláže než siláž připravená z kukuřice bez snětí. Celkově siláž, která byla připravená z kukuřice napadené snětí měla horší kvalitu v porovnání s kukuřicí bez snětí, ale neměla by však mít nepříznivý vliv na zdraví či produkci hospodářských zvířat.

Houby rodu *Fusarium*

Podle Říhy et al. (2021) jsou bělorůžová hniloba obilek kukuřice, růžová hniloba stébel kukuřice, hniloba kořenů kukuřice, padání či spála rostlin kukuřice způsobeny rodem *Fusarium*. Nejčastěji se na kukuřici vyskytují druhy *F. subglutinans*, *F. graminearum*, *F. verticillioides*, *F. avenaceum*, *F. poae*, *F. proliferatum*, *F. sporotrichioides*, *F. sambucinum*, *F. oxysporum* a *F. culmorum*. Tyto patogeny jsou řazeny do oddělení vřeckovýtrusných hub (*Ascomycota*). Jedná se o saprofyty, ale za některých podmínek působí také jako parazité rostlin. V posklizňových zbytcích přezimují pomocí saprotrofního mycelia, některé druhy využívají k přetrvání v půdě chlamydospory. Během celého vegetačního období se houby šíří za pomoci konidií v posklizňových zbytcích či nadzemních částech rostlin. Optimální podmínky pro rozvoj fuzariózy je mírně teplé a vlhké počasí v období kvetení a srážky na konci vegetace. Nejlepší podmínky pro rozvoj infekce je přetrvávající chladné počasí s omezeným slunečním svitem. Výskyt této choroby je příčinou značných ekonomických ztrát, protože napadení vede k výraznému snížení jak velikosti, tak kvality výnosu zrna (Mielniczuk & Skwaryło – Bednarz 2020).

Tóth a Kmoch (2016) popisují mykotoxiny jako jedovaté sekundární produkty metabolismu hub. Vznikají nejčastěji během vegetace nebo při nesprávné konzervaci. Jedná se o nebezpečné patogeny s vysokým potenciálem toxicity, protože mohou způsobovat závažná onemocnění hospodářských zvířat, ale i člověka. V akreditovaných mykotoxikologických laboratořích lze laboratorně otestovat kontaminaci zrna i siláže. Nejvíce se v našich podmínkách vyskytují mykotoxiny fumonisiny (*F. verticillioides*), deoxynivalenol

(*F. graminearum*), zearalenon (*F. graminearum*) a T-2 toxin (*F. sporotrichioides*). Kontaminace mykotoxiny je závislá na vnějších podmínkách, a to především na počasí, předplodině či na termínu sklizně. Tvorba probíhá nejčastěji v průběhu chladnějších vlhkých dní. Nyní podle Mielniczuk & Skwaryło-Bednarz (2020) zaujímají biologické metody první místo v ochraně rostlin před houbovými patogeny inhibicí jejich rozvoje a snížením mykotoxinů. Správné zemědělské postupy jsou vnímány jako nejlepší obranné linie pro kontrolu kontaminace kukuřičných zrn.

Podle Vozhehové et al. (2021) fusariové hniloby způsobují poškození kořenů a stonků, což se nejčastěji projevuje řídnutím plodin a snižováním produktivity napadených rostlin. Poškození klasů vede ke snížení délky klasů, hmotnosti zrn a ztrátě schopnosti klíčivosti semen. Růžová hniloba palic a bělorůžová hniloba obilek kukuřice jsou choroby, které způsobují např. *F. graminearum*, *F. proliferatum*, *F. verticillioides* a další. Prvotními příznaky infekce jsou růžové až červené skvrny na stéblech a pochvách rostlin, později můžeme pozorovat na rostlinách narůžovělé až červené mycelium. Hniloby palic kukuřice začínají nejčastěji od špičky a projevují se bílým či světle růžovým povlakem mycelia na zrnu. Plísně se mohou vyskytovat i na obilkách, které postupně mění barvu na tmavěžlutou s růžovými nebo hnědými mozaikami a povrch obilek bývá pokryt jemnými prasklinami. Dále se můžeme také setkat s druhy fuzárií u již klíčících rostlin, které způsobují tzv. padání klíčících rostlin. Na infekci se podílí z pravidla několik druhů fuzárií např. *Fusarium graminearum*, či jiné patogeny např. *Pythium* sp., *Rhizoctonia* sp. a další. Za prvotní příznaky považujeme špatnou klíčivost a vzházivost osiva. Rostliny mohou však nějakou dobu infekci odolávat a hynou až v pozdějších fázích vývoje. Mladé rostliny nejsou schopny přijímat vodu či živiny v ní rozpuštěné, protože patogen napadá cévní svazky kořenů. Dochází k vadnutí, žloutnutí a odumírání rostlin (Zimová & Nedělník 2022).

Říha et al. (2021) zmiňují, že střídání plodin v osevním sledu se zdá být méně účinné, neboť jsou fuzariózy schopné přežít dlouhou dobu v půdě či na posklizňových zbytcích. Jedná se o fakultativní parazité, to znamená, že jsou schopni se žít odumřelou organickou hmotou a nepotřebují živého hostitele. Je důležité zapravení posklizňových zbytků, přičemž agrotechnické metody urychlují jejich rozklad. Dále vhodná orba také snižuje výskyt fuzárií v půdě, a naopak bezorebné technologie výskyt podporují. Eliminovat infekce můžeme šlechtěním kukuřice na odolnost. Zpravidla ranější hybridy bývají napadány méně a např. transgenní Bt-hybridy by mohly být jedním ze způsobů eliminace napadení. Využití fungicidů ve formě postřiků či moření osiva je další způsob ochrany kukuřice proti houbám rodu *Fusarium*. V současné době jsou pro moření osiva registrována dvě mořidla Lumiflex (ipconazole) a Redigo M (metalaxyl, prothioconazole), jedná se o přípravky proti padání klíčících rostlin. Použití biopreparátu na bázi užitečné houby *Trichoderma asperellum* nebo *Bacillus amyloliquefaciens* nabízí biologická ochrana kukuřice (Zimová & Nedělník 2022).

V letech 2018–2020 prováděli Vozhehová et al. (2021) studii na účinnost biologických přípravků Fluorescein BT, Trichopsin BT, Biospectrum BT u různých skupin zralosti hybridů kukuřice (FAO 190, 290 a 420). Cílem bylo zhodnotit úroveň technické účinnosti biopreparátů proti běžným chorobám, jako je sněť kukuřičná a fuzariózy, nakonec byl zhodnocen jejich vliv na výnos plodin. Zjistilo se, že biopreparáty snižují napadení kukuřice snětí o 1,7–4,2 % a dále napadení fuzarióz kleslo o 1,6 – 3,9 %. Bylo zjištěno že aplikací biologického přípravku

Fluorescein BT dochází k nejvyššímu výnosu zrna kukuřice, který byl v průměru 14,89 t/ha. Ve studii byl zaznamenán maximální výnos kukuřice při aplikaci přípravku Fluorescein BT – 17,06 t/ha, a to u hybridu Arabat (FAO 420). Výsledky proto dokládají vysokou účinnost studovaných biologických přípravků při pěstování kukuřice.

3.2.7 Sklizeň a posklizňová úprava

Velmi vysoký výnos hmoty na hektar nám přináší kukuřice. Podle Tyrolové (2021) má ale velice specifické vlastnosti. Každý rok se může lišit variabilitou jak ve výnosech, tak v kvalitě, neboť závisí na vývoji počasí během vegetace, charakteru stanoviště, volbě hybridu, agrotechnice, napadení škůdci či výskytu chorob apod.

Podle fáze zralosti zrna tzv. mléčné linii můžeme odhadnout správný moment sklizně kukuřice. Obvykle se kukuřice sklízí v době, kdy je mléčná linie mezi polovinou a 2/3 zrna. Abychom určili nejvhodnější dobu sklizně je potřeba brát ohled i na stav porostu a na celkovou sušinu rostlin, která by měla dosáhnout 34 % (Novotný 2021).

Již na počátku září mohou podle Skládanky et al. (2014) předčasně ukončit vegetaci kukuřice časně mrazíky, které se nejčastěji objevují ve vyšších polohách. Často poté dochází ke snížení výnosu i kvalitě píce, protože zrna obsahují nízký obsah sušiny i škrobu. Pokud teplota klesne na – 3 až – 4 °C dojde k rozkladu karotenu, vylouhování živin a ke ztrátě vody.

Pokud by došlo k příliš brzké sklizni kukuřice, dochází poté ke ztrátě velké části krmné hmoty, která je zapříčiněna nedostatečně uloženým škrobem v zrnech. Pozdní sklizeň naopak umožňuje rozvoj plísní či kvasinek, protože zrna obsahují vysoký obsah sušiny, což s sebou přináší problém s vytěsněním vzduchu. Výška sečení rostlin se doporučuje mezi 20–45 cm od země, což je dáno narušením spodní částí rostlin a celkovým stavem porostu (Novotný 2021).

K posouzení zralosti zrna je podle Xu et al. (2019) k dispozici řada agronomických metod, jako je například vlhkost zrna, poloha linie tzv. mléčné zralosti zrna či tvorba černé vrstvy zrna. Nejčastějším ukazatelem pro stanovení doby sklizně je vlhkost zrna, kdy předchozí studie potvrdily, že by se vlhkost zrna měla pohybovat okolo 30 %. Dále poloha tzv. linie mléčné zralosti zrna se jeví jako metoda pro stanovení zralosti kukuřice. Fáze tzv. poloviční linie mléčné zralosti je snadno identifikovatelná a užitečná, protože poukazuje na to, že jádra obsahují 40 % vlhkosti, což znamená, že jsou 2–3 týdny před sklizní. Tvorba černé vrstvy jádra je také považována za spolehlivý indikátor stanovení zralosti kukuřice. Poloha černé vrstvy by měla být umístěna v základně jádra. Bylo prokázáno, že tyto vizuální stanovení zrna (poloha linie mléčné zralosti zrna, černá vrstva zrna) eliminují vzorkování zrna na vlhkost. Má to však dvě významné nevýhody. První nevýhodou je datum sklizně, které závisí na subjektivním posouzení pěstitele. A druhou nevýhodou jsou příliš velké pozemky, kdy není možné takto kontrolovat zrna a stanovit datum sklizně.

Abychom zabránili výskytu zavíječe kukuřičného či fusarióz v pěstování plodin, je důležité zpracování strniště a půdy po sklizni kukuřice. Bylo prokázáno, že aplikací mulčovačů po sklizni kukuřice významně snižuje počet larev zavíječe kukuřičného nebo výskyt fusarióz v následně pěstované plodině (KWS 2023).

Sklizeň kukuřice na zrno

Podle KWS (2023) se kukuřice na zrno u nás využívá zpravidla pro krmení hospodářských zvířat či pro lidskou výživu. Pokud se jedná o sklizeň zrna pro skot či prasata mohou se využívat technologie sklizně vlhkého, mačkaného či šrotovaného zrna. Pokud dochází ke sklizni zrna s přímým výmlatem palic sklízecí mlátičkou, poté dochází k dosoušení zrna na standardní skladovací vlhkost 14 %. Druhým typem je sklizeň kukuřice na zrno tzv. kukuřičným adaptérem, kdy jsou sklizeny celé palice, které jsou následně dosoušeny. Tento způsob je využíván především pro potravinářské účely. Cílem je co nejnižší vlhkost zrna, neboť s klesající vlhkostí klesají i náklady na sušení zrna. Hybridy s typem zrna Dent × Dent jsou charakterizovány lepším uvolňováním vody ze zrna při dozrávání. Vysoký výnos zrna či dobrou kvalitu osiva dosáhneme sklizni na konci fyziologické zralosti kukuřice, kdy vlhkost zrna klesne alespoň pod 33 %. Jako hlavní kritérium pro stanovení správného termínu sklizně je obsah sušiny celé rostliny kukuřice, která se pohybuje v rozmezí 32–35 % (Tandzi & Mutengwa 2020).

Sklizeň kukuřice na siláž

Podle (KWS 2023) se silážní kukuřice pro skot či pro produkci bioplynu v technologií sklizni zásadně neliší. Odlišná jsou pouze kritéria výběru hybridů a v případě odděleného skladování siláží také délka řezanky. U silážní kukuřice dochází ke sklizení veškeré nadzemní biomasy sklízecími řezačkami. Obvykle sklizeň začíná v září, kdy je rozhodujícím faktorem pro zahájení sklizně obsah sušiny celých rostlin. Optimální obsah sušiny kukuřice je 28–33 %, což odpovídá mléčné voskové zralosti zrna. U pomalu dozrávajících hybridů (stay green hybridy), které mají při sklizni zelené listy, musíme vyčkat se sklizni až do dosažení sušiny celé rostliny okolo 35–40 %. Opožděná i předčasná sklizeň mají negativní důsledky pro výnos, kvalitu a fermentovatelnost kukuřičné siláže. Při sušině nižší než 28 % dochází k nedostatečnému využití výnosového potenciálu, neboť vznikají ztráty odtokem silážních šťáv. Naopak při vyšší sušině se snižuje stravitelnost, zvyšují se konzervační ztráty a vyskytují se v píci plísně *Fusarium* a následná tvorba mykotoxinů. Proto má významný vliv optimální termín sklizně na úspěch pěstování silážní kukuřice. Sumy efektivních teplot (SET) nám umožňují nalézt optimální termín sklizně silážní kukuřice (Skládanka et al. 2014).

Opožděná sklizeň silážní kukuřice by mohla omezit fermentaci kyseliny mléčné a zvýšit naopak produkci kyseliny octové a hodnotu pH. Proto Guo et al. (2021) zkoumali vliv přídavku aditiv, která by měla mít schopnost zlepšit kvalitu fermentace siláže ze stonků kukuřice a snížit tak obsah kyseliny máselné a amoniakálního dusíku NH₃. Jednalo se o homofermentativní kmen bakterii mléčného kvašení *Lactobacillus plantarum* a benzoát sodný. V poslední době se benzoát sodný používá jako regulátor mikrobiálního růstu při výrobě siláže, který inhibuje růst škodlivých bakterií a hub, a zlepšuje kvalitu fermentace a aerobní stabilitu siláže. Výsledky výzkumu ukázaly, že změnou složení bakteriálního společenství kukuřičné siláže, a to především přídavkem *Lactobacillus plantarum* a benzoátu sodného dochází k inhibici fermentace kyseliny máselné a degradaci proteinů.

Při sklizni silážní kukuřice se používají řezačky, které jsou schopné rozdrtit zrno která obsahují energii ve formě škrobu. Zrna procházejí zaživacím traktem zvířat bez využití, pokud

dochází k jejich nedokonalému rozdrcení. Abychom zamezili fermentačním ztrátám je vhodné použít biologické konzervační prostředky, jedná se o probiotika – bakterie mléčného kvašení. Kromě sklizně celých rostlin může být také využita dělená sklizeň kukuřice, která se dělí na silážování palic s listeny (LS) a na silážování palic bez listenů (CM) (Skládanka et al. 2014).

3.3 Význam pěstování kukuřice na zrno

V posledních letech u nás výrazně stoupá význam kukuřice pěstované na zrno. Velký vliv na to má zavádění nových výkonných hybridů kukuřice s velmi rychlým uvolňováním vody ze zrna a dále postupné oteplování s příchodem teplejších ročníků umožňujících nižší náklady na sušení. Cílem pěstitelů kukuřice na zrno je v praxi dosáhnout výnosu přes 10 t/ha, vlhkosti zrna pod 30 %. Dalším cílem je eliminovat výskyt fuzárií, přičemž by došlo ke snížení koncentrace 13 mykotoxinů pod mezní limity stanovené nařízením EU. Aby došlo k dosažení těchto cílů, je velmi důležitým faktorem správný termín sklizně (Zimolka et al. 2008).

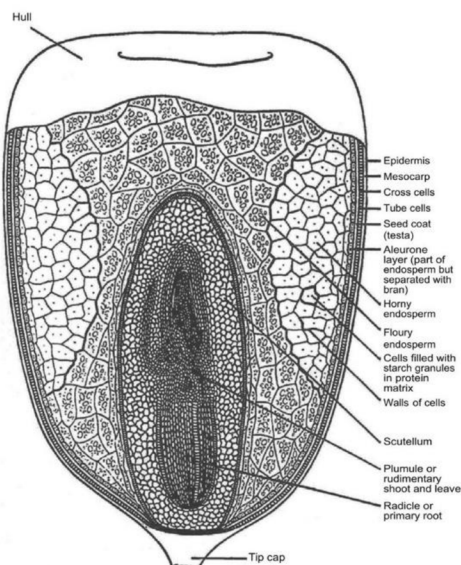
3.3.1 Chemické složení a nutriční hodnota kukuřičného zrna

Za nejdůležitější krmivo pro hospodářská zvířata na světě je podle Loye & Lundy (2019) považována právě kukuřice. Téměř 100% stravitelný je kukuřičný škrob. I přes to, že má kukuřice nižší podíl bílkovin v porovnání s jinými krmivy, je kukuřice důležitým zdrojem bílkovin díky zkrmovanému objemu. Dále kukuřice obsahuje také důležité minerální látky či vitaminy pro výživu zvířat. Byly vyvinuty genetické odrůdy kukuřice se zvýšenou nutriční hodnotou určené pro výživu hospodářských zvířat.

Kvalita semen kukuřice závisí na zdraví, fyziologii, klíčivosti a fyzikálních vlastnostech, které přímo souvisí s chemickým složením semen včetně obsahu sacharidů, bílkovin, tuků a dalších živin. Ze všech obilovin má kukuřičné zrno nejvyšší energetickou hodnotu. Kukuřičná zrna jsou tvořena převážně ze škrobu, který tvoří 75 %, dále obsahují 10 % bílkovin, 5 % tuku a 3 % rozpustných sacharidů (Yang et al. 2018).

Zrna kukuřice se podle García – Lara et al. (2019) skládají ze čtyř hlavních anatomických částí, což můžeme vidět znázorněné na Obrázku č. 5: špička zajišťuje připevnění zrna ke klasu, obaly kryjí a chrání zrno, klíček zajišťuje růst a endosperm slouží jako zásobárna živin. Endosperm obsahuje vysoké množství škrobu, bílkovin, tuku a dalších nutričně cenných látek. V rámci druhu kukuřice existují rozdíly v tvrdosti endospermu, oplodí, barvě endospermu, typu škrobu a velikosti zrna. Důležité je také dosažení optimální kvality při sklizni, skladování, sušení a zpracování.

Pericarp je semipermeabilní membrána s vysokým obsahem vláken (8,8 %) obklopující endosperm a klíček. Čepička kukuřice umožňuje procházení veškeré vlhkosti a živin během vývoje a vysychání zrna. Černá vrstva na čepičce funguje jako těsnění. Otruby neboli vnější vrstvy kukuřice jsou bohaté na vlákninu, která obsahuje vitaminy komplexu B a minerální látky (Gwirtz & Garcia – Casal 2014).



Obrázek č. 5: **Anatomická stavba zrna kukuřice** (Jones et al. 2022).

Ke stanovení složení kukuřičného zrna podle Loye & Lundy (2019) lze použít nedestruktivní metodu detekce optickou spektroskopií. Dále lze použít řadu spektroskopických metod založených na absorpci světla, jako je například blízká infračervená spektroskopie (NIR), střední infračervená spektroskopie (MIR) nebo infračervená spektroskopie s Fourierovou transformací (FT – IR).

Nutriční hodnota je závislá na složení kukuřičného zrna, které se vlivem různých faktorů může značně měnit. Velký vliv na složení zrna má půda, odrůda, hnojení, vlhkost a mají podmínky skladování po sklizni. Maximální kvalita kukuřičného zrna je spjata s načasováním sklizně, kdy zrna akumulují maximální sušinu semen. Předchozí studie také ukázaly, že během sušení zrna dochází ke strukturálním změnám škrobu a proteinů uložených v endospermu, které závisí na teplotě a také na obsahu vlhkosti. Můžeme se proto domnívat, že sušení při vysokých teplotách může ovlivnit zrna kukuřice sklizené v různém termínu, neboť jsou sklizeny při různém obsahu vlhkosti po dosažení fyziologické zralosti (Odjo et al. 2018).

Voda

Voda se nachází v kukuřičném zrnu ve formě volné či vázané na hydrofilní koloidy. Voda volná slouží jako rozpouštědlo a má za úkol dopravu asimilátů, dále se podílí na tvorbě organických sloučenin a snadno se vypařuje. Naopak voda vázaná nemá migrační vlastnosti a je tvořena vodou hydratační a sorpční (Lv et al. 2018).

Sacharidy

Vlivem vnějších a vnitřních podmínek obsah sacharidů v kukuřičném zrnu značně kolísá v rozmezí 1,5 – 3,7 %. Během skladování a klíčení zrna se zvyšuje obsah glukózy, fruktózy a maltózy. Největší množství neškrobových sacharidů se nachází ve vrstvě otrub, ale také v klíčcích a endospermu. S ohledem na jejich chemickou strukturu působí jako fermentovatelné substráty pro střevní mikroflóru (Xin et al. 2020).

Klíčovým ukazatelem je podle Yanga et al. (2018) pro hodnocení kvality semen kukuřice obsah škrobu, který se nachází především v endospermu kukuřičného zrna. Skládá se ze dvou velkých vázaných α – polymerů, jedná se o lineární α – amylozu a velice rozvětvený α – amylopektin. U kukuřice často bývá velmi menší podíl lineární α – amylozy, závisí však na odrůdě kukuřice.

Jsou dva hlavní typy škrobu tvrdý neboli sklovitý a měkký. Sklovitý endosperm negativně souvisí s degradovatelností škrobu a stravitelností škrobu u přežvýkavců (Gwirtz & Garcia – Casal 2014).

Nejméně ze všech obilnin obsahuje právě kukuřice vlákninu zhruba 2 %, což je základem její vysoké stravitelnosti a krmné hodnoty. Kukuřičná vláknina je většinou nerozpustná a vysoce zasařovaná, díky čemuž je ve svém přirozeném stavu špatně fermentovatelná (Hamaker et al. 2019).

Proteiny

Podle Tiché a Vyzínové (2006) je také obsah bílkovin a aminokyselin předmětem hodnocení kvality kukuřičných semen. Převažují zásobní bílkoviny prolaminy, které mají nízkou biologickou hodnotu a obsahují málo tryptofanu a lyzinu. Jsou rozpustné v alkoholu a z 50 % jsou tvořeny zeinem. Gluteliny jsou rozpustné v neutrálním solném roztoku a jsou tvořeny z 45 % zeaninem. Dále obsahují průměrně 3 % albuminů a 2 % globulinů. Proteiny kukuřičných zrn, zejména zeiny ovlivňují nutriční kvalitu zrna kukuřice. Tyto proteiny bývají klasifikovány na základě extrakce ze zralých či suchých zrn. Řada studií potvrdila, že zeinové proteiny ovlivňují texturu jádra kukuřičných semen, dále také poskytují zvýšení obsahu limitujících aminokyselin lysinu a tryptofanu pro vylepšení verze proteinové kukuřice (Larkins 2019).

Lipidy

Kukuřičný olej se podle Wang & White (2019) převážně skládá z nenasycených mastných kyselin, obsahuje až 50 % kyseliny linolové, která je vázaná v glyceridech a je považovaná za jednu z nejdůležitějších mastných kyselin pro živočišný organismus, neboť jej neumí syntetizovat. Dále obsahuje kyselinu olejovou a v malém množství se v zrně nachází kyselina palmitová a stearová. Asi 80 % celkových lipidů kukuřice je uloženo v klíčku a zbytek je uloženo v endospermu a aleuronové vrstvě. Kolem 90 % karotenoidů je uloženo v endospermu a lipidy aleuronové vrstvy mají velmi vysokou koncentraci esterů kyseliny ferulové a fytoosterolů. Olej z kukuřičných klíčků má obzvláště vysoký obsah polynenasycených mastných kyselin (54,7 %), které často podléhají oxidačním či dalším formám žluknutí, což má za následek nepříjemnou a nežádoucí chuť konečných kukuřičných produktů. Také šrotovaná kukuřice by se neměla skladovat delší dobu, neboť podléhá vnějším vlivům (Gwirtz & Garcia – Casal 2014).

Minerální látky

Tyto látky se podle Lee et al. (2016) označují souhrnně jako popel, jedná se o anorganický zbytek po spálení rostlinného materiálu. V celých kukuřičných zrnech se obsah

popelu pohybuje mezi 1, 3 – 2,5 %, přičemž nejvyšší koncentrace je v obalových vrstvách a nejnižší v endospermu. Obsah minerálních látek v kukuřičných zrnech je v porovnání s ostatními obilovinami velice nízký. Z minerálních látek nejvíce vyniká obsah manganu, železa, fosforu, draslíku, zinku, mědi a hořčíku. Nicméně přítomnost kyseliny fytové však absorpci některých minerálních látek i vitaminů snižuje. Zhruba $\frac{3}{4}$ všech minerálních látek je obsažen v klíčku zrna kukuřice a téměř celé zbývající množství v rohovité části endospermu (Kunová & Blatná 2017).

Vitaminy

Vitaminy se podle Kunové a Blatné (2017) vyskytují zejména v obalových vrstvách a klíčku, neboť endosperm je na vitaminy chudý. Nejvíce jsou zastoupeny vitaminy skupiny B, jedná se o vitamin B₃ (niacin), B₅ (kyselina pantothenová), B₆ (pyridoxin) a B₉ (kyselina listová). Světlé mouky obsahují podle stupně vymletí pouze 10–20 % vitaminu, kdežto tmavé mouky mohou obsahovat až 40 % původního obsahu. Hybridy kukuřice s červenými či žlutými zrny obsahují vysoký obsah vitaminu A, zejména β – karotenu (provitaminu A). Ve větším množství u těchto odrůd jsou zastoupeny vitaminy B₁ (thiamin), E (α či β – tokoferol) a v menším množství B₂ (riboflavin), B₆ (pyridoxin), antialergický PP a kyselina pantothenová. Odrůdy kukuřice se žlutými zrny také navíc obsahují žluté pigmenty xantofyly a zeaxanthiny, které způsobují žluté zbarvení žloutků u vajec či nežádoucí zbarvení tuku u vepřového sádla (Tichá & Vizínová 2006).

4 Metodika

4.1 Charakteristika stanoviště

Pokus probíhal ve Výzkumné stanici Fakulty agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů v Červeném Újezdě, jež spadá do okresu Praha – západ. Tato obec se rozkládá na 50° 04' severní šířky a 14° 10' východní délky. Výzkumná stanice byla založena v roce 1974 a sloužila jako pracoviště kateder fyto technického směru Agronomické fakulty VŠZ. V dnešní době působí výzkumná stanice jako experimentální pracoviště kateder rostlinné výroby, trávníkářství, pícninářství, agroekologie, biometeorologie, agrochemie a výživy rostlin. Jsou zde také řešeny projekty a granty kateder České zemědělské univerzity a doktorské, diplomové a bakalářské práce. Pokusná stanice zaujímá 30 ha pozemků, přičemž plocha 6 ha se využívá k vědeckým pokusům. V rámci zakládání, ošetřování, sklizně a posklizňových opatření pokusných plodin je stanice soběstačná, neboť je vybavena potřebnou zemědělskou technologií. Probíhají zde pokusy s plodinami, jako je např. řepka olejka, ječmen jarní, kukuřice setá, pšenice ozimá, čirok zrnový, mák setý, proso seté atd. (Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů 2021).

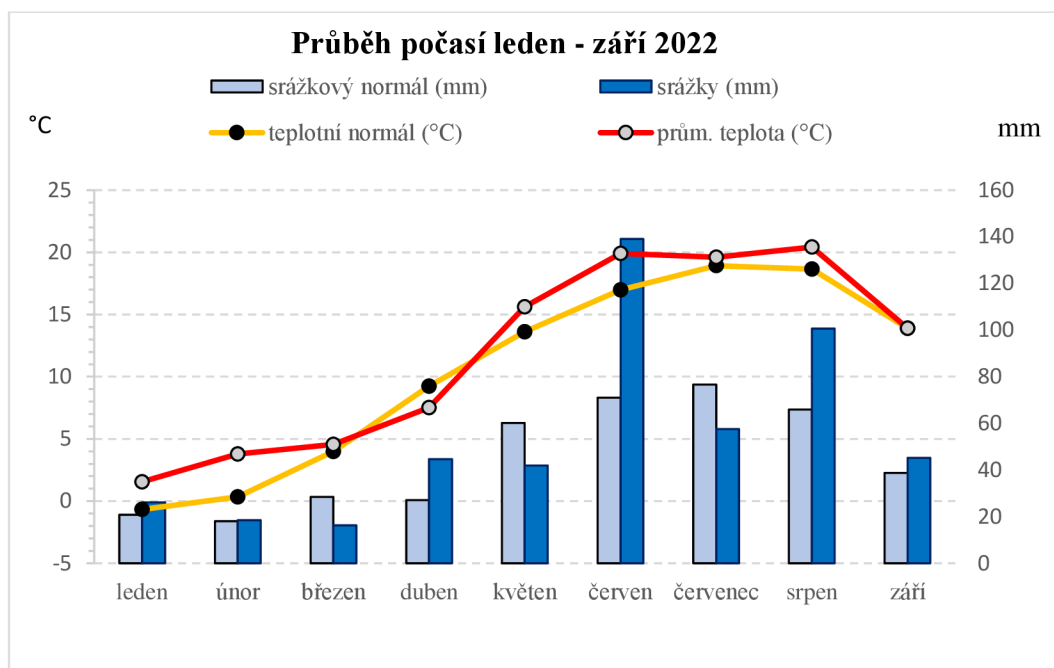
4.1.1 Půdní podmínky

Pokusné plochy jsou směřovány na východní stranu katastru obce Červený Újezd. Území je součástí takzvané Bělohorské plošiny s lehce zvlněným terénem. Pokusné pozemky se vyznačují především jižní expozicí a rovinným reliéfem, který podmiňuje dobrý zásak srážkových vod a dobrou schopnost vodivosti vody v půdě. Převažujícími půdotvornými substráty jsou vápnité opuky křídového stáří překryté sprašemi a sprašovými pokryvy pleistocenními, tvořící zejména hnědozem. Hlavním půdotvorným procesem je illimerizace, při níž dochází k okyselování povrchových vrstev půdního profilu, peptizaci koloidů a jejich vyplavování do spodiny, čímž dochází k tvorbě charakteristických horizontů. V rámci chemických vlastností vykazuje půda mírný obsah humusu. Půda má střední až vysokou sorpční kapacitu, přičemž je koloidní komplex plně nasycen. Obsah draslíku a fosforu je v půdě dostačující (Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů 2021).

4.1.2 Klimatické podmínky

Výzkumná stanice v Červeném Újezdě se nachází z hlediska dlouhodobého průběhu klimatu v oblasti mírně teplé, mírně suché s převážně mírnou zimou. Výzkumná stanice je položena v nadmořské výšce 398 m n.m. V rámci pokusných pozemků je průměrná nadmořská výška 405 m n.m. s nejvyšším bodem 420 m n.m., kterým je vrchol mírného svahu nacházející se na jižním okraji tohoto území. Průměrná délka slunečního svitu za rok je 1902 hodin a v rámci vegetačního období doba slunečního svitu činí 1396 hodin. Klimatické podmínky podmiňují vznik hnědomezí, popřípadě hnědozemí illimerizovaných svrchních půdních horizontů při posunu koloidních částic do spodních vrstev (Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů 2021).

Průběh klimatických podmínek byl hodnocen ve výzkumné stanici Červený Újezd. Byl hodnocen ve vztahu k dlouhodobému normálu v období od r. 1991 až do r. 2020. Graf č. 1 a Tabulka č. 4 a č. 5 nám znázorňují průběh hlavních klimatických charakteristik v roce 2022.



Graf č. 1: Klimatické podmínky ve výzkumné stanici Červený Újezd v roce 2022 (leden – září)

Tabulka č. 4: Průběh a hodnocení teplot ve výzkumné stanici Červený Újezd v roce 2022 v porovnání s průměrem (Meteorologická stanice Červený újezd, Normál Praha Ruzyně 1991–2020).

Rok 2022	Teplotní normál (°C)	Prům. teplota (°C)	Odchylka od normálu	Hodnocení
Leden	-0,7	1,55	2,2	<i>Nadnormální</i>
Únor	0,3	3,78	3,4	<i>silně nadnormální</i>
Březen	4,0	4,57	0,6	<i>Normální</i>
Duben	9,2	7,52	-1,7	<i>Podnormální</i>
Květen	13,6	15,63	2,0	<i>Nadnormální</i>
Červen	17,0	19,91	2,9	<i>mimořádně nadnormální</i>
Červenec	18,9	19,60	0,7	<i>Normální</i>
Srpen	18,7	20,42	1,8	<i>silně nadnormální</i>
Září	13,9	13,89	0,0	<i>Normální</i>
Rok	10,6	11,9	1,3	

Tabulka č. 5: **Průběh a hodnocení srážek ve výzkumné stanici Červený Újezd v roce 2022 v porovnání s průměrem** (Meteorologická stanice Červený újezd, Normál Praha Ruzyně 1991–2020).

Rok 2022	Srážkový normál (mm)	Srážky (mm)	% normálu	Hodnocení
Leden	21	26,1	125	<i>Nadnormální</i>
Únor	18	18,4	102	<i>Normální</i>
Březen	28	16,3	57	<i>Normální</i>
Duben	27	44,6	164	<i>silně nadnormální</i>
Květen	60	41,9	70	<i>Normální</i>
Červen	71	139,1	196	<i>silně nadnormální</i>
Červenec	77	57,5	75	<i>Normální</i>
Srpen	66	100,6	153	<i>Nadnormální</i>
Září	39	45,2	117	<i>Normální</i>
Rok	406,9	489,7	120	

V měsíci duben, přesně 27. 4. 2022 proběhlo setí kukuřice. Klimatické podmínky v tomto měsíci nebyly úplně přívětivé pro založení porostu kukuřice. Teploty byly zhodnoceny jako podnormální a vykazovaly nižší teploty (7,52 °C) v porovnání s teplotním normálem (9,2 °C). Přičemž optimální teplota pro založení porostu kukuřice by se měla pohybovat mezi 8–10 °C. Naměřená nižší teplota by tedy mohla mít za následek pomalé klíčení rostlin nebo sníženou schopnost přijímat živiny. Srážky byly naopak hodnoceny jako silně nadnormální, kdy úhm srážek překročil hodnotu 164 % v porovnání se srážkovým normálem. Příliš mokrá půda způsobuje zhuštění půdy, což mohlo opět negativně ovlivnit klíčení či vzházení semen. Měsíc květen vykazoval už lepší průběh počasí pro pěstování kukuřice. Teplotně byl zhodnocen jako nadnormální v porovnání s teplotním normálem, neboť došlo k nárůstu teploty o 2 °C. Měsíc červen byl z hlediska teplot klasifikován jako mimořádně nadnormální měsíc průměrná teplota činila 19,91 °C. Také úhm srážek byl zhodnocen jako silně nadnormální. Průměrně spadlo 139,1 mm srážek, což je 196 % normálu. Červenec byl z hlediska teploty i srážek klasifikován jako normální. Poslední letní měsíc srpen byl v Červeném Újezdě s průměrnou měsíční teplotou vzduchu 20,42 °C zhodnocen jako teplotně silně nadnormální měsíc. Srážek v tomto měsíci spadlo průměrně 100,6 mm, to je 153 % normálu. Jedná se tedy o srážkově nadnormální měsíc. V měsíci září došlo ke sklizni kukuřice, tento měsíc byl z hlediska klimatických podmínek klasifikován jako normální.

4.2 Agrotechnika pokusu

Pro polní pokus byl vybrán hybrid silážní kukuřice Dekalb DKC 4098 s číslem FAO 310. Setí kukuřice proběhlo 27. 4. 2022, kukuřice bývá nejčastěji zařazována mezi dvě obiloviny, proto byla pěstována po pšenici ozimé.

Pokus byl založen na menších parcelách o rozměrech 30 m² (3 x 10 m), vždy na každé parcele byly celkem 4 řádky o šířce 75 cm.

Na jaře před setím proběhla standardní příprava půdy pro setí kukuřice. Hustota výsevu byla zvolena na 80 tis. rostlin na 1 hektar.

Aplikace koncertovaných hnojiv tzv. na široko proběhla 27. 4. 2022. Byla využita preemergentní aplikace herbicidu Lumax v dávce 0,325 ml/m² a bodově na pýr plazivý aplikací herbicidu Titus v dávce 45 g/ha⁻¹ v BBCH 16.

Ruční sklizeň kukuřice na siláž proběhla dne 13. 9. 2022 a sklizeň kukuřice na zrno proběhla dne 20. 9. 2022.

4.2.1 Varianty pokusu

V pokusné části byly založeny celkem čtyři varianty po čtyřech opakování pro zjištění účinnosti aplikace bioefektoru Baskus vždy v dávce 0,2 ml/m² na výnos a nutriční hodnotu zrnové a silážní kukuřice pěstované v systému ekologického zemědělství.

Jednotlivé varianty pokusu

1. Kontrola.
2. Baskus (BBCH 12).
3. Baskus 2 x (BBCH 12 a BBCH 35).
4. Prosaro 0,075 ml/m².

Aplikace přípravků proběhla ve výšce porostu rostlin 100 cm ve dne 27. 6. 2022. První pokusná varianta byla vedena jako kontrola, neboť nebyla ošetřena žádným přípravkem a sloužila k posouzení a kontrole účinnosti aplikovaných látek. Na druhou variantu byl aplikován čistě biologický přípravek Baskus v dávce 0,2 ml/m². Na třetí variantu byl také aplikován přípravek Baskus, ale v dávce 2 x 0,2 ml/m². Na poslední čtvrtou variantu byl aplikován fungicid Prosaro v dávce 0,075 ml/m².

4.3 Hodnocení pokusu

Ruční sklizeň kukuřice na siláž proběhla dne 13. 9. 2022. Pro sklizeň kukuřice na siláž byl zvolen prostřední levý řádek. Rostliny byly ruční pilou ořezány zhruba 7 cm nad zemí. Biomasa zelených rostlin byla zvážena a přepočítána na výnos zelené hmoty na hektar. Ze vzorků řezanky se následně stanovovala sušina rostlin. Po usušení vzorků řezanky byl přepočítán výnos suché hmoty rostlin na hektar. Sušina byla zjišťována odebráním vzorků řezanky z každého opakování, přičemž hmotnost vzorku byla okolo 500 g. Následně vzorky řezanky byly sušeny při teplotě 105 °C po dobu 12 hodin. Po usušení byly opět jednotlivé

vzorky zváženy a ze zjištěných hodnot se spočítala sušina celých rostlin. Každá varianta byla provedena ve čtyřech opakování.

Ruční sklizeň kukuřice na zrno proběhla dne 20. 9. 2022. Pro sklizeň kukuřice na zrno byly ručně odlámány palice z prostředního pravého řádku. Palice byly poté vymláčeny na pokusném sklízecím kombajnu Wintersteiger. Z jednotlivých opakování byla hmotnost zrn zvážena a přepočítána na výnos zelené hmoty zrn na hektar. Ze vzorků zrn se po usušení stanovoval obsah sušiny. Jednotlivé vzorky zrn byly usušeny při 45 °C po dobu 15 hodin. Po usušení byly opět jednotlivé vzorky zrn zváženy. Nakonec byl přepočítán výnos zelené a suché hmoty zrn na výnos na hektar. Kukuřice na zrno byla provedena u třech variant (Kontrola, Baskus, Baskus 2) ve čtyřech opakování.

4.3.1 Chemická analýza kukuřice

U kukuřice na zrno byla dne 6. 10. 2022 provedena analýza zrna ve 100% sušině na hlavní makroprvky (N, P, K, Ca, Mg, S) a mikroprvky (B, Zn, Mn, Cu, Fe, Mo) u tří variant (Kontrola, Baskus 2, Prosaro) v laboratoři Postoloprty. Celkový dusík (N) byl stanoven podle Dumase. V analytické chemii se tato spalovací metoda využívá pro kvantitativní stanovení dusíku. Vzorek se při použití této metody spaloval za přítomnosti kyslíku v komoře při teplotě cca 900 °C, což mělo za následek uvolnění oxidu uhličitého, vody a oxidu dusíku. Následně byly plyny hnány přes speciální sorpční kolony, které pohlcují vodu a oxid uhličitý. Plynné oxidy byly poté katalyticky redukovány na dusík, který byl detekován na tepelně – vodivostním detektoru. Přepočet koncentrace dusíku ve vzorku byl proveden pomocí převodních faktorů, které jsou závislé na konkrétním zastoupením aminokyselin. Obecně se pro potraviny používá přepočtový faktor 6,25, což bylo i v našem případě (Liu et al. 2023). Vybrané prvky byly stanoveny metodou ICP – OES neboli emisní spektrometrií s indukčně vázaným plazmatem. Jedná se o stopovou analytickou metodu, která slouží ke stanovení obsahu stopových i významných koncentrací prvků ze vzorku. Příprava vzorků byla provedena mokřím rozkladem, jednalo se o rozklad kyselinou dusičnou za zvýšených teplot při atmosférickém tlaku. Princip metody ICP – OES spočívá v tom, že atomy a ionty absorbují energii a dochází k přesunu elektronů ze základního stavu do excitovaného stavu. Ve chvíli, kdy se tyto excitované atomy vrátí do nízkoenergetické polohy dochází k uvolnění emisních paprsků o specifických vlnových délkách. Typ prvku byl určen na základě polohy fotonových paprsků a obsah každého prvku byl určen na základě intenzity paprsků. Detektor je po korelaci vlnových délek světla s identitou prvků používán ke stanovení konečného složení vzorku, nejčastěji se používá fotonásobič trubicového mechanismu, nebo nábojově vázané zařízení (Levine 2022).

4.3.2 Nutriční analýza kukuřice

Rozbor na nutriční složení byl proveden u kukuřice na siláž i na zrno dne 14. 10. 2022 u dvou variant (Kontrola a Baskus 2) v laboratoři Postoloprty, jednalo se konkrétně o obsah vlákniny a škrobu stanovených ve 100% sušině. Obsah škrobu v zrnu či siláži kukuřice byl stanoven polarimetricky. Principem této metody bylo převést škrob na rozpustnou formu pomocí záhřevu se slabou HCl o koncentraci 0,42 – 1,12 %. Následně po hydrolýze vzorku kyselinou chlorovodíkovou, odstranění bílkovin Carresovými činidly a zfiltrování vzorku došlo k měření optické otáčivosti daného vzorku na polarimetru. Hodnota měrné otáčivosti kukuřičného škrobu bývá zpravidla $[\alpha]_D^{20} +184,6^\circ$ (Hassan et al. 2021). Obsah vlákniny byl

stanoven gravimetricky zvážením hmotností nerozpustné frakce vlákniny izolované ze vzorku. Vzorky byly extrahovány etherem a následně ošetřeny kyselinou sírovou a hydroxidem sodným. Nakonec byla výsledná hmota vzorků zfiltrována, promyta, vysušena a zvážena (Sharma et al. 2020).

4.4 Charakteristika odrůdy

Na pokusném pozemku byl použit hybrid DKC 4098 s FAO 310, který spadá do skupiny ranosti středně raný. Jedná se o inovaci pro pěstitele kukuřice, kteří vítají ty nejvýkonnější hybridy s vysokou odolností. Všechny zrnové kukuřice mají typ zrna koňský zub. Velmi dobře uvolňují vodu a zrna kukuřice jsou menší a plošší, díky čemuž jsou větší mezery mezi jednotlivými řadami zrn. Při dozrávání palice se otevřou listeny a palice se postupně sklopí dolů. Nejprodávanejším hybridem je právě hybrid DKC 4098, který je v posledních dvou letech v kontinentálních podmínkách střední Evropy považován za výnosově nejstabilnější. Hybrid je vynikající v extrémních podmínkách, neboť výborně odolává suchu a sálavému teplu. Disponuje svých skvělým zdravotním stavem, odolností vůči chorobám palice i stonku. Je vhodný i pro pozdní sklizeň (Košťál 2022).

4.5 Charakteristika přípravků

Baskus

Rostliny ohrožuje řada infekčních druhů bakterií rodu *Pseudomonas*, *Erwina*, *Xanthomonas*, *Bacterium*, *Clavibacter*, *Bacillus* či *Agrobacterium*. Vlivem těchto bakterií dochází k rozvoji různých chorob. V počátečních stádiích nejčastěji ke žloutnutí listů rostlin a v konečném stádiu to může vést i k závažnému poklesu produkce. Baskus je nový čistě biologický přípravek, který je cílený na podporu zdraví rostlin. Chrání rostliny během enviromentálního stresu a také proti půdním infekčním bakteriím. Jedná se o suspenzi, jež obsahuje 7 různých druhů mikroorganismů. Tato směs organismů je účinná jak proti G+, tak proti G- bakteriím. Podařilo se vyvinout produkt díky kombinaci několika různých druhů, jehož účinek je konzistentní napříč širokým spektrem patogenů a při celé škále enviromentálních podmínek. Tři komponenty obsažené v přípravku podporují přirozenou obranyschopnost rostlin a zbylé čtyři komponenty potlačují aktivně patogenní bakterie. Výroba tohoto přípravku probíhá ve fermentačních tancích. Na výrobu jsou využívány moderní technologie, které stabilně zaručují kvalitu výrobku. Jedná se o flexibilní produkt, který můžeme aplikovat různými způsoby. Nejčastěji probíhá aplikace kapkovou závlahou či postřikem na mladé rostliny. Opakované dávkování se doporučuje v případě, pokud probíhá dlouhotrvající enviromentální stres, poté je Baskus aplikován podle potřeby každé tři až deset dní. Doporučené dávkování je 1–2 l/ha⁻¹, nicméně ke zlepšení zdravotního stavu rostlin dochází i při nižších dávkách. Experimentálně bylo potvrzeno, že při dávce 0,2 ml/m² je pozitivní účinek konzistentnější a dochází k výraznějšímu navýšení výnosu (Monas technology 2022).

Prosaro

Prosaro je postřikový fungicid ve formě emulgovaného koncentrátu působícího výbornou, dlouhodobou účinností proti širokému spektru houbových chorob. Chrání rostliny proti napadení fuzariózou palic, spálou a rzí kukuřičnou. Obsahuje účinné látky prothiokonazol 125 g/l, tebukonazol 125 g/l. Po aplikaci přípravek proniká do vodivých pletiv rostlin a zajišťuje ochranu i u nově narůstajících částí rostlin. Při aplikaci přípravku je nutné mít pracovní oděv, který zabraňuje kontaktu povrchu těla s ošetřeným porostem (ochranné rukavice, dlouhé rukávy, dlouhé nohavice) (Agromanual 2021).

5 Výsledky

5.1 Vyhodnocení dat

Ke statistickému zhodnocení byl použit program STATISTICA 12, verze 12.1. Pro statistické výstupy byl použit HSD Tuckey test a ANOVA.

5.2 Hodnocení výnosů kukuřice na zrno

5.2.1 Výnos zelené hmoty kukuřice na zrno (t.ha⁻¹)

Nebyly statisticky prokázány významné rozdíly u žádné z použitých variant ve výnosu zelené hmoty u kukuřice na zrno (viz Tabulka č. 6). Nejvyšší průměrný výnos zelené hmoty dosáhla varianta, která nebyla ošetřena žádnými přípravky a byla vedena jako Kontrola. Naopak nejnižší průměrná hodnota výnosu byla dosažena u varianty, která byla ošetřena během vegetace dvakrát a byla vedena jako varianta Baskus 2. Nicméně u této varianty byl výnos o 0,76 t/ha nižší v porovnání s variantou Kontrola.

Tabulka č. 6: Výnos zelené hmoty kukuřice na zrno (t.ha⁻¹)

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná Výnos zelené hmoty (t.ha) Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PČ = ,52572, sv = 8,0000		
	Varianta	Výnos zelené hmoty (t.ha)	Statistická průkaznost
2	Baskus 2	12,20570	****
3	Baskus	12,73510	****
1	Kontrola	12,96437	****

5.2.2 Výnos suché hmoty kukuřice na zrno (t.ha⁻¹)

Nebyly prokázány statisticky významné rozdíly ve výnosu suché hmoty u kukuřice na zrno u žádné z použitých variant (viz Tabulka č. 7). Varianta Baskus 2 byla v průměru výnosu suché hmoty u kukuřice na zrno nižší o 0,68 t/ha oproti Kontrole. Varianta Baskus vykazovala v průměru výnosu suché hmoty hodnotu vyšší o 0,11 t/ha oproti Kontrole.

Tabulka č. 7: Výnos suché hmoty kukuřice na zrno (t.ha⁻¹)

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná suchá hmota (t.ha) Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PČ = ,29222, sv = 8,0000		
	Varianta	Výnos suché hmoty (t.ha)	Statistická průkaznost
2	Baskus 2	9,151375	****
1	Kontrola	9,835034	****
3	Baskus	9,944581	****

5.2.3 Obsah sušiny kukuřice na zrno (%)

Nebyly statisticky prokázány významné rozdíly u žádné z variant v procentuálním zastoupení obsahu sušiny u kukuřice na zrno (viz Tabulka č. 8). Varianta Baskus dosáhla

nejvyšší hodnotu v průměru obsahu sušiny. Průměrná hodnota byla vyšší o 2,31 % oproti Kontrole a oproti variantě Baskus 2 byla vyšší o 3,03 %.

Tabulka č. 8: **Obsah sušiny kukuřice na zrno (%)**

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná Obsah sušiny (%) Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PČ = 14,768, sv = 8,0000		
	Varianta	Obsah sušiny (%)	Statistická průkaznost
2	Baskus 2	75,13645	****
1	Kontrola	75,85631	****
3	Baskus	78,16587	****

5.3 Hodnocení výnosů kukuřice na siláž

5.3.1 Výnos zelené hmoty kukuřice na siláž (t.ha⁻¹)

Nebyly statisticky prokázány významné rozdíly u žádné z použitých variant ve výnosu zelené hmoty u kukuřice na siláž (viz Tabulka č. 9). Nejvyšší průměrný výnos zelené hmoty dosáhla varianta Baskus 2, která byla během vegetace ošetřena dvakrát. Varianta Baskus 2 byla v průměru výnosu zelené hmoty vyšší o 3,91 t/ha oproti Kontrole. Varianta Baskus byla v průměru výnosu zelené hmoty vyšší o 3,44 t/ha oproti Kontrole. Varianta Prosaro byla v průměru výnosu zelené hmoty vyšší o 2,37 t/ha oproti Kontrole.

Tabulka č. 9: **Výnos zelené hmoty kukuřice na siláž (t.ha⁻¹)**

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná zelená hmota (t.ha) Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PČ = 5,1961, sv = 12,000		
	Varianta	Výnos zelené hmoty (t.ha)	Statistická průkaznost
1	Kontrola	52,68333	****
4	Prosaro	55,05000	****
2	Baskus	56,12667	****
3	Baskus 2	56,59000	****

5.3.2 Výnos suché hmoty kukuřice na siláž (t.ha⁻¹)

Nebyly statisticky prokázány významné rozdíly u použitých variant Kontrola, Baskus, Baskus 2, Prosaro ve výnosu suché hmoty u kukuřice na siláž (viz Tabulka č. 10). Nejvyšší průměrný výnos suché hmoty byl u varianty Prosaro. Průměrná hodnota výnosu suché hmoty byla u varianty Prosaro vyšší o 2,23 t/ha oproti Kontrole. Průměrná hodnota výnosu suché hmoty byla u varianty Baskus 2 vyšší o 2,08 t/ha oproti Kontrole. Průměrná hodnota výnosu suché hmoty byla u varianty Baskus vyšší o 1,93 t/ha oproti Kontrole.

Tabulka č. 10: Výnos suché hmoty kukuřice na siláž (t.ha⁻¹)

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná suchá hmota (t.ha) Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PČ = 6,4595, sv = 12,000		
	Varianta	Výnos suché hmoty (t.ha)	Statistická průkaznost
1	Kontrola	21,33799	****
2	Baskus	23,26817	****
3	Baskus 2	23,41892	****
4	Prosaro	23,56767	****

5.3.3 Obsah sušiny kukuřice na siláž (%)

Byly statisticky prokázány významné rozdíly v procentuálním zastoupení obsahu sušiny u variant, které byly vedeny jako Kontrola a Prosaro (viz Tabulka č. 11). U ostatních variant nebyly prokázány statisticky významné rozdíly. Průměrná hodnota obsahu sušiny u varianty Prosaro byla o 1,72 % vyšší než u varianty Kontrola. Také u ostatních variant ošetření prokázalo vyšší obsah sušiny. Průměrná hodnota obsahu sušiny u varianty Baskus byla o 1,03 % vyšší než u varianty Kontrola. Průměrná hodnota obsahu sušiny u varianty Baskus 2 byla o 0,80 % vyšší než u varianty Kontrola.

Tabulka č. 11: Obsah sušiny kukuřice na siláž (%)

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná Obsah sušiny (%) Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PČ = ,34051, sv = 12,000			
	Varianta	Obsah sušiny (%)	Statistická průkaznost	Statistická průkaznost
1	Kontrola	40,42654	****	
3	Baskus 2	41,22750	****	****
2	Baskus	41,46057	****	****
4	Prosaro	42,14905		****

5.4 Hodnocení minerálních látek kukuřičného zrna

5.4.1 Stanovení makroprvků v zrně kukuřice

Tabulka č. 12 nám znázorňuje průměry procentuálního zastoupení vybraných makroprvků (N, P, K, Ca, Mg, S) v zrně kukuřice. Z tabulky je patrné, že největší procentuální zastoupení z makroprvků v zrně kukuřice měl dusík (N). Průměrná hodnota dusíku v zrně kukuřice se pohybovala okolo 1,46 %. Naopak nejnižší zastoupení z makroprvků v zrně kukuřice měl vápník (Ca), jehož průměrná hodnota byla 0,0039 %. U stanoveného % obsahu dusíku (N), fosforu (P), hořčíku (Mg) a síry (S) nebyly prokázány u jednotlivých variant Kontrola, Baskus 2, Prosaro statisticky významné rozdíly.

Tabulka č. 12: **Procentuální zastoupení vybraných makroprvků v zrně kukuřice**

	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	S (%)
Kontrola	1,47	0,25	0,35	0,01	0,10	0,11
Baskus 2	1,45	0,24	0,34	0,01	0,10	0,11
Prosaro	1,46	0,24	0,33	0,00	0,10	0,10

Draslík (K)

Statisticky významné rozdíly byly prokázány v % zastoupení obsahu draslíku (K) v zrně kukuřice (viz Tabulka č. 13). Mezi variantami Baskus 2 a Prosaro, které byly během vegetace ošetřeny byl prokázán statisticky významný rozdíl, přičemž průměrná hodnota obsahu K u varianty Baskus 2 byla o 1,017 % vyšší než u varianty Prosaro. Mezi variantou Prosaro a Kontrola, která nebyla ošetřena, byl také prokázán statisticky významný rozdíl, přičemž průměrná hodnota obsahu K u varianty kontrola byla o 0,020 % vyšší než ošetřené u varianty Prosaro. Mezi variantou Baskus 2 a Kontrola nebyl prokázán statisticky významný rozdíl.

Tabulka č. 13: **Obsah draslíku (K) v zrně kukuřice (%)**

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná K (%) Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PČ = ,00004, sv = 9,0000			
	Varianta	K (%)	Statistická průkaznost	Statistická průkaznost
3	Prosaro	0,326250		****
2	Baskus 2	0,342750	****	
1	Kontrola	0,346500	****	

Vápník (Ca)

Statisticky významné rozdíly byly prokázány v % zastoupení obsahu vápníku (Ca) v zrně kukuřice (viz Tabulka č. 14). Mezi variantou Kontrola a Baskus 2 byl prokázán statisticky významný rozdíl, přičemž průměrná hodnota obsahu Ca u varianty kontrola byla o 0,0035 % vyšší než u varianty Baskus 2. Mezi variantou Kontrola a Prosaro byl také prokázán statisticky významný rozdíl, přičemž průměrná hodnota obsahu Ca u neošetřené varianty Kontrola byla o 0,004 % vyšší než u varianty Prosaro. Mezi ošetřenými variantami Baskus 2 a Prosaro nebyl prokázán statisticky významný rozdíl v procentuálním zastoupení Ca v zrně kukuřice.

Tabulka č. 14: **Obsah vápníku (Ca) v zrně kukuřice (%)**

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná Ca (%) Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PČ = ,00000, sv = 9,0000			
	Varianta	Ca (%)	Statistická průkaznost	Statistická průkaznost
3	Prosaro	0,003750	****	
2	Baskus 2	0,004250	****	
1	Kontrola	0,007750		****

5.4.2 Stanovení mikroprvků v zrně kukuřice

Tabulka č. 15 nám znázorňuje průměrné zastoupení vybraných mikroprvků (B, Zn, Mn, Cu, Fe, Mo) v zrně kukuřice v mg/kg. Z tabulky je patrné, že největší zastoupení z mikroprvků v zrně kukuřice mělo železo (Fe). Průměrná hodnota železa v zrně kukuřice byla okolo 27,55 mg/kg. Naopak nejnižší zastoupení z mikroprvků v zrně kukuřice měl molybden (Mo), jehož průměrná hodnota byla 0,27 mg/kg. U stanoveného obsahu boru (B), zinku (Zn), manganu (Mn) a železa (Fe) nebyly prokázány u jednotlivých variant Kontrola, Baskus 2 a Prosaro statisticky významné rozdíly.

Tabulka č. 15: Zastoupení vybraných mikroprvků v zrně kukuřice (mg/kg)

	B (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mo (mg/kg)
Kontrola	1,48	18,85	4,61	1,15	28,50	0,34
Baskus 2	1,54	18,05	4,37	1,19	26,13	0,27
Prosaro	1,61	18,70	4,37	1,00	28,03	0,20

Měď (Cu)

Statisticky významné rozdíly byly prokázány v obsahu mědi (Cu) v zrně kukuřice (viz Tabulka č. 16). Mezi variantami Baskus 2 a Prosaro byl prokázán statisticky významný rozdíl. Přičemž průměrná hodnota obsahu Cu u varianty Baskus 2 byla o 0,184 mg/kg vyšší než u varianty Prosaro. Mezi variantou Prosaro a variantou Kontrola, která během vegetace nebyla ošetřena byl prokázán také statisticky významný rozdíl, přičemž průměrná hodnota obsahu Cu u varianty Kontrola byla o 0,15 mg/kg vyšší než u varianty Prosaro. Mezi variantou Baskus 2 a Kontrola nebyl prokázán statisticky významný rozdíl.

Tabulka č. 16: Obsah mědi (Cu) v zrně kukuřice (mg/kg)

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná Cu (mg/kg) Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PČ = ,00274, sv = 9,0000			
	Varianta	Cu (mg/kg)	Statistická průkaznost	Statistická průkaznost
3	Prosaro	1,001000		****
1	Kontrola	1,152500	****	
2	Baskus 2	1,185000	****	

Molybden (Mo)

Statisticky významné rozdíly byly prokázány v obsahu molybdenu (Mo) v zrně kukuřice (viz Tabulka č. 17). Mezi variantami Prosaro a Kontrola byl prokázán statisticky významný rozdíl, přičemž průměrná hodnota obsahu Mo u varianty Kontrola byla o 0,14 mg/kg vyšší než u varianty Prosaro. Mezi ostatními variantami statisticky významný rozdíl nebyl prokázán.

Tabulka č. 17: **Obsah molybdenu (Mo) v zrně kukuřice (mg/kg)**

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná Mo (mg/kg) Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PČ = ,00293, sv = 9,0000			
	Varianta	Mo (mg/kg)	Statistická průkaznost	Statistická průkaznost
3	Prosaro	0,197750	****	
2	Baskus 2	0,266750	****	****
1	Kontrola	0,335250		****

5.5 Hodnocení nutričního složení kukuřice

5.5.1 Kukuřice na siláž

5.5.1.1 Škrob

Nebyly prokázány statisticky významné rozdíly v procentech obsahu škrobu v kukuřičné siláži u variant Kontrola a Baskus 2 (viz Tabulka č. 18). Průměrná hodnota obsahu škrobu u varianty Baskus 2 byla o 0,23 % vyšší než u varianty vedené jako Kontrola.

Tabulka č. 18: **Obsah škrobu v siláži kukuřice (%)**

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná Škrob (%) Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PČ = ,41045, sv = 4,0000		
	Varianta	Škrob (%)	Statistická průkaznost
1	Kontrola	1,820000	****
2	Baskus 2	2,050000	****

5.5.1.2 Vlákna

Statisticky významné rozdíly nebyly prokázány v obsahu vlákniny (%) v kukuřičné siláži u variant Kontrola a Baskus 2 (viz Tabulka č. 19). Průměrné hodnoty obsahu vlákniny u variant Baskus 2 a Kontrola byly shodné.

Tabulka č. 19: **Obsah vlákniny v siláži kukuřice (%)**

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná Vlákna (%) Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PČ = 2,0633, sv = 4,0000		
	Varianta	Vlákna (%)	Statistická průkaznost
1	Kontrola	17,96667	****
2	Baskus 2	17,96667	****

5.5.2 Kukuřice na zrno

5.5.2.1 Škrob

Nebyly prokázány statisticky významné rozdíly u variant Baskus 2 a Kontrola v obsahu škrobu u zrna kukuřice (%) (viz Tabulka č. 20). Vyšší obsah škrobu obsahovala však varianta,

kteřá nebyla ošetřena a byla vedena jako Kontrola v porovnání s ošetřenou variantou Baskus 2 obsahovala o 2,15 % více škrobu.

Tabulka č. 20: **Obsah škrobu v zrnu kukuřice (%)**

Tukeyův HSD test; proměnná Škrob (%) Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PČ = 1,2025, sv = 2,0000			
Č. buňky	Varianta	Škrob (%)	Statistická průkaznost
2	Baskus 2	59,35000	****
1	Kontrola	61,50000	****

5.5.2.2 Vlákna

Nebyly prokázány statisticky významné rozdíly v obsahu vlákniny (%) u variant Baskus 2 a Kontrola (viz Tabulka č. 21). Varianta Kontrola vykazoala průměrnou hodnotu obsahu vlákniny u kukuřičného zrna vyšší pouze o 0,045 % oproti Baskus 2.

Tabulka č. 21: **Obsah vlákniny v zrnu kukuřice (%)**

Tukeyův HSD test; proměnná Vlákna (%) Homogenní skupiny, alfa = ,05000 Chyba: meziskup. PČ = ,33063, sv = 2,0000			
Č. buňky	Varianta	Vlákna (%)	Statistická průkaznost
2	Baskus 2	3,740000	****
1	Kontrola	3,785000	****

5.6 Komentář k vědeckým hypotézám

Hypotéza č. 1: Je předpoklad zvýšené fotosyntetické produkce u podpurných přípravků, což se projeví vyšším obsahem a výnosem sušiny.

Tato hypotéza byla přijata částečně.

U obsahu sušiny kukuřice na siláž byl na porostech kukuřice ošetřených přípravkem Prosaro obsah sušiny statisticky průkazně vyšší v porovnání s neošetřenou variantou Kontrola. Průměrná hodnota obsahu sušiny u varianty Prosaro byla o 1,72 % vyšší než u varianty Kontrola. U ostatních ošetřených variant byl obsah sušiny vyšší v porovnání s kontrolou, nicméně nebyly prokázány statistické rozdíly.

U obsahu sušiny kukuřice na zrno nebyly statisticky prokázány významné rozdíly u žádné z variant.

Hypotéza č. 2: Je předpoklad, že nutriční hodnota v zrnu kukuřice bude při využití podpurných přípravků shodná s konvenčním ošetřením.

Tato hypotéza byla přijata.

Mezi ošetřenou variantou Baskus 2 a neošetřenou variantou Kontrola nebyl prokázán statisticky významný rozdíl v obsahu škrobu ani v obsahu vlákniny.

Obsah škrobu u kontrolní varianty byl vyšší. Oproti tomu porost kukuřice ošetřený během vegetace přípravkem Baskus 2 obsahoval obsah škrobu o 2,15 % nižší.

Obsah vlákniny byl vyšší u kontrolní varianty, přičemž ošetřená varianta Baskus 2 měla pouze o 0,045 % nižší obsah vlákniny.

6 Diskuze

Cílem diplomové práce bylo zhodnotit vliv podpůrných přípravků na kvalitu kukuřičného zrna a siláže. Byl použit čistě biologický přípravek Baskus a fungicidní přípravek Prosaro, u kterých se hodnotil vliv na výnos a obsah sušiny u kukuřice.

U kukuřice na zrno byl aplikován přípravek Baskus, který slouží především k biologické ochraně rostlin proti bakteriím během vegetace. Výsledky také poukazují, že aplikace přípravku Baskus ve dvou termínech není z hlediska výnosu sušiny výhodnější než aplikace pouze v jednom termínu. Rozdíl mezi těmito variantami v obsahu sušiny je o 3,03 %. Nicméně nebyly prokázány statisticky významné rozdíly mezi obsahy sušiny v zrnu kukuřice u ošetřené (78,17 %) a kontrolní varianty (75,86). Vyšší obsah sušiny u zrna kukuřice by v našem případě mohl být zapříčiněn pozdní sklizní, neboť podle Novotného (2021) je kukuřice na zrno fyziologicky zralá ke sklizni, když obsah sušiny v zrnu dosahuje hodnot minimálně 65 %. Zrno je lesklé, tvrdé, na bázi má načernalou vrstvu, která signalizuje ukončení ukládání živin. Pozdní sklizeň má za následek rozvoj plísní či kvasinek, neboť zrna obsahují vysoký obsah sušiny, což s sebou přináší problém s vytěsněním vzduchu.

U kukuřice na siláž byl celkově u všech variant obsah sušiny vyšší, než by měl být. Podle KWS (2023) je patrné, že by se optimální obsah sušiny kukuřice na siláž měl pohybovat okolo 28–33 %. Je to sušina, kdy rostliny obsahují vodorozpustné cukry potřebné pro fermentační proces a vlastní výživu zvířat. Také tyto rostliny již obsahují dostatečně vysoký podíl škrobu. Sušina celé rostliny vyšší než 35 % není pro silážování vhodná.

Vyšší obsah sušiny v našem pokusu u všech variant Kontrola (40,43 %), Baskus (41,46 %), Baskus 2 (41,23 %) Prosaro (42,15 %) mohl být opět zapříčiněn opožděným termínem sklizně. Podle Tyrolové (2021) je při vyšší sušině již zrno příliš zralé, tvrdé a nastává problém s jeho narušením. Zrna poté procházejí střevním traktem zvířete zcela nevyužita. U kukuřice na siláž byl během vegetace aplikován biologický přípravek Baskus, který byl aplikován u varianty Baskus pouze jednou během vegetace, u varianty Baskus 2 byl aplikován dvakrát během vegetace. Obsah sušiny u těchto variant byl mírně vyšší ve srovnání s kontrolní variantou. Vliv přípravku Baskus byl slabší v porovnání s přípravkem Prosaro. U kukuřice na siláž byl aplikován během vegetace fungicidní přípravek Prosaro, který ukázal příznivý vliv na obsah sušiny u silážní kukuřice v porovnání s kontrolní variantou. Mezi těmito dvěma variantami byl také prokázán statisticky významný rozdíl. Obsah sušiny u varianty Prosaro v pokusu diplomové práce činil 42,15 %. Ferrero et al. (2023) ve své studii zkoumali vliv aplikace fungicidních přípravků na nutriční kvalitu kukuřičné siláže. Bylo zjištěno, že aplikace fungicidu Prosaro na bázi prothiokonazolu a tebukonazolu má pozitivní vliv a zvyšuje obsah sušiny a škrobu. Naměřené hodnoty obsahu sušiny kukuřičné siláže byly u ošetřené varianty (47,3 %) fungicidem o 1,3 % vyšší než u neošetřené varianty (46 %). Kromě toho se na rostliny kukuřice často aplikují fungicidy i z důvodu, aby se zlepšila jejich celková nutriční kvalita rostlinného materiálu, neboť plísněná kontaminace může způsobit zvýšení lignifikace vlákniny v rostlinách, což má za následek snížení stravitelnosti neutrálně detergentní vlákniny. Snížená stravitelnost NDF je považována za jeden z hlavních faktorů, který ovlivňuje kvalitu kukuřičné siláže. Nicméně vysoký obsah sušiny rovněž zvyšuje riziko napadení rostlin fuzáriemi, a roste riziko vylomení palic.

U kukuřice na zrno byla provedena analýza zrna ve 100% sušině na hlavní makroprvky a mikroprvky u tří variant (Kontrola, Baskus 2, Prosaro) v laboratoři ZOL Postoloprty. Tabulka č. 12 nám znázorňuje průměry procentuálního zastoupení vybraných makroprvků (N, P, K, Ca, Mg, S) v zrnu kukuřice. Tabulka č. 15 nám znázorňuje průměrné zastoupení vybraných mikroprvků (B, Zn, Mn, Cu, Fe, Mo) v zrnu kukuřice v mg/kg.

Podle Lau et al. (2019) se obsah minerálů a stopových prvků může u jednotlivých rostlin kukuřice lišit v důsledku vlivu podmínek prostředí. Mezi tyto podmínky prostředí řadíme přítomnost světla, dostupnost vody, zvýšený obsah CO₂, zvýšené hladiny ozonu a zemědělské technologie. Rozdíly mohou být také způsobeny rozdíly ve zdroji kukuřičných klasů, protože bylo pozorováno, že chemické složení plodin se mění v závislosti na klimatických podmínkách, kultivaru plodiny a také na půdě v dané oblasti. Hlavním cílem studie Lau et al. (2019) bylo stanovit minerální a fytochemické složení klasu cukrové kukuřice. Vzhledem k růstu světové populace je nezbytné, aby byly prozkoumány alternativní zdroje živin a bílkovin, čímž by se překonal světový nedostatek potravin. Nejhojněji zastoupeným minerálem v cukrové kukuřici byl fosfor (10,12 g/kg⁻¹), draslík (9,62 g/kg⁻¹) a hořčík (1,67 g/kg⁻¹). Dále byl také v nižším množství analyzován vápník (0,21 g/kg⁻¹), zinek (0,04 g/kg⁻¹), mangan (0,08 g/kg⁻¹), měď (0,01 g/kg⁻¹) a železo (0,01 g/kg⁻¹).

Cílem této studie Anderson et al. (2019) bylo zjistit, zda se liší nutričních parametry u kukuřičného zrna u geneticky modifikované kukuřice a nemodifikované kukuřice, která byla vedena jako kontrola. Kontrolní kukuřice měla shodné genetické pozadí jako GM kukuřice, ale neobsahovala genetickou modifikaci. Jednalo se o obsah minerálních látek (Ca, P, Cu, Fe, Mg, Mn, K, Na, Zn) v zrnu kukuřice. Nebyly zjištěny žádné statistické rozdíly v obsahu minerálních látek mezi GM kukuřicí a kontrolní kukuřicí. Na základě funkce transkripčních faktorů byla provedena analýza složení zrna, zda nedošlo k změnám složení zrna GM kukuřice. Všechny složky analyzované v kukuřičném zrnu GM kukuřice byly v rozmezí normálních variací. Tyto výsledky tedy na závěr potvrzují, že nutriční složení GM kukuřice a nemodifikované kukuřice je v podstatě ekvivalentní.

Analýza na nutriční složení u kukuřice na siláž a na zrno byla provedena dne 14. 10. 2022 u dvou variant (Kontrola a Baskus 2) v laboratoři Postoloprty. Jednalo se konkrétně o obsah vlákniny a škrobu stanovených ve 100% sušině. U kukuřice na siláž je podle Tyrolové (2021) obsah škrobu ve vyrobené siláži závislý na zralosti zrna. Obsah se za normálních klimatických podmínek pohybuje v silážované řezance mezi 30–40 % v 100% sušině. Jeho obsah je závislý na průběhu počasí během vegetace, ale také na volbě zvoleného hybridu. V kukuřičné siláži tato živina zajišťuje až 45 % energie. Naměřená hodnota v diplomové práci u kontrolní varianty (1,82 %) byla nižší o 0,23 % v porovnání s ošetřenou variantou (2,05 %) přípravkem Baskus. Důvodem tak nízkého obsahu škrobu by se v tomto případě mohlo jednat o pozdní sklizeň, kdy u kukuřičného zrna, které se již blíží k voskové zralosti je problém s jeho dostatečným narušením. Množství sklovitých částí je velké, a i když obsah škrobu v zrnu je vysoký, jeho využitelnost díky špatnému narušení zrna klesá. Důležité je v tomto případě správné nastavení corn crackeru řezačky, aby zrna byla co nejvíce mechanicky narušena.

Podle Kunzové et al. (2021) je pro výrobu siláže významná také kvalita píče, respektive stravitelnost vlákniny a jejich frakcí (NDF, ADF), která zásadním způsobem ovlivňuje příjem sušiny u dojníc. Parametry k hodnocení kukuřičné siláže jsou NDF (neutrální detergentní

vláknina), která se skládá z celulózy, hemicelulózy a ligninu. Obsah NDF se u kukuřičné siláže pohybuje okolo 36–50 %. Obsah NDF se liší v závislosti na hybridu, klimatu a ročníku. Hodnotu NDF snižuje hnojení dusíkem a zralost rostliny v době sklizně. ADF (acid – detergentní vláknina) se skládá se z celulózy, ligninu a pektinových částí vlákniny. Hodnoty ADF se u kukuřičné siláže pohybují okolo 18–26 %. Vliv počasí během vegetace, to znamená suma srážek a teplot, ovlivňují výkon stravitelnosti vlákniny u všech pícnin. Kukuřice na siláž je bohatá na vlákninu, hodnoty se pohybují kolem 18–25 %. Přičemž průměrná hodnota obsahu vlákniny v pokusu této diplomové práce u obou variant činila 17,97 %. Kvalitu sklizené kukuřice je také možné ovlivnit výškou strniště, neboť s výškou roste koncentrace živin ve sklizené hmotě a redukuje se obsah ligninu, který se nachází nejhojněji ve spodní části stébla kukuřice. Lignin se u rostlin vyskytuje ve stěnách mnoha buněk, dodává jim pevnost a tuhost. Se stárnutím rostliny se obsah ligninu zvyšuje. Z hlediska využitelnosti ligninu zvířaty již nemluvíme o jeho pozitivním účinku, neboť v trávicím traktu je prakticky nestravitelný, navíc snižuje stravitelnost komplexu využitelných složek vlákniny.

Klíčovým ukazatelem podle Yanga et al. (2018) pro hodnocení kvality semen kukuřice je obsah škrobu, který se nachází především v endospermu kukuřičného zrna. Skládá se ze dvou velkých vázaných α – polymerů, jedná se o lineární α – amylozu a velice rozvětvený α – amylopektin. Yu & Moon (2022) popisují, že získávání škrobu ze zrna kukuřice je velice efektivní, protože má nejvyšší obsah škrobu v zrně zhruba 75–85 % ve srovnání s ostatními obilninami, jako je např. pšenice 62–70 % nebo ječmen 54–60 %. Mezi našimi naměřenými hodnotami v diplomové práci nebyl prokázán významný statistický rozdíl, neboť se od sebe obsahy lišily pouze o 2,15 %, přičemž kontrolní varianta vykazovala vyšší obsah škrobu (61,50 %) v porovnání s ošetřenou variantou (59,35 %). Lin et al. (2022) v roce 2018 a 2019 během vegetačního období založili polní experiment, kde sledovali účinky různých bioorganických a organických hnojiv či jejich kombinace na růst hybridní kukuřice, výnos a kvalitu zrna. Kombinovaná aplikace směsi biohnojiva (*Azotobacter chroococum*, AMF – arbuskulární mykorrhiza a *Bacillus circulans*) s organickými hnojivy mají vliv na vyšší růst kukuřice, výnos a příjem živin. Můžeme tedy říci, že bioorganické hnojení má pozitivní vliv na zlepšení obsahu rozpustných cukrů, škrobu a aminokyselin v kukuřičných zrnech. Nejvyšší obsah rozpustných cukrů v kukuřičných zrnech (18,35 a 25,58 μg^{-1}) byl dosažen aplikací kyseliny huminové, biohnojiva a 50 % NPK. Obsah bílkovin byl významně zlepšen aplikací biohnojiva a 50 % NPK (342,60 a 260,70 mg^{-1}). Další zajímavostí bylo, že nejvyšší obsah škrobu (47,65 % a 26,31 %) v kukuřičných zrnech byl pozorován aplikací suspenze bioplynu, humusu a 50 % NPK. Aplikace kombinací organických hnojiv a biohnojiv tedy může mít potenciál zlepšit kvalitu zrna zlepšením fotosyntézy a příjmu živin, které se nakonec přemístí do semene a přispívají ke zlepšení stavu živin, aminokyselin, škrobu, sacharidů a bílkovin v zrně.

Podle Hamaker et al. (2019) obsahují kukuřičná zrna nejméně ze všech obilnin právě vlákninu pouze zhruba 2 %, což je základem její vysoké stravitelnosti a krmné hodnoty. Kukuřičná vláknina je většinou nerozpustná a vysoce zasiťovaná, díky čemuž je ve svém přirozeném stavu špatně fermentovatelná. V našem případě byl průměrný obsah vlákniny u kontrolní varianty naměřen 3,74 % a u ošetřené varianty 3,78 %. Obsah vlákniny v zrně kukuřice mohl být ovlivněn termínem sklizně, volbou hybridu či průběhem počasí během vegetace.

Velká pozornost se kukuřici věnuje již od výběru pozemku, hybridu, přípravy půdy, setí a ošetření během vegetace. V rámci pokusu byla ověřena účinnost komerčně dostupných biologických přípravků na bázi bakterií a hub aplikovaných během vegetace pěstování kukuřice. Přičemž nejslabší účinek byl zpozorován po aplikaci přípravku Baskus v porovnání s přípravkem Prosaro. Je však potřeba brát ohled na to, že přípravek Baskus působí zejména proti bakteriálním chorobám. Cílem diplomové práce bylo zhodnotit výnos a nutriční hodnotu zrna či siláže kukuřice ošetřené těmito přípravky. U jednotlivých variant byla či nebyla prokázána různá účinnost v závislosti na druhu přípravku a způsobu aplikace. Abychom došli k pozitivním výsledkům pokusu, je důležité vhodně zvolit a aplikovat biologické metody.

7 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo v obecné rovině popsat všechna úskalí pěstování kukuřice v systému ekologického zemědělství se zaměřením na nutriční hodnotu zrna a siláže. Dalším cílem bylo v pokusnické rovině vyzkoušet vliv biologického přípravku Baskus na nutriční a energetickou hodnotu kukuřičného zrna. Za tímto účelem probíhal maloparcelkový pokus ve výzkumné stanici FAPPZ Červený Újezd, který byl založen na variantách. Na jednotlivých variantách byla testována účinnost dostupných přípravků, které byly aplikovány během vegetace na porost kukuřice. Ke statistickému vyhodnocení výsledků byl použit program Statistica 12, verze 12.1. na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

Z našich zjištěných výsledků plyne, že obsah sušiny byl vyšší u porostu kukuřice ošetřené fungicidním přípravkem Prosaro v porovnání s kontrolní variantou. U ostatních ošetřených variant biologickým přípravkem Baskus byl účinek v porovnání s přípravkem Prosaro o něco slabší. Výsledky také poukazují na to, že aplikace přípravku Baskus ve dvou termínech nebyla z hlediska výnosu sušiny výhodnější než aplikace v jednom termínu. Zde jsme z části přijali hypotézu č. 1, že je předpoklad zvýšené fotosyntetické produkce u podpurných přípravků, což se projeví vyšším obsahem a výnosem sušiny.

Další analýza se týkala nutričního složení kukuřičného zrna, kde jsme zjišťovali vliv biologického přípravku Baskus na nutriční a energetickou hodnotu kukuřičného zrna. Z výsledků bylo zjištěno, že obsah škrobu i vlákniny byl vyšší u neošetřené kontrolní varianty v porovnání s ošetřenou variantou přípravkem Baskus. Tohoto výsledku bylo nejspíš dosaženo, protože přípravek Baskus je určen zejména proti bakteriálním chorobám, nikoliv na zlepšení nutriční kvality rostlin. Zde jsme přijali hypotézu č. 2, že je předpoklad, že nutriční hodnota v zrnu kukuřice bude při využití podpurných přípravků shodná s konvenčním ošetřením. Abychom došli k objektivnějším výsledkům, museli bychom vhodně zvolit a aplikovat biologické metody.

Dále bylo analyzováno množství minerálních prvků v sušině zrna kukuřice. Procentuální zastoupení vybraných makroprvků nám znázorňuje Tabulka č. 12 a Tabulka č. 15 nám znázorňují průměrné zastoupení vybraných mikroprvků v zrnu kukuřice v mg/kg. Celkově nebyl mezi jednotlivými ošetřeny variantami a variantou bez ošetření zaznamenán významný vliv na množství minerálů v zrnu kukuřice. Nicméně pokus této diplomové práce byl pouze jednoletý, přičemž jednoleté polní pokusy mohou být ovlivněny stanovištěm či klimatickými podmínkami během roku.

Na závěr je nutno podotknout, že zjištěné hodnoty této diplomové práce vycházejí pouze z jednoletého pokusu, přičemž jednoleté pokusy bývají do jisté míry ovlivněny specifickými půdními podmínkami a průběhem klimatických podmínek na daném stanovišti během vegetace, proto výsledné hodnoty nelze považovat za zcela objektivní. Proto by bylo vhodné pokus opakovat ve více letech a na více stanovištích. V případě přípravku Baskus by bylo nutné přistoupit k provedení dalších pokusů, aby došlo k lepšímu ověření účinnosti na nutriční a energetickou hodnotu kukuřičného zrna.

8 Literatura

Adnan M. 2020. Role of Potassium in Maize Production: A Review. Open Access Journal of Biogenic Science and Research **3**:1-4.

Agro-BASF. 2021. Ochrana kukuřice proti plevelům. BASF spol. s r. o. Available from <https://www.agro.basf.cz/cs/Akce/zpr%C3%A1vy-a-newslettery/Regional-Advice/Ochrana-kukurice-proti-plevelum-Herbicidni-strategie-BASF-52480.html> (accessed February 2023).

Agromanual. 2021. Prosaro 250 EC. Bayer s. r. o. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/pripravky/fungicidy/fungicid/prosaro-250-ec> (accessed March 2023).

Agropress. 2021. Co se skrývá pod neustále diskutovanými GMO?. Agropress.cz. Available from <https://www.agropress.cz/co-se-skryva-pod-neustale-diskutovanymi-gmo/> (accessed February 2023).

AMSP ČR. 2019. Analýza zemědělství. AMSP ČR. Available from <https://amsp.cz/wp-content/uploads/2019/08/Anal%C3%BDza-zem%C4%9Bd%C4%9Blstv%C3%AD-2019.pd> (accessed March 2023).

Anderson JA, Hong B, Moelling E, TeRonde S, Walker C, Wang Y, Maxwell C. 2019. Composition of forage and grain from genetically modified DP202216 maize is equivalent to non-modified conventional maize (*Zea mays* L.). *GM Crops & Food* **10**:77-89.

Alotaibi KA, Cambouris AN, Luce MS, Ziadiová N, Tremblay N. 2018. Economic Optimum Nitrogen Fertilizer Rate and Residual Soil Nitrate as Influenced by Soil Texture in Corn Production. *Agronomy Journal* **6**:2233-2242.

Ashwini C, Sellam V. 2022. Corn Disease Detection based on Deep Neural Network for Substantiating the Crop Yield. *Applied Mathematics & Information Sciences* **16**:423-433.

Bagar M. 2022. Zavijec kukuřičný – bionomie, výskyt, ochrana. Agromanual.cz. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/skudci/zavijec-kukuricny-bionomie-vyskyt-ochrana> (accessed February 2023).

Balík J, Černý J, Kulhánek M. 2012. Bilance dusíku v zemědělství. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.

Balík J, Černý J, Tlustoš P. 2001. Principy hnojení kukuřice. Úroda, Praha. Available from <https://uroda.cz/principy-hnojeni-kukurice/> (accessed February 2023).

Barrera-Arellano D, Badan-Ribeiro AP, Serna-Saldivar SO. 2019. Corn Oil: Composition, Processing, and Utilization. *Corn Chemistry and Technology (Third Edition)* **21**:593-613.

Booth SW, Kurtz B, Heer MI, Mooney SJ, Sturrock CJ. 2022. Activity and burrowing behaviour of wireworms (*Agriotes* spp.) in the presence or absence of roots. *Applied Soil Ecology* **176**:104500.

Bouma D. 2017. Hlavní škůdci kukuřice. *Úroda*. Available from <https://uroda.cz/hlavni-skudci-kukurice/> (accessed February 2023).

Bouma D. 2020. Vývoj pěstování kukuřice na zrno. *Úroda*, Praha. Available from <https://uroda.cz/vyvoj-pestovani-kukurice-na-zrno/> (accessed November 2022).

Bouma D. 2021. Pěstování geneticky modifikované kukuřice v EU a v ČR. *Úroda*. Available from <https://uroda.cz/pestovani-geneticky-modifikovane-kukurice-v-eu-a-v-cr/> (accessed February 2023).

Brant V, Kroulík M, Zábranský P, Prikner P, Škeříková M, Modráček J, Řehák V. 2016. Utužení půdy při předset'ové přípravě a seti kukuřice. *Agromanual.cz*. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/utuzeni-pudy-pri-predsetove-priprave-a-seti-kukurice> (accessed February 2023).

Brar BS, Singh J, Singh G, Kaur G. 2015. Effects of Long Term Application of Inorganic and Organic Fertilizers on Soil Organic Carbon and Physical Properties in Maize–Wheat Rotation. *Agronomy* **5**:220-238.

Bzowska-Bakalarz M, Bulák P, Bereš PK, Czarnigowska A, Czarnigowski J, Karamon B, Pniak M, Bieganowski A. 2020. Using gyroplane for application of *Trichogramma* spp. against the European corn borer in maize. *Pest Management Science* **76**:2243-2250.

Cuttule MA, Armel GR, Kopsell A, Wilson HP, Brosnan JT, Vargas JJ, Hines TE, Koepke-Hill RM. 2018. Several Pesticides Influence the Nutritional Content of Sweet Corn. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **66**:3086-3092.

Čermák P, Lošák T, Hlušek J, Richter R, Škarpa P. 2018. Hnojení polních plodin draslíkem a hořčíkem. K+S KALI GmbH, Kassel. Available from <https://www.kpluss.com/.downloads/agriculture/brochures/cz-feldkulturen-A4.pdf> (accessed February 2023).

Český statistický úřad. 2023. Vývoj ploch, hektarových výnosů a sklizní zemědělských plodin. ČSÚ. Available from https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=vystup-objekt&pvo=ZEM02G&z=T&f=TABULKA&skupId=386&katalog=30840&pvo=ZEM02G&evo=v1442 ! ZEM02G-celek_1#w= (accessed February 2023).

Diviš J, Jůza J, Moudrý J, Vondrys J, Bárta J, Štěrba Z. 2010. Pěstování rostlin. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice.

Dostál J, Richter R. 2008. Kukuřice v praxi. KWS Osiva s.r.o., Brno.

Duvick DN. 2005. Genetic progress in yield of United States maize (*Zea mays* L.). *Maydica* **50**:193-202.

Eltelib HA, Hamad MA, Ali EE. 2006. The effect of nitrogen and phosphorus fertilization on growth, yield and quality of forage maize (*Zea mays* L.). *Journal of Agronomy* **5**:515-518.
Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů. 2021. Výzkumná stanice Červený Újezd. Available from <https://www.af.czu.cz/cs/r-6779-katedry-a-soucasti/r-8736-ostatni-pracoviste/r-8759-vyzkumna-stanice-cerven-y-ujezd> (accessed March 2023).

Fenzi M, Couix N. 2022. Growing maize landraces in industrialized countries: from the search for seeds to the emergence of new practices and values. *International Journal of Agricultural Sustainability* **20**:327-345.

Ferraretto LF, Shaver RD, Luck BD. 2018. Silage review: Recent advances and future technologies for whole-plant and fractionated corn silage harvesting. *Journal of Dairy Science* **101**:3937-3951.

Ferrero F, Prencipe S, Tabacco E, Ferrocino I, Borreani G, Spadaro D. 2023. Effects of a prothioconazole – and tebuconazole-based fungicide on the yield, silage characteristics, and fungal mycobiota of corn harvested and conserved as whole-crop and high-moisture ear silages. *Journal of Applied Microbiology* **134**:33.

Fuksa P, Hakl J, Šantrůček J. 2017. Vliv hybridu a výsevku na výnos silážní kukuřice. *Agromanual.cz*. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/osivo-a-sadba-1/vliv-hybridu-a-vysevku-na-vynos-silazni-kukurice> (accessed February 2023).

García-Lara S, García-Lara C, Serna-Saldivar SO. 2019. Chapter 6 - Development and Structure of the Corn Kernel. *Corn (Third Edition)* **6**:147-163.

García-Lara S, Serna-Saldivar SO. 2019. Corn History and Culture. *Corn Chemistry and Technology (Third Edition)* **1**:1-18.

Gassmann AJ. 2021. Resistance to Bt Maize by Western Corn Rootworm: Effects of Pest Biology, the Pest–Crop Interaction and the Agricultural Landscape on Resistance. *Insects* **12**:136.

Guo L, Lu Y, Li P, Chen L, Gou W, Zhang CH. 2021. Effects of Delayed Harvest and Additives on Fermentation Quality and Bacterial Community of Corn Stalk Silage. *Frontiers in Microbiology* **12**:1-9.

Gwirtz JA, Garcia-Casal MN. 2014. Processing maize flour and corn meal food products. *Annals of the New York Academy of Sciences* **1312**:66-75.

Hamaker BR, Tuncil YE, Shen X. 2019. Chapter 11 - Carbohydrates of the Kernel. *Corn (Third Edition)* **11**:305-318.

Hassan AB, Pawelzik E, Hoersten D. 2021. Effect of microwave heating on the physiochemical characteristics, colour and pasting properties of corn (*Zea mays* L.) grain. *LWT* **138**:110703.

Havlíček M. 2022. Charakteristika ideálního hybridu silážní kukuřice. *Agromanual.cz*. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/osivo-a-sadba-1/charakteristika-idealniho-hybridu-silazni-kukurice> (accessed February 2023).

Helstad S. 2019. Corn Sweeteners. *Corn Chemistry and Technology (Third Edition)* **20**:551-591.

Herrmann. 2010. Průběh příjmu živin. KWS osiva s.r.o. Available from <https://www.kws.com/cz/cs/poradenstvi/zakladani-porostu/zpracovani-pudy/kukurice/> (accessed February 2023).

Hruška J. 1962. Monografie o kukuřici. Státní zemědělské nakladatelství v Praze, Praha.
Javor T, Beranová L, Staněk L. 2019. Hluboké řádkové kypření a hnojení půdy kukuřice. *Bednar FMT*. Available from <https://www.bednar.com/blog/v-magazinu-ekotech-napsali-o-hlubokem-radkovem-kypreni-a-hnojeni-pudy-pro-kukurici-stroji-bednar/> (accessed February 2023).

Jedlička M. 2021. Vliv roku na výnos a kvalitu vybraných hybridů kukuřice. *Náš chov*. Available from <https://naschov.cz/vliv-roku-na-vynos-a-kvalitu-vybranych-hybridu-kukurice/> (accessed February 2023).

Ježková A. 2012. Výběr hybridů kukuřice podle FAO. *Náš chov*. Available from <https://naschov.cz/vyber-hybridu-kukurice-podle-fao/> (accessed February 2023).

Jones S, Sheng W, Or D. 2022. Dielectric Measurement of Agricultural Grain Moisture—Theory and Applications. *Sensors* **22**:2083.

Jursík M, Hiřmanová D. 2022. Účinná regulace problematických plevelů v kukuřici. *Agromanual.cz*. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/plevele/ucinna-regulace-problematickyh-plevelu-v-kukurici> (accessed February 2023).

Kandil EE, Abdelsalam NR, Mansour MA, Ali HM, Siddiqui MH. 2020. Potentials of organic manure and potassium forms on maize (*Zea mays* L.) growth and production. *Scientific Reports* **10**:8752.

Kazda J, Mikulka J, Prokinová E. 2010. Encyklopedie ochrany rostlin. Profi Press s. r. o., Praha.
Kenkel S. 2015. The History of Hybrid Corn. Hybrid Corn Collector. Available from <http://www.hybridcorncollector.com/hybrid-corn-history.html> (accessed November 2022).

Kolařík P, Kolaříková K. 2021. Bázlivec kukuřičný na jižní Moravě v roce 2020. Agromanual.cz. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/skudci/bazlivec-kukuricny-na-jizni-morave-v-roce-2020> (accessed February 2023).

Kolařík P, Rotrekl J. 2013. Monitoring a škody způsobené bázlivcem kukuřičným. Agromanual.cz. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/skudci/monitoring-a-skody-zpusobene-bazlivcem-kukuricnym> (accessed February 2023).

Kolařík P. 2020. Ochrana kukuřice proti hlavním hmyzím škůdcům. Zemědělský výzkum, spol. s. r. o., Troubsko. Available from https://web2.mendelu.cz/af_217_demofarma/prezentace/Kolarik_skudci_kukurice.pdf (accessed February 2023).

Košťál V. 2022. Ekonomika na vašich polích pod značkou Dekalb. Agromanual.cz. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/osivo-a-sadba-1/ekonomika-na-vasich-polich-pod-znackou-dekalb> (accessed March 2023).

Kotsanopoulos S. 2022. Authenticity of Foods of Plant Origin. CRC Press, USA.

Kunová V, Blatná J. 2017. Kukuřice. Společnost pro výživu. Available from <https://www.vyzivaspol.cz/kukurice/> (accessed February 2023).

Kunzová E. 2010. Výživa rostlin a hnojení draslíkem. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha.

Kunzová E, Menšík L, Nerušil P, Hlisnikovský L. 2021. Výnosy a kvalita píče kukuřice na siláž v různých půdně – klimatických podmínkách ČR v roce 2020 – předběžné výsledky. Agromanual.cz. 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 2023).

Kůrka P. 2015. Pěstování kukuřice a změny v technologii v závislosti na užitkovém směru [bakalářská práce]. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice.

Kůst F. 2012. Kukuřice – plodina pro široké využití. *Farmář* **3**:56-57.

KWS. 2023. Sklizeň kukuřice. KWS Osiva s. r. o. Available from <https://www.kws.com/cz/cs/poradenstvi/sklizen/kukurice/> (accessed 2023).

Larkins BA. 2019. Chapter 12 - Proteins of the Kernel. Corn (Third Edition) **12**: 319-336.

Laštovičková J. 2017. Kukuřice cukrová – zelenina sladká jako ovoce. Vím, co jím, Praha. Available from https://www.vimcojim.cz/magazin/clanky/o-vyzive/Kukurice-cukrova---zelenina-sladka-jako-ovoce_s10010x10551.html (accessed November 2022).

Lau T, Harbourne N, Oruña-Concha MJ. 2019. Valorisation of sweet corn (*Zea mays*) cob by extraction of valuable compounds. International Journal of Food Science & Technology **54**:1240-1246.

Lee J, Nam DS, Kong CH. 2016. Variability in nutrient composition of cereal grains from different origins. SpringerPlus **5**:419.

Levine M. 2022. ICP-OES – ICP Chemistry, ICP-OES Analysis, Strengths and Limitations. Technology Networks. Available from <https://www.technologynetworks.com/analysis/articles/icp-oes-icp-chemistry-icp-oes-analysis-strengths-and-limitations-342265> (accessed March 2023).

Lin P, Pi Y, Long D, Duan J, Zhu X, Wang X, He J, Zhu Y. 2022. Impact of Organic and Chemical Nitrogen Fertilizers on the Crop Yield and Fertilizer Use Efficiency of Soybean–Maize Intercropping Systems. Agriculture **12**:1428.

Liu J, Cai H, Chen S, Pi J, Zhao L. 2023. A Review on Soil Nitrogen Sensing Technologies: Challenges, Progress and Perspectives. Agriculture **13**:743.

Loučka R, Lang J, Jambor V, Tyrolová Y, Nedělník J, Třináctý J, Kučera J. 2015. Kritéria pro výběr hybridů kukuřice na siláž. Zemědělský výzkum, spol. s. r. o., Troubsko. Available from https://www.vupt.cz/storage/app/media/uploaded-files/metodiky/Methodika_29_15 (accessed February 2023).

Loy DD, Lundy EL. 2019. Chapter 23 - Nutritional Properties and Feeding Value of Corn and Its Coproducts. Corn (Third Edition) **23**:633-659.

Lv M, Zhang M, Wang Y, Adhikari B. 2018. Online measurement of moisture content, moisture distribution, and state of water in corn kernels during microwave vacuum drying using novel smart NMR/MRI detection system. Drying Technology **36**:1592-1602.

Mangelsdorf PC. 1986. The Origin of Corn. Scientific American **255**:80 – 86.

Merkevičiūtė-Venslovė L, Venslovas E, Mankevičienė A, Šlepetienė A, Cesevičienė J. 2023. Effect of *Ustilago maydis* on the Nutritive Value and Aerobic Deterioration of Maize Silage. *Agronomy* **13**:111.

Miedaner T, Juroszek P. 2021. Global warming and increasing maize cultivation demand comprehensive efforts in disease and insect resistance breeding in north-western Europe. *Plant Pathology* **5**:1032-1046.

Mielniczuk E, Skwaryło-Bednarz B. 2020. Fusarium Head Blight, Mycotoxins and Strategies for Their Reduction. *Agronomy* **10**:509.

Ministerstvo zemědělství. 2009. Zákon č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd. Česká republika.

Ministerstvo zemědělství. 2015. GM plodiny – Pěstování geneticky modifikovaných plodin. eAgr.cz. Available from <https://eagri.cz/public/web/mze/zemedelstvi/roslinna-vyroba/gmo-geneticky-modifikovane-organismy/?fullArticle=1> (accessed February 2023).

Mishra S, Sachan R, Rajpal D. 2020. Deep Convolutional Neural Network based Detection System for Real-time Corn Plant Disease Recognition. *Procedia Computer Science* **167**:2003-2010.

Monas technology. 2022. Baskus[®]. Monas technology. Available from <http://monastechnology.cz/index.php/produkty/?baskus> (accessed March 2023).

Moudrý J. 2016. Kukuřice (Zea). *Zemědělské komodity*. Available from <http://www.zemedelskekomodity.cz/index.php/roslinna-vyroba-menu/obilniny/kukurice> (accessed November 2022).

Mueller DS, Wise KA, Sisson AJ, Allen TW, Bergstrom GC, Bosley GC, Bradley CA, Broders KD, Byamukama E, Chilvers MI, Collins A, Faske TR, Friskop AJ, Heiniger RW, Hollier CA, Hooker DC, Isakeit T, Jackson-Ziems TA, Jardine DJ, Kelly HM, Kinzer K, Kienning SR, Malvick DK, McMullen M, Mever RF, Meyer RF, Paul PA, Robertson AE, Roth GW, Smith DL, Tande CA, Tenuta AU, Vincelli P, Warner F. 2016. Corn Yield Loss Estimates Due to Diseases in the United States and Ontario, Canada from 2012 to 2015. *Plant Health Progress* **17**:211-222.

Novák J, Skalický M. 2017. *Botanika: cytologie, histologie, organologie a systematika*. Powerprint, Praha.

Novotný D. 2021. Kukuřice – výroba kukuřičné siláže aneb: „Jak ochránit nutriční hodnotu píče v praxi“. *Mikrop*. Available from <https://www.mikrop.cz/magazin/kukurice~m1029> (accessed February 2023).

Odjo S, Béra F, Beckers Y, Foucart G, Malumba P. 2018. Influence of variety, harvesting date and drying temperature on the composition and the in vitro digestibility of corn grain. *Journal of Cereal Science* **79**:218-225.

Ortas I, Rafiqul K. 2018. Phosphorus Fertilization Impacts on Corn Yield and Soil Fertility. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* **49**:1684-1694.

Orton TJ. 2020. Breeding Methods for Outcrossing Plant Species: I. History of Corn Breeding and Open Pollinated Populations. *Horticultural Plant Breeding* **15**:275-286.

Pangaribuan DH, Hendarto K, Elzhivago SR, Yulistiani A. 2018. The effect of organic fertilizer and urea fertilizer on growth, yield and quality of sweet corn and soil health. *Asian J Agri & Biol* **6**:335-344.

Pereira NCM, Galindo FS, Gazola RPD, Dupas E, Rosa PAL, Mortinho ES, Filho MCMT. 2020. Corn Yield and Phosphorus Use Efficiency Response to Phosphorus Rates Associated With Plant Growth Promoting Bacteria. *Frontiers in Environmental Science* **8**:2296-665.

Pettigrew WT. 2008. Potassium influences on yield and quality production for maize, wheat, soybean and cotton. *Physiologia Plantarum* **133**:670-681.

Povolný M. 2022. Nově registrované hybridy kukuřice, 2022. *Agromanual.cz*. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/osivo-a-sadba-1/nove-registrovane-hybridy-kukurice-2022> (accessed February 2023).

Queck-Matzie T. 2019. Farming 101: How to Plant Corn. *Successful Farming*. Available from <https://www.agriculture.com/crops/corn/farming-101-how-to-plant-corn> (accessed February 2023).

Radová Š. 2021. Ovlivnil průběh ročníku 2020 výskyt zavíječe kukuřičného?. *Agromanual.cz*. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/skudci/ovlivnil-prubeh-rocniku-2020-vyskyt-zavijece-kukuricneho> (accessed February 2023).

Razinger J, Praprotnik E, Schroers HJ. 2020. Bioaugmentation of Entomopathogenic Fungi for Sustainable Agriotes Larvae (Wireworms) Management in Maize. *Frontiers in Plant Science* **11**:1664-462.

Renč J. 2015. Setí – základ úspěchu pěstování kukuřice. *Úroda*. Available from <https://uroda.cz/seti-zaklad-uspechu-pestovani-kukurice/> (accessed February 2023).

Říha K, Šuk J, Sýkora K, Bačák V, Kyselý D. 2021. Nejškodlivější choroby stébla, palice a listů kukuřice. *AgroImpulsy* **3**:1-3.

Saberi AL, Shamsabadi HT, Hassan SA. 2014. Influence of different tillage systems on yield of corn (*Zea mays*): an overview. *Global Advanced Research Journal of Agricultural Science* **3**:278-283.

Saussure S, Plantegenest M, Thibord JB, Larroudé P, Poggi S. 2015. Management of wireworm damage in maize fields using new, landscape-scale strategies. *Agronomy for Sustainable Development* **35**:793-802.

Serna-Saldivar SO, Carrillo EP. 2019. Food Uses of Whole Corn and Dry-Milled Fractions. *Corn Chemistry and Technology (Third Edition)* **16**:435-467.

Shao H, Shi D, Shi W, Ban X, Chen Y, Ren W, Chen F, Mi G. 2021. The impact of high plant density on dry matter remobilization and stalk lodging in maize genotypes with a different stay-green degree. *Archives of Agronomy and Soil Science* **67**:504-518.

Sharma H, Pudasaini P, Dhungana S, Pokharel M, Subedi P, Sharma B. 2020. Evaluating the Effect of Flame for the Determination of Carbohydrate, Protein, and Dietary Fiber in Nepali Food Dhindo-Novel Food for Diabetic. *International Journal of Food Science* **2020**:8832151.

Sheaffer CC, Moncada KM. 2012. *Introduction to Agronomy: Food, Crops, and Environment*. Delmar Cengage Learning.

Skládanka J, Cagaš B, Doležal P, Havlíček Z, Hejduk S, Horký P, Jančovič J, Klusoňová I, Knot P, Kovár P, Mejía JEA, Mikyska F, Nawrath A, Pokorný R, Sláma P, Szwedziak K, Tukiendorf M, Šeda J, Vozár L, Vyskočil I, Zeman L. 2014. *Pícninářství*. Mendelova univerzita v Brně, Brno. Available from https://web2.mendelu.cz/af_291_projekty/files/21/21-picninarstvi_final.pdf (accessed February 2023).

Skládanka J. 2006. *Multimediální učební texty pícninářství. Ústav výživy zvířat a pícninářství*, Brno. Available from https://web2.mendelu.cz/af_222_multitext/picniny/sklady.php?odkaz=kukurice.html (accessed November 2022).

Sots SM, Bnyiakov OV, Valevskaya LO. 2018. Use of corn grain in production of food products. *Cereal products and feed mixtures* **18**:20-25.

Suchánek J. 2018. Flexibilní herbicidní ochrana kukuřice. *Agromanual.cz*. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/plevele/flexibilni-herbicidni-ochrana-kukurice> (accessed February 2023).

Suchánek J. 2020. Herbicidní ochrana kukuřice v časných růstových fázích. *Agromanual.cz*. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/plevele/herbicidni-ochrana-kukurice-v-casnych-rustovych-fazich> (accessed February 2023).

Svobodová A, Kasal P. 2020. Vliv různých způsobů aplikace dusíkatých hnojiv na výnos brambor. Agromanual.cz. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/hnojeni/vliv-ruznych-zpusobu-aplikace-dusikatych-hnojiv-na-vynos-brambor> (accessed February 2023).

Šantrůček J, Fuksa P, Hakl J, Kocourková D, Svobodová M, Veselá M. 2008. Encyklopedie pícninářství. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.

Tancik J. 2022. Drôtovce – nebezpečný škodcovia vzhádzajúcich rastlín kukurice a ich regulácia morením osiva. Agromanual.cz. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/skudci/drotovce-nebezpecny-skodcovia-vzchadzajucich-rastlin-kukurice-a-ich-regulacia-morenim-osiva> (accessed February 2023).

Tandzi LN, Mutengwa ChS. 2020. Estimation of Maize (*Zea mays* L.) Yield Per Harvest Area: Appropriate Methods. *Agronomy* **10**:29.

Tichá M, Vyzínová P. 2006. Polní plodiny. Fond rozvoje vysokých škol. Available from <https://cit.vfu.cz/vegetabilie/plodiny/index.htm> (accessed February 2023).

Tóth P, Kmoch M. 2016. Významné choroby kukuřice. Agromanual.cz. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/choroby/vyznamne-choroby-kukurice> (accessed February 2023).

Tóth P. 2019. Zaměřeno na drátovce. Syngenta.sk. Available from <https://www.syngenta.sk/novinky/aktuality/zamereno-na-dratovce> (accessed February 2023).

Trnka M. 2013. Fenologické fáze – Kukuřice setá. Mendelova univerzita v Brně, Brno. Available from <https://www.fenofaze.cz/cz/sledovane-druhy/kukurice-seta/> (accessed November 2022).

Tursun N, Datta A, Sakinmaz MS, Kantarci Z, Knezevic SZ, Chauhan BS. 2016. The critical period for weed control in three corn (*Zea mays* L.) types. *Crop Protection* **90**:59-65.

Tyrolová Y. 2021. Co ovlivňuje kvalitu kukuřice pro siláž. Agromanual.cz. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/index.php?page=clanky%2Fsklizen-a-skladovani%2Fsklizen-1%2Fco-ovlivnuje-kvalitu-kukurice-pro-silaz> (accessed February 2023).

ÚKZÚ. 2022a. Kukuřice setá. ÚKZÚ, rostlinolékařský portál, Praha. Available from https://eagri.cz/public/app/srs_pub/fytoportal/public/?key=%22097a4ac9ec868121c8cd4d6f9a000ca0%22#r|p|plodiny|detail:c18ccd9cbe2ba381e37b810d0c448fc8|popis (accessed November 2022).

ÚKZÚZ. 2017. Přehled odrůd kukuřice. Národní odrůdový úřad, Brno. Available from https://eagri.cz/public/web/file/568917/Kukurice_PO_2017.pdf (accessed February 2023).

ÚKZÚZ. 2022b. Monitoring bázlivce kukuřičného (*Diabrotica virgifera*) v České republice v roce 2020 a 2021. ÚKZÚZ, Brno. Available from https://eagri.cz/public/app/srs_pub/fytoportal/db/fytoportal-public/2ec43a40ae2cd615468b9ced997a53c7/Monitoring%20v%C3%BDskytu%20b%C3%A1zlivce%20kuku%C5%99i%C4%8Dn%C3%A9ho%20v%20roce%202020%20a%202021.pdf (accessed February 2023).

ÚKZÚZ. 2023a. Bázlivec kukuřičný. ÚKZÚZ, Rostlinolékařský portál. Available from https://eagri.cz/public/app/srs_pub/fytoportal/public/?key=%22c18ccd9cbe2ba381e37b810d0c9085eb%22#r1p|so|skudci|detail:c18ccd9cbe2ba381e37b810d0c9085eb|popis (accessed February 2023).

ÚKZÚZ. 2023b. Larvy kovaříkovití. ÚKZÚZ, Rostlinolékařský portál. Available from https://eagri.cz/public/app/srs_pub/fytoportal/public/?key=%22c18ccd9cbe2ba381e37b810d0c9085eb%22#r1p|so|skudci|detail:2eb5788ffd084b2d28065f0ae3042b4b|popis (accessed February 2023).

ÚKZÚZ. 2023c. Pěstební opatření – Kukuřice setá. Rostlinolékařský portál. Available from https://eagri.cz/public/app/srs_pub/fytoportal/public/?key=%22097a4ac9ec868121c8cd4d6f9a000ca0%22#r1p|plodiny|detail:c18ccd9cbe2ba381e37b810d0c448fc8|pestovani (accessed February 2023).

Valíček P, Hlava B, Hušák S, Kokoška L, Matějka V, Michal J, Pavel L, Polesný Z, Wroblewská E, Zelený V. 2002. Užité rostliny tropů a subtropů. Academia, Praha.

Vaněk V, Balík J, Pavlík M, Pavlíková D, Tlustoš P. 2016. Výživa a hnojení polních plodin. Profi Press, Praha.

Váša F, et al. 1964. Rostlinná výroba. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.

Venclová B. 2022. Založení porostů kukuřice seté bez předset'ové přípravy půdy. Úroda. Available from <https://uroda.cz/zalozeni-porostu-kukurice-sete-bez-predsetove-pripravy-pudy/> (accessed February 2023).

Víchová J. 2020. Choroby kukuřice (2): Houbové choroby kukuřice I. Agromanual.cz. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/choroby/choroby-kukurice-2-houbove-choroby-kukurice-i> (accessed February 2023).

Vodičková R. 2022. Úroda kukuřice a brambor bude letos nižší. Český statistický úřad, Praha. Available from https://www.czso.cz/documents/11350/165278727/csk1101422_komentar.pdf (accessed November 2022).

Vojtová I. 2013. Změny vlhkosti zrna při dozrávání kukuřice [diplomová práce]. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice.

Vozhehova R, Marchenko T, Piliarska O, Lavrynenko Y, Halchenko N, Lykhovyd P. 2021. GRAIN CORN PRODUCT YIELD AND GROSS VALUE DEPENDING ON THE HYBRIDS AND APPLICATION OF BIOPREPARATIONS IN THE IRRIGATED CONDITIONS. Management Journal **21**:611-620.

Vrtílek P. 2019. Výnosy a plochy kukuřice na zrno. Úroda **12**:12-15.

Výzkumný ústav rostlinné výroby. 2021. Kukuřice setá. Národní zemědělské muzeum, Praha. Available from <https://www.nzm.cz/co-roste-na-poli/kukurice-seta> (accessed November 2022).

Wang T, White PJ. 2019. Chapter 13 - Lipids of the Kernel. Corn (Third Edition) **13**:337-368.

Wang Y, Zhu Y, Zhang S, Wang Y. 2018. What could promote farmers to replace chemical fertilizers with organic fertilizers?. Journal of Cleaner Production **199**:882-890.

Wei JZ, O'Rear J, Schellenberger U, Rosen BA, Park YJ, McDonald MJ, Zhu G, Xie W, Kassa A, Procyk L, Ortega CP, Zhao JZ, Yalpani N, Crane VC, Diehn SH, Sandahl GA, Nelson ME, Lu AL, Wu G, Liu L. 2018. A selective insecticidal protein from *Pseudomonas mosselii* for corn rootworm control. Plant Biotechnology Journal **16**:649-659.

Winkler J, Kotlánová B, Děkanovský I. 2020. Invazní a nebezpečné druhy plevelů v porostech kukuřice. Agromanual.cz. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/plevele/invazni-a-nebezpecne-druhy-plevelu-v-porostech-kukurice> (accessed February 2023).

Woldesenbet M, Haileyesus A. 2016. Effect of nitrogen fertilizer on growth, yield and yield components of maize (*Zea Mays L.*) in decha district, southwestern Ethiopia. International journal of research Granthaalayah **2**:95-100.

Xin H, Sun F, Sun K, Fu Q, Li Y, Zhang Y, Rahman SU, Khan NZ. 2020. Batch-to-batch variation in carbohydrates molecular structures, nutritive value and biodegradation characteristics in corn coproducts. Animal Feed Science and Technology **263**:114458.

Xu J, Meng J, Quackenbush LJ. 2019. Use of remote sensing to predict the optimal harvest date of corn. Field Crops Research **236**:1-13.

Yang G, Wang Q, Liu CH, Wang X, Fan S, Huang W. 2018. Rapid and visual detection of the main chemical compositions in maize seeds based on Raman hyperspectral imaging. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy* **200**:186-194.

Yu Ch, Qi J, Han H, Wang P, Liu Ch. 2023. Progress in pathogenesis research of *Ustilago maydis*, and the metabolites involved along with their biosynthesis. *Molecular Plant Pathology* **0**:1-15.

Yu JK, Moon YS. 2022. Corn Starch: Quality and Quantity Improvement for Industrial Uses. *Plants* **11**:92.

Zimolka J, et al. 2008. *Kukuřice – hlavní a alternativní užitkové směry*. Profi Press s.r.o., Praha.

Zimová N, Nedělník J. 2022. Choroby kukuřice. *Agromanual.cz*. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/choroby/choroby-kukurice3> (accessed February 2023).

9 Seznam použitých zkratek a symbolů

ADF	Acid – detergentní vláknina
apod.	A podobně.
atd.	A tak dále.
atp.	A tak podobně.
CaCO ₃	Uhličitan vápenatý.
cca	Přibližně.
CM	Silážování palic bez listenů.
ČR	Česká republika.
DCS	Stravitelnost OH v pepsin – celulósovém roztoku, model M4.
DINAG	Stravitelnost OH po odečtení škrobu a rozpustných cukrů, nepřímo vyjadřuje stravitelnost vlákniny – používá se ve Francii jako doplňkový ukazatel.
DL	Deep Learning.
DNA	Deoxyribonukleová kyselina.
ELOS	Stravitelnost OH v pepsin – HCL – celulósovém roztoku.
EU	Evropská unie.
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations.
FAO	Číslo ranosti.
FT – IR	Fourier – Transform Infrared Spectroscopy.
GM	Genetická modifikace.
HCl	Kyselina chlorovodíková.
ICP – OES	Inductively coupled plasma optical emission spektrometry.
IVDOM	Stravitelnost OH v bachorové šťávě.
K ₂ O	Oxid draselný.
LS	Silážování palic s listeny.
min.	Minimálně.
MIR	Mid – Infrared Spectroscopy.
ML	Machine Learning.
např.	Například.
NEL	Netto energie laktace.
NIRS	Near – infrared Spectroscopy.
NOÚ	Národní odrůdový úřad.
NPK	Kombinace N (dusík), P (fosfor), K (draslík)
P ₂ O ₅	Oxid fosforečný.
pH	Záporný dekadický logaritmus.
SET	Suma efektivních teplot.
SNDF	Stravitelnost neutrálně detergentní vlákniny.
tzv.	Tak zvaně.
ÚKZÚZ	Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský.

10 Seznam tabulek a obrázků

- Tabulka 1: Vývoj ploch, hektarových výnosů a sklizní kukuřice (str. 14).
- Tabulka 2: Zařazení hybridů do skupin ranosti (str. 18).
- Tabulka 3: Potřeba živin pro výnos 10 t.ha⁻¹ sušiny silážní kukuřice (str. 23).
- Tabulka 4: Průběh a hodnocení teplot ve výzkumné stanici Červený Újezd v roce 2022 v porovnání s průměrem (str. 46).
- Tabulka 5: Průběh a hodnocení srážek ve výzkumné stanici Červený Újezd v roce 2022 v porovnání s průměrem (str. 47).
- Tabulka 6: Výnos zelené hmoty kukuřice na zrno (t.ha⁻¹) (str. 52).
- Tabulka 7: Výnos suché hmoty kukuřice na zrno (t.ha⁻¹) (str. 52).
- Tabulka 8: Obsah sušiny kukuřice na zrno (%) (str. 53).
- Tabulka 9: Výnos zelené hmoty kukuřice na siláž (t.ha⁻¹) (str. 53).
- Tabulka 10: Výnos suché hmoty kukuřice na siláž (t.ha⁻¹) (str. 54).
- Tabulka 11: Obsah sušiny kukuřice na siláž (%) (str. 54).
- Tabulka 12: Procentuální zastoupení vybraných makroprvků v zrnu kukuřice (str. 55).
- Tabulka 13: Obsah draslíku (K) v zrnu kukuřice (%) (str. 55).
- Tabulka 14: Obsah vápníku (Ca) v zrnu kukuřice (%) (str. 55).
- Tabulka 15: Zastoupení vybraných mikroprvků v zrnu kukuřice (mg/kg) (str. 56).
- Tabulka 16: Obsah mědi (Cu) v zrnu kukuřice (mg/kg) (str. 56).
- Tabulka 17: Obsah molybdenu (Mo) v zrnu kukuřice (mg/kg) (str. 57).
- Tabulka 18: Obsah škrobu v siláži kukuřice (%) (str. 57).
- Tabulka 19: Obsah vlákniny v siláži kukuřice (%) (str. 57).
- Tabulka 20: Obsah škrobu v zrnu kukuřice (%) (str. 58)
- Tabulka 21: Obsah vlákniny v zrnu kukuřice (%) (str. 58)
-
- Obrázek 1: Vývoj ploch pěstování GM kukuřice v ČR a EU (ha) (str. 20).
- Obrázek 2: Průběh příjmu živin (str. 22).
- Obrázek 3: Zobrazení intenzity výskytu Zavíječe kukuřičného v jednotlivých okresech v ČR v roce 2020 (str. 31).
- Obrázek 4: Zobrazení intenzity výskytu Bázlivce kukuřičného v jednotlivých okresech v ČR v roce 2021 (str. 33).
- Obrázek 5: Anatomická stavba zrna kukuřice (str. 42).
-
- Graf 1: Klimatické podmínky ve výzkumné stanici Červený Újezd v roce 2022 (leden – září) (str. 46).