

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce



**Změny v odrůdové skladbě, pěstování a produkci kukuřice
seté (*Zea mays*)**

Diplomová práce

Věra Chrpová

Rozvoj venkovského prostoru

Vedoucí práce: Ing. Matěj Satranský, Ph. D.

© 2024 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Změny v odrůdové skladbě, pěstování a produkci kukuřice seté (*Zea mays*)" 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 _____

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala svému vedoucímu Ing. Matějovi Satranskému, Ph.D. za jeho cenné připomínky a rady a také za jeho pochopení při psaní této práce. Dále bych chtěla poděkovat své rodině, především rodičům, za podporu při mém studiu. Poděkování také patří mému životnímu partnerovi za jeho podporu a porozumění.

Změny v odrůdové skladbě, pěstování a produkce kukuřice seté (*Zea mays*)

Souhrn

V první části této diplomové práce je popsána kukuřice, její historie a původ. Dále je popsána biologie a morfologie této rostliny, její požadavky pro pěstování. V této práci jsou popsány základní užitkové směry kukuřice, způsoby pěstování a technologie zpracování a využití kukuřice. Dále je věnována kapitola tématu šlechtění kukuřice. V poslední kapitole první části je popsáno klima.

V druhé části diplomové práce je provedena analýza pěstování kukuřice. Dále je provedena analýza klimatu v České republice pro pěstování kukuřice, analýza odrůd kukuřice v České republice. Dále je vyhodnoceno dotazníkové šetření.

Klíčová slova: kukuřice, výrobní podmínky, produkce, odrůdy, GMO, výrobní směry, ekonomika, agroekosystém, půda

Changes in the varietal composition, cultivation and production of maize (*Zea mays*)

Summary

The first part of this diploma thesis describes corn, its history and origin. The biology and morphology of this plant, its requirements for cultivation are also described. In this work, the basic utilitarian directions of corn, methods of cultivation and technology of processing and use of corn are laid out. A chapter is also devoted to the topic of corn breeding. The climate is described in the last chapter of the first part.

In the second part of the diploma thesis, an analysis of corn cultivation is carried out. Furthermore, an analysis of the climate in the Czech Republic for growing corn, an analysis of corn varieties in the Czech Republic is carried out. Furthermore, the questionnaire survey is evaluated.

Keywords: corn, production conditions, production, varieties, GMO, production directions, economy, agroecosystem, soil

Obsah

1 Úvod	- 1 -
2 Vědecká hypotéza a cíle práce	- 2 -
3 Literární rešerše	- 3 -
3.1 Kukuřice setá (<i>Zea mays L.</i>)	- 3 -
3.1.1 Historie a původ	- 3 -
3.1.2 Systematika kukuřice	- 5 -
3.1.3 Biologická a morfologická charakteristika	- 6 -
3.1.4 Zdravotní přínos kukuřice	- 8 -
3.2 Základní užitkové směry kukuřice	- 9 -
3.2.1 Zrnová kukuřice	- 9 -
3.2.2 Silážní kukuřice.....	- 9 -
3.2.3 Geneticky modifikovaná kukuřice (GMO).....	- 10 -
3.3 Požadavky pěstování na klimatické a půdní podmínky	- 11 -
3.3.1 Nároky na půdu.....	- 11 -
3.3.2 Nároky na vláhu	- 12 -
3.3.3 Nároky na podnebí.....	- 12 -
3.3.3.1 Hatch-Slackův cyklus	- 12 -
3.3.4 Nároky na výživu a hnojení	- 13 -
3.3.5 Choroby a škůdci kukuřice	- 14 -
3.4 Technologie pěstování kukuřice	- 15 -
3.4.1 Konvenční technologie	- 15 -
3.4.2 Minimalizační technologie	- 17 -
3.5 Technologie zpracování a využití kukuřice	- 18 -
3.5.1 Potravinářské účely.....	- 18 -
3.5.2 Energetické účely	- 19 -
3.5.3 Silážování	- 20 -
3.6 Šlechtění	- 21 -
3.6.1 Historie a vývoj šlechtění kukuřice	- 21 -
3.6.2 Šlechtění kukuřice	- 22 -
3.7 Agroekosystém a jeho funkce	- 23 -
3.7.1 Klima	- 23 -
3.7.2 Vývoj klimatu v ČR	- 23 -
3.7.3 Půda	- 25 -
3.7.3.1 Ohrožení půdy.....	- 25 -
3.7.4 Voda	- 27 -
3.7.4.1 Sucho.....	- 27 -

3.7.4.2	Povodně.....	- 28 -
4	Metodika.....	- 29 -
4.1	Pokladový materiál.....	- 29 -
4.2	Použité statistické metody v analýzách.....	- 29 -
5	Výsledky.....	- 31 -
5.1	Analýza vývoje klimatu.....	- 31 -
5.1.1	Analýza srážek v ČR.....	- 31 -
5.1.2	Analýza průměrných teplot v měsíci září v ČR.....	- 31 -
5.2	Analýza pěstování kukuřice.....	- 33 -
5.2.1	Analýza vývoje pěstování GMO kukuřice v ČR.....	- 33 -
5.2.2	Analýza vývoje pěstování kukuřice na zrno.....	- 33 -
5.2.2.1	Analýza vývoje osevních ploch kukuřice pěstovaných na zrno v ČR.....	- 33 -
5.2.2.2	Analýza vývoje ploch kukuřice pěstovaných na zrno ve světě.....	- 34 -
5.2.2.3	Analýza vývoje sklizně kukuřice pěstovaných na zrno v ČR.....	- 36 -
5.2.2.4	Analýza vývoje sklizně kukuřice pěstovaných ve světě.....	- 37 -
5.3	Analýza odrůd kukuřice.....	- 38 -
5.4	Dotazníkové šetření.....	- 40 -
6	Závěr.....	- 42 -
	Literatura.....	- 43 -
7	Internetové zdroje.....	- 49 -
8	Samostatné přílohy.....	- 50 -

1 Úvod

Kukuřice je celosvětově nejrozšířenější víceúčelová plodina, která je základní plodinou pro stovky milionů lidí v rozvojových zemích, a zároveň je používána také jako krmivo pro miliardy hospodářských zvířat a průmyslová surovina, především pro výrobu bioplynu.

Plocha pěstované kukuřice projevuje postupný nárůst (Hruška 2019). Převládá především pěstování kukuřice na zrno a siláž (Zimolka et al. 2008). V posledních letech je nárůst plochy způsoben především rozšiřujícím se využitím pro energetické účely a výrobu bioplynu (Neružil et al. 2017).

Kukuřice je tropická rostlina, která byla za pomoci šlechtění adaptovaná na různé podmínky pěstování od tropů až po chladný severní mírný pás, do kterého spadá i Česká republika. Jako všechny ostatní zemědělské plodiny, tak i pěstování kukuřice je ovlivněna vlivem jednotlivých let, ve kterých se vyskytují různé teploty, množství a rozložení srážek. Tyto faktory následně ovlivňují nejen výnos, ale i kvalitu produkce plodiny (Prokeš 2018). Produkce kukuřice není ovlivněna pouze klimatem, ale zároveň i půdou, na které je pěstována (Ngie et al. 2014).

V posledních letech je hlavním tématem změna klimatu, která je způsobena člověkem. Tato změna vede k extrémním meteorologickým jevům, jako jsou vlny veder, přívalové deště nebo období sucha. Klimatická změna na většině míst planety přináší zvýšené teploty, ale jsou i místa, na nichž se naopak mírně ochlazuje. V každé části světa se tyto změny projevují v různém měřítku, ovšem všechny tyto události mají stejné dopady: ztráta úrody, ničení majetku, narušení ekonomiky nebo ztráty na životech (Míková 2022).

Z důvodu klimatické změny vytvářejí šlechtitelské programy odrůdy kukuřice, které mají zlepšené růstové podmínky ve stresujících podmínkách (Tandzi et al. 2018). Šlechtitelské se se zaměřují na vytváření odrůd se zkrácenou dobou generování (Singh et al. 2021), neboť v některých oblastech je výhodné pěstovat kukuřici velmi raných nebo raných odrůd (Prokeš 2018).

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Popsat trendy a příčiny změn ploch a výnosů u hlavních produkčních směrů kukuřice.

Predikovat další vývoj na základě očekávané potřeby, vývoje klimatu a změn technologií pěstování kukuřice.

Hypotézy:

Význam kukuřice v osevních postupech i z ekonomického hlediska narůstá, především z důvodu spotřeby v bioplynových stanicích a poptávce po zrnové kukuřici.

Z důvodu změny klimatu, inovací v sortimentu odrůd a technologiích pěstování lze očekávat další nárůst ploch, růst a stabilitu výnosů.

3 Literární rešerše

3.1 Kukuřice setá (*Zea mays L.*)

Kukuřice setá se společně s pšenicí a rýží řadí mezi nejdůležitější obilniny světa, ať už jako potravina pro lidi, krmná plodina, průmyslová, anebo energetická plodina (Zimolka et al. 2008). I přesto, že se jako potravina využívá zhruba tucet obilovin, pro člověka jsou tyto tři uvedené nejdůležitější, neboť společně tvoří podstatnou složku stravy a zajišťují cca 42,5 % celosvětového příjmu energie potravinami (Dongmo et al. 2020). Z vybraných plodin je nejefektivnější pěstování kukuřice vzhledem k její dispozici rychlého růstu (Zimolka et al. 2008) a rovněž vyniká svou dostupností, přístupností a snadností použití. Kukuřice přispívá téměř jednou třetinou v zásobování potravinami v jižní Africe, a ještě více v některých jednotlivých zemích (Dongmo et al. 2020). Podle Watsona (2016) pomohla kukuřice v západní a střední Africe, konkrétně zavedením nových vylepšených odrůd, dostat více než milion lidí ročně z chudoby. Autor dále uvádí, že kukuřice je zásadní globální potravinou i pro ekonomickou bezpečnost, především v rozvojových zemích, kde poskytuje až 30 % příjmu kalorií.

3.1.1 Historie a původ

Kukuřice je jednou z nejstarších potravin a plodin, zároveň je i historicky plodinou, která je základem přežití obyvatel ze středoamerické oblasti (Rivas 2021). Přesný původ kukuřice není zcela jistý vzhledem k tomu, že tato rostlina nemá žádnou divokou formu. Dosavadní archeologické průzkumy poukazují na oblast středoamerickou a jihoamerickou. Pravděpodobnější bude oblast středoamerická, jelikož se v této oblasti objevují největší počty rodů příbuzných s kukuřicí, které mohly vzniknout vzájemným křížením. Mexiko a Peru jsou patrně střediska domestikace kukuřice (Zimolka et al. 2008). Stejně místo domestikace, tedy Mexiko, uvádějí i Gwartz & Garcia-Casal (2014). Podle Ranuma et al. (2014) byla kukuřice, jako jedna z prvních rostlin, pěstovaná zemědělci před 7 000 – 10 000 lety. Tyto důkazy pocházely z některých archeologických nalezišť rovněž v Mexiku, kde byly v jeskyních nalezeny malé kukuřičné klasy staré asi 5 000 let. Ranum et al. (2014) také uvádějí další teorie, které tvrdí, že kukuřice pochází z oblasti Himálaje v Asii jako produkt křížení mezi *Coix spp.* a některými druhy trav z kmene *Andropogoneas* (pravděpodobně z druhu *Sorghum*, tedy čirok), nebo ve vysokých Andách v Bolívii, Ekvádoru a Peru. Domorodci během několika tisíců let vyvinuli kukuřici na rostlinu s většími klasy a více řadami zrn.

Ranum et al. (2014) dále vysvětlují, že se nadále vyvíjejí biologické a archeologické přístupy k určení, kde a kdy byla kukuřice původně domestikována pomocí genetického výzkumu.

Na ostatní kontinenty se tato plodina dostala až v době objevení Ameriky, přičemž není jisté, zda byla dovezena po první či druhé Kolumbově cestě. Poprvé se v západní Evropě objevila jako zvláštnost v zahradách pěstitelů. Později se začala šířit velmi rychle zásluhou své variability, ekologické přizpůsobivosti, a především kvůli vysoké produktivitě společně se širokou škálou možností využití (Zimolka et al. 2008). Nehledě na původ se kukuřice osvědčila

jako jedna z nejvíce přizpůsobivých plodin. Její evoluce se zjevně odehrála především v rámci domestikace (Gwartz & Garcia-Casal 2014), jelikož se uvádí, že má nejhlubší procesy domestikace s dobou trvání 500 až 2000 let (Rivas 2021), které vyústily v biotypy s adaptací od tropů po severní mírné pásmo, od hladiny moře po nadmořskou výšku cca 3 600 m nad mořem a vegetační období (výsadba do zralosti) trávající od 6 týdnů do 13 měsíců (Gwartz & Garcia-Casal 2014).

V České republice se kukuřice pěstovala nejvíce až v roce 1905, avšak před první světovou válkou prakticky zmizela z českých polí. Po ukončení první světové války se na pole opět vrátila především zásluhou propagace ve výživě a krmení hospodářských zvířat. Tento značný rozmach byl opět ukončen druhou světovou válkou (Diviš, n. d.), nejspíše z důvodu poklesu orné půdy z 3,8 milionu hektarů na 3,5 milionu hektarů vlivem zalesňování a zatravnění polí a také úbytku obyvatelstva, a to o téměř tři miliony, tudíž půdu neměl, kdo obdělávat (Hruška 2019). Následně bylo pěstování obnoveno až v 60. letech, kdy se na trh dostávají hybridy kukuřice, vhodná mechanizace a ochrana této rostliny proti plevelům (Diviš, n.d.) a zároveň syntetická hnojiva, která umožňují pěstování i ve vyšších polohách s méně úrodnými půdami (Hruška 2019). Převládá především pěstování kukuřice na zrno a siláž. V krmivářství se zaměřují nejen na pěstování kukuřice, ale i na rozvoj technologie sklizně, zpracování, konzervace či skladování (Zimolka et al. 2008). Zásluhou rozšiřujícímu se využití pro energetické účely a výrobu bioplynu (Nerušil et al. 2017) výrazně vzrostla její celková plocha (Hruška 2019). Pěstování kukuřice se stalo dražším a komplikovanějším, a to z důvodu novelizace zákona, která nařizuje pěstování kukuřice na pozemcích, které mají sklon svahu maximálně 7° oproti dřívějším 13°. Toto omezení snižuje prostor pro pěstování této plodiny (Petříková 2012).

Kukuřice se dá využívat i jinými, alternativními způsoby jako na zrna v potravinářském průmyslu při výrobě škrobu, izoglukózy, tuku či olejů a dalších mlýnských a pekárenských produktů. Dalším využitím je průmyslové zpracování pro výrobu stavebních hmot, papíru, lepenky, lepidel nebo bioplastů. Dalšími průmysly, které využívají kukuřici pro svou výrobu jsou chemický, farmaceutický i kosmetický. Nejvýznamnějším je průmysl zaměřený na produkci obnovitelných zdrojů energie, konkrétně bioetanolu, bioplynu a biomasy (Zimolka et al. 2008).

V poslední době vzbuzuje používání kukuřice jako biopaliva značné obavy z nárůstu její tržní ceny, z potřeby rozšířit obdělávatelné plochy a také z kvality vody a dalších ekologických škod (Gwartz et al. 2013). Například nadměrné používání dusíkatých hnojiv v zemědělství, může vést ke ztrátám ve formě jejich derivátů a vyplavování hnojiv pod kořenovou zónu, které způsobují kontaminaci podzemních vod (Khan et al. 2017). Dalším negativním dopadem na životní prostředí může být hnojení fosforem, které přispívá k eutrofizaci vod (Deng et al. 2014). S výrobou a používáním biopaliv existují různé sociální, ekonomické, ekologické a technické problémy (Ranum et al. 2014). Některé prediktivní modely předpokládají, že velká produkce kukuřičného etanolu by mohla vést k poklesu vývozu potravin, vyšším cenám a většímu globálnímu odlesňování (Gwartz et al. 2013).

3.1.2 Systematika kukuřice

Prasad & Kumar (2016) popisují taxonomii kukuřice takto:

- Říše: Rostliny (*Plantae*)
- Podříše: Cévnaté rostliny (*Tracheobionta*)
- Oddělení: Krytosemenné (*Magnoliophyta*)
- Třída: Jednoděložné (*Liliopsida*)
- Podtřída: Commelinidae
- Řád: lipnicotvaré (*Poales*)
- Čeleď: lipnicovité (*Poaceae*)
- Podčeleď: Panicoideae
- Kmen: Andropogoneae
- Rod: Kukuřice (*Zea*)
- Druh: Kukuřice setá (*Zea mays*)

Skupiny se dále dělí do nižší botanické jednotky zvané variety podle různých kritérií jako např. barva a tvar zrna nebo barvy pluch (Zimolka et al. 2008).

Kukuřice (*Zea mays L.*) je jedna ze čtyř druhů spadající do rodu *Zea*, ale jako jediná z nich má ekonomický význam a má řadu hybridů, lišící se od sebe chemickým složením a strukturou zrna (Purewal et al. 2022).

Zimolka et al. (2008) rozlišují kukuřici podle tvaru a barvy zrna a charakteru endospermu na tzv. convariety:

- Kukuřice obecná – tvrdá (*Zea mays convar. indurata, syn vulgaris*) – ranější s nižším výnosem. Zrno je lesklé, tvrdé a okrouhlé, s moučnatým endospermem přecházejícím na okraji ve sklovitý.
- Kukuřice koňský zub (*Zea mays convar. indentata, syn dentiformis*) – pozdnější s vyšším výnosem, hospodářsky nejdůležitější. Zrno je klínovité, má sklovité boční okraje a moučnatý endosperm proniká až k vrcholu. Jamka, která právě připomíná zub, je vytvořena nerovnoměrným sesycháním sklovité a moučnaté části.
- Kukuřice polozubovitá (*Zea mays convar. aorista, syn semiindentata*) – je přechodem mezi kukuřicí tvrdou a koňským zubem, zrno má sklovitější endosperm a méně zřetelnou jamku na vrchu.
- Kukuřice cukrová (*Zea mays convar. saccharata*) – zrno je charakteristicky svaštělé se sklovitým endospermem. Využívá se především jako zelenina na vaření a konzervování.
- Kukuřice pukancová (*Zea mays convar. everta syn. microsperma*) – má menší zrno se sklovitým a tvrdým endospermem. Rozděluje se podle tvaru na kukuřici rýžovou a perlovou. Největšího využití má při přípravě popcornu, používá se i k výrobě vloček.
- Kukuřice plevnatá (*Zea mays convar. tunicata, syn. cryptosperma*) – nemá hospodářský význam. Je to primitivní forma kukuřice, která má zrna kryta v plevách.
- Kukuřice škrobnatá (*Zea mays convar. amylacea*) – zrno je moučnatého charakteru s matným povrchem. Nejvíce se využívá ve škrobárenském a lihovarnickém průmyslu.

- Kukuřice vosková (*Zea mays convar. ceratina*) – má podobná zrna jako kukuřice obecná, její povrch je však matný a opticky připomíná vosk. Využívá se pro technické účely.

Kukuřice může mít i jiné rozlišení, například Maiti et al. (2021) rozlišují kukuřici takto:

- Flint corn – varianta kukuřice, která má tvrdou vnější vrstvu a nízký obsah vody. Je vícebarevný a používá se jako dekorace ve Spojených státech.
- Dent corn – má vysoký obsah měkkého škrobu a je komerčně pěstována na obilí a krmení.
- Pod corn – známá jako divoká kukuřice. Je nejprimitivnější odrůdou kukuřice a je nejlépe uznávána jako předchůdce kukuřice.
- Popcorn – varianta kukuřice, která při zahřívání nabobtná a nadýmá. Při zahřátí se jádro roztrhne a umožní obsahu jádra expandovat.
- Fluor corn – má měkký endosperm a používá se hlavně k přípravě kukuřičné mouky.
- Sweet corn – má vysoký obsah cukru. Tato kukuřice je nejlepší, pokud se konzumuje čerstvá nebo konzervovaná, aby si zachovala čerstvost.

3.1.3 Biologická a morfologická charakteristika

Kukuřice je rostlina jednoletá s krátkým životním cyklem vyžadující teplé počasí a správný management pěstování (Kumar & Jhariya, 2013). Je jednodomá, různopohlavní, typu rostlin diklinických s prašníkovými, tedy samčími a pestíkovými, tedy samičími květy, které jsou uspořádané do oddělených květenství, nazývaných laty a palice (Zimolka et al. 2008).

Kukuřice má svazčitý kořenový systém pronikající relativně hluboko do půdy (1,5 – 3 metry, záleží na typu stanoviště), který zajišťuje zásobování vody do celé plodiny. Jemné kořínky však nejdou do hloubky, ale jsou rozloženy v orniční vrstvě do 20 cm a rozmisťují se okolo stébla v okruhu kolem 100 cm. Kromě těchto kořenů kukuřice vytváří adventivní kořeny na vyšších článcích stébla a také může vytvářet i nadzemní vzdušné kořeny ze 3 nebo 4 nadzemních kolének. Tyto nadzemní kořeny plní funkci opěrnou a napomáhají rostlině před polehnutím. Pokud jsou tyto kořeny ve spojení s kyprou půdou mohou rostlinu také vyživovat a využívat i vodu v podobě rosy (Zimolka et al. 2008).

Stéblo je vzpřímené, dužnaté a na povrchu hladké. Plní funkci zásobní a spojuje listy a kořeny. Skládá se z článků (internody) vyplněných dřevní zajišťujícími pevnost a plných kolének, (nody) z nichž vyrůstají střídavě na jedné a na druhé straně listy. Nahoře bývá stéblo užší. Může dosahovat výšky 120 až 300 centimetrů, podle variet (stejně jako počet článků a kolének) a podle podmínek stanoviště apod. Poslední článek nesoucí klas má rozšířené úžlabí, aby udržoval rovnováhu stébla, když narůstá klas a roste jeho hmotnost. Kukuřice může vytvořit z kolének odnože, které jsou nežádoucí při pěstování na zrno, neboť konkurují hlavnímu stéblu, a proto byla tato schopnost potlačena šlechtěním (Zimolka et al. 2008).

Listy jsou široké a dlouze kopinaté s velkou širokou čepelí, která má výrazné střední žebro a mnohdy zvlněný okraj jako důsledek rychlejšího růstu. Čepel je na povrchu slabě

porostlá chloupky, ale hladká na spodní straně. Spodní část listu vytváří mohutnou pochvu, jenž obklopuje stéblo a chrání bázi jednotlivých článků a úžlabní pupeny. Součástí listu je i jazýček, který vzniká v místě spojení čepele s pochvou a objímá stéblo. Ouška u kukuřice chybí. Celková velikost listů se mění v závislosti na umístění listu na stonku, kdy se zvětšuje odspodu až ke čtvrtému listu, který je největší, a poté se listy zase zmenšují. Postavení listu umožňuje rostlině částečně využívat vodu ze srážek či rosy a odvádět ji ke kořenům (Zimolka et al. 2008).

Kukuřice má květy různopohlavní, jednodomé, které jsou sestavené po dvou do klásků (Zimolka et al. 2008). Kukuřice má samčí a samičí květenství, které mají výraznou morfologii, ale jejich vývoj probíhá podobně (Dobrovolskaja & Dresvyannikova 2018). Lata (panicula), která vytváří klásky, je samčí prašnickový květ umístěný na vrcholu rostliny a je jejím charakteristickým znakem. Je tvořena hlavní větví, kde jsou klásky ve více řadách a dále různým počtem spirálovitě rozestavěných vedlejších větví s klásky pouze ve dvou řadách. Klásky nosí dvojice květů, z nichž jeden je přisedlý a druhý má stopku. Květy mají tři prašníky. Samičí pestíkové květy tvoří palici (spadix), která je umístěna v úžlabí listů. Květy mají dlouhé klásky, z nichž je plodný obvykle pouze vrchní a spodní je zakrnělý. Osu klasu tvoří klasové větveno, které nese samičí klásky párovitě (vždy sudý počet) seřazené do podélných řad ve svých jamkách. Čnělka (blizna), která zakončuje kulovitý semeník, je dlouhá, nitkovitá a ojediněle obrvená a takřka po celé délce schopna opylení. Čnělky při kvetení trčí z listenů, které obalují palici. (Zimolka et. al 2008).

Kulovitý semeník se po oplodnění zformuje na plod, z něhož se dále vyvine semeno. Zrno (caryopsis) je suchý, nepukavý, jednosemenný plod s tenkým hladkým oplodím, které má na vrcholu nenápadný zbytek po čnělce na vrcholu a na bázi po stopce. Tvar zrna je závislý na varietě kukuřice a také na umístění na palici. (Zimolka et al. 2008).

Kukuřice dodává energetickou hodnotu 365 Kcal/100 g a zrno většinových kultivarů obsahuje v průměru asi 72 % škrobu, 10 % bílkovin (ve srovnání s pšenicí či rýží je nižší) a 4 % tuku (Maiti et al. 2021). Rohilla & Singh (2023) uvádějí, že v porovnání s většinovými kultivary kukuřice obsahuje kukuřice cukrová až 81 % uhlovodíkových látek (hlavní je škrob), 13 % bílkovin, 3,5 % tuků a 2,5 % dalších látek. Dále také uvádějí, že několik drahých druhů zeleniny, například květák, zelí nebo francouzské fazole, mají stejnou nutriční hodnotu jako sladká kukuřice, která navíc disponuje nízkým obsahem cholesterolu a vysoký obsahem vlákniny (Rohilla & Singh 2023).

Kukuřice je plodina, která disponuje vysokou produktivitou a rovněž i velkou rozmanitostí v nutriční kvalitě (Garcia et al. 2021). Kukuřičné klíčky obsahují asi 45-50 % oleje, který se používá při vaření, salátech a získává se z procesu mokrého mletí. Kukuřičný olej obsahuje 14 % nasycených mastných kyselin, 30 % mononenasycených mastných kyselin a 56 % polynenasycených mastných kyselin (Prasad & Kumar 2016). Kukuřice obsahuje základní minerály, vlákninu, železo a kyselinu listovou (Ranum et al. 2014). Dále obsahuje B-komplex, jako je B1 – thiamin, B2 – niacin, B3 – riboflavin, B5 – kyselina pantotenová a B6, díky čemuž je prospěšná pro vlasy, pokožku, trávení, srdce a mozek (Kumar & Jhariya 2013). Schází vitamin B12, a vitamin B3, který je sice přítomný, avšak lidskému tělu těžko přístupný (Ranum et al. 2014). Dále obsahuje vitamíny C, A a K spolu s velkým množstvím betakarotenu

a dostatečným množstvím selenu, který přispívá ke zlepšení štítné žlázy a hraje důležitou roli ve správné funkci imunitního systému (Kumar & Jhariya 2013). Žlutozrné odrůdy mají více vitamínu A a provitaminu A. U bílozrných odrůd je obsah vitamínu A snížen (Chaplygin et al. 2020). Dále obsahuje také triacylglycerol (dos Santos et al. 2019) a fytochemické sekundární metabolity jako saponin, allantoin, sterol, stigmasterol, alkaloidy, hordenin a polyfenoly. Kukuřičné hedvábí obsahuje kyselinu kukuřičnou, draslík, nevysychavé oleje, pryskyřici, cukr, sůl a vlákninu nezbytnou pro naši stravu (Kumar & Jhariya 2013).

3.1.4 Zdravotní přínos kukuřice

Kukuřice je základním zdrojem různých hlavních fytochemikálií, jako jsou karotenoidy, fenolické sloučeniny a fytosteroly. Fytochemikálie jsou bioaktivní chemické sloučeniny přirozeně se vyskytující v rostlinách, které jsou přínosem pro lidské zdraví a mají potenciál snížit riziko závažných chronických onemocnění. (Prasad & Kumar 2016).

Kumar & Jhariya (2013) tvrdí, že kukuřice je silný antioxidant, který chrání tělo před poškozením volnými radikály zodpovědnými za poškození buněk nebo rakovinu. Například bylo zjištěno vykazování antiproliferativní aktivity proti androgen-dependentní buněčné linii rakoviny prostaty u extraktu fialové barvy z kukuřice nachové (Kim et al. 2023). Dále má kukuřice potenciál zmírňovat bolest a má také analgetické účinky. Napomáhá produkci pohlavních hormonů, zejména pro muže s erektilní dysfunkcí. Také se předpokládá, že kukuřice zmírňuje příznaky revmatismu, neboť B-komplex je schopen zlepšit pohyblivost kloubů (Kumar & Jhariya 2013). B-komplex vitamíny jsou také dobré pro kůži, vlasy, srdce, mozek a správné trávení. Přítomnost vitamínů A, C a K spolu s betakarotenem a selenem přispívají ke zlepšení funkce štítné žlázy a imunitního systému (Prasad & Kumar 2016). Hlavní živinou kukuřičného hedvábí je draslík, který je silným diuretikem. V zemích, jako je Francie, Španělsko, Řecko nebo Indie se kukuřičné hedvábí používá k potlačení infekcí močových cest a ledvinových kamenů. V Číně bylo kukuřičné hedvábí široce užíváno v případě zadržování tekutin a žloutenky. Kukuřičné hedvábí zlepšuje krevní tlak a podporuje činnost jater a produkci žluči. Kořeny, listy nebo kukuřičné hedvábí se jako odvar používají při potížích močového měchýře, zatímco odvar z klasu se jako čaj používá na žaludeční potíže. Působí jako dobré změkčovadlo na vředy, rány a otoky. V některých zemích je odvar z kukuřičného hedvábí a pražené kukuřice mimořádně užitečný při nevolnosti a zvracení (Kumar & Jhariya 2013).

Kim et al. (2023) se věnovali u kukuřice nachové kromě užitečných vlastností pro lidi i zlepšujícím vlastnostem u dojivých krav a koz. U dojivých krav podávání kukuřičné siláže, bohaté na antokyany, zvýšilo aktivitu SOD (Superoxid dismutáza je důležitý přirozený enzym a antioxidant) v plazmě a zvýšilo výtěžnost mléka. U dojivých koz bylo pozorováno, že konzumace siláže z fialové kukuřice, bohaté na antokyany, zlepšila antioxidační kapacitu v plazmě a regulovala geny související se zánětem a antioxidanty v mléčných žlázách.

3.2 Základní užitkové směry kukuřice

Kukuřice je kromě nutričního významu pro člověka také základní potravinou pro krmení zvířat a cennou surovinou pro průmyslové zpracování. Každá část kukuřičné rostliny má ekonomickou hodnotu, včetně zrna, listů, stonku nebo klasu, které lze použít k výrobě různých potravin a nepotravinářského zboží (Muntean et al. 2022). Po celém světě se pěstuje mnoho druhů kukuřice, přitom jedním z důležitých rozdílů v určitých zemích, je i barva zrn, která může být bílá, žlutá, červená i černá. Například v Africe není žlutá kukuřice populární z důvodů spojených s vnímáním sociálního postavení. Zřejmě je spojována s programy potravinové pomoci a je vnímána jako potravina pouze pro chudý lid, a proto se konzumuje především bílá kukuřice. Dalšími ještě důležitějšími ukazateli rozdílnosti je velikost a složení endospermu nebo množství cukru. Množství cukru se odráží od odrůdy, ale i od termínu sklizně (Ranum et al. 2014).

3.2.1 Zrnová kukuřice

Zrno kukuřice je důležité z hlediska výživy zvířat (výroba krmných směsí) a následně produkce masa, především vepřové a drůbeží. Kukuřice je také důležitou součástí lidské výživy, z toho důvodu vzrostla i produkce pukancové kukuřice (Vrzal et al. 1995). V potravinářském průmyslu se využívá například pro výrobu oleje (zrno obsahuje až 8 % oleje), vloček, mouky, krupice (Winkler 2019), dále také škrobu, sladidla i nápojů (Maiti et al. 2021). Kukuřičný sirup je užitečný při výrobě džemů, želé a jiných sladkostí a také jako přísada do třtinového cukru a javorového sirupu. Jedlé oleje získané ze semen jsou užitečné v salátech a při vaření (Kumar & Jhariya 2013). V potravinářském průmyslu se hojně využívají i barevné odrůdy kukuřice, které se využívají při přípravě některých nápojů a dezertů, ale také i k barvení nápojů, želé a bonbonů (Kim et al. 2023). Kromě potravinářského průmyslu je tato plodina využívána ve farmaceutickém průmyslu k výrobě mýdel a další kosmetiky. Dále se tato plodina používá jako surovina k výrobě lepidel (Winkler 2019). Rostlina obsahuje dextrin používaný k zalepování obálek a štítků. (Kumar & Jhariya 2013). Mimo zmíněného využití pro lidskou i živočišnou stravu, lze například kukuřici využít k výrobě biologicky rozložitelných plastů (Vrzal et al. 1995).

U výběru hybridu na zrno, je sledovaným ukazatelem především výnos zrna, rychlost jeho dozrávání, odolnost proti poléhání a škůdcům. V chladnějších klimatických oblastech je vhodné volit hybridy, které jsou velmi rané, případně i rané, které mají dobrou odolnost vůči chladu a poskytují jistotu dozrání (Loučka et al. 2015).

3.2.2 Silážní kukuřice

Kukuřice na siláž je vlastně kukuřice pěstovaná na zrno pouze s odlišností fáze sklizně. Kukuřice na zrno se sklízí v plné zralosti, kdežto kukuřice na siláž se sklízí v polozralém stavu, tzv. mléčné voskové zralosti (Hruška et al. 1962). Kukuřice na siláž má postupně větší roli v krmné dávce skotu, jelikož produkce jiných travních siláží je podstatně mnohem více závislá na dostatku srážek a na nižších teplotách v průběhu vegetace (Prokeš 2018). Produkce a využití kukuřičné siláže se zvyšuje zejména v roce, ve kterém se vyskytuje více období sucha. Vyšší

využití siláže je zásluhou chovatelů dobytka produkující mléko, kteří siláž využívají ve větší množství v době deficitu na pastvinách, ale i jako stálá potrava při krmení dobytka (da Silva et al. 2018). Toto potvrzují i Garcia et al. (2021), kteří dále zmiňují, že konzervace píce pomocí silážování, je vnímána jako strategie pro období sucha, kdy není příliš potravy pro dobytek na pastvinách.

Pro výběr hybridu na siláž je rozhodující potenciální užitkovost zvířat. Jsou posuzovány především vlastnosti jako vysoký výnos stravitelných organických živin, vysoká koncentrace energie, chutnost a v době ideální fáze zralosti pro sklizeň vlhkost, která zajistí hladký průběh fermentačního procesu silážování (Loučka et al. 2015).

Kukuřičná sláma využívaná jako krmivo, se vyznačuje konzervačně přijatelným obsahem sušiny, které se pohybuje v rozmezí 30-40 %. Sušina obsahuje dostatečné zbytky zkvasitelných sacharidů, které jsou dále zpracovávány bakteriemi mléčného kvašení. Pro silážování je nejvhodnější sláma stay green hybridů, neboť sušina stébel těchto hybridů je obvykle nižší a pletiva zůstávají déle fyziologicky funkční, tedy čerstvá (Zimolka et al. 2008). Při výběru hybridu kukuřice na siláž by měly být použity takové kultivary, které mají vyšší produktivitu a zároveň jsou přizpůsobené podmínkám v místě pěstování (Garcia et al. 2021). U kukuřice pěstované na siláž je rozhodující obsah sušiny, který následně určuje i termín sklizně (Skládanka 2006).

Kukuřice se již šlechtí jako odrůda s vysokými výnosy nadzemní biomasy, která je vhodná jako surovina pro výrobu bioplynu. Výroba bioplynu v zemědělských bioplynových stanicích (BPS) je především zaměřena na využívání kukuřičné siláže (Petříková 2012).

U hybridů, které se využívají pro sklizeň a následné využití pro výrobu bioplynu, je hlavním cílem zajištění homogenního a vyrovnaného porostu s vysokým výnosem, ale zároveň by mělo mít nižší obsah škrobu. Dále je vhodné, pokud daný hybrid je vyšlechtěn s odolností proti chladu, suchu, poléhání a houbovým chorobám. Hybridy pěstované pro výrobu bioplynu se sklízí při obsahu sušiny v rozmezí 28-32 %, neboť při vyšší sušině se zvyšuje podíl ligninu a následkem toho klesá výtěžnost bioplynu a zároveň se zvyšuje riziko zaplísnění (Loučka et al. 2015).

3.2.3 Geneticky modifikovaná kukuřice (GMO)

Kukuřice je jedním z rostlinných druhů (dalšími jsou například rýže, slunečnice, ječmen nebo pšenice), která je předmětem zájmu pro genetické modifikace. Modifikované rostliny potřebují řadu kontrol ve výzkumu, hodnocení rizik pro životní prostředí, zákonné označení a v neposlední řadě i informování spotřebitelů, aby se mohly pěstovat a mohly být uvedeny na trh (Petrlová et al. 2007). V české republice je GMO kukuřice využívána především jako krmivo pro hospodářská zvířata, v menší míře také jako surovina pro výrobu bioethanolu či bioplynu. Vypěstovaná GMO kukuřice se v ČR nevyužívá pro potravinářské účely (Ježková 2016).

Geneticky modifikovaná kukuřice, konkrétně Bt kukuřice je upravená tak, aby vytlačovala jeden či více proteinů z bakterií *Bacillus thuringiensis* (Ranum et al. 2014), což je bakterie vytvářející BT toxin (bílkovinu). Tato bílkovina poškozuje trávicí trakt hmyzu řádu motýlovití, tedy zavíječe kukuřičného. Je však neškodný pro hmyz ostatních řádu (např. řád blanokřídlí, včela medonosná) nebo pro lidi či hospodářská zvířata. Výsledek úpravy rostliny je absence postřiků proti výše zmíněnému škůdci a úspora nákladů na nákup těchto postřiků (Stratilová & Jedličková 2016).

Ve spojených státech se Bt kukuřice pěstuje jako nejčastější typ kukuřice, celkem až 85 % ze všech druhů. Bt kukuřice nejeví žádné nutriční rozdíly oproti neupravené rostlině. Původně byla GMO kukuřice v evropských a afrických zemích zakázána. Rozmach přišel v roce 2011, kdy se tato kukuřice pěstovala ve 14 zemích. Poté od roku 2012 bylo povoleno do Evropské unie dovážet 26 odrůd herbicidně odolných GMO kukuřice. GMO kukuřice s názvem MON810 byla pěstována na cca 89 000 ha v pěti evropských zemích (Ranum et al. 2014). V roce 2015 byla Bt kukuřice pěstována celkem na 117 000 ha, a to ve Španělsku (92 % celkové výměry), Portugalsku, České republice, Rumunsku a Slovensku (Stratilová & Jedličková 2016). Nedělník (2010) uvádí, že v České republice byla v roce 2005 GMO kukuřice zasetá na ploše 8 000 ha, poté začali plochy této kukuřice klesat, i přes to, že je absence postřiků šetrnější vůči životní prostředí. Důvodem dle Ježkové (2016) je problematický odbyt GMO kukuřice se kterým souvisí i odbyt mléka, neboť mnoho mlékáren odmítá odebírat mléko, pokud jsou dojnice krmeny GMO kukuřicí. Dalším důvodem je administrativní zátěž nebo dodržování odstupné vzdálenosti od ploch s konvenčními plodinami.

Vlivem měnícího se klimatu s častějšími výskyty sucha, byly vyvinuta geneticky modifikovaná kukuřice odolnější vůči suchu (Stratilová & Jedličková 2016), neboť se předpokládá snižování výnosů rostlin vlivem měnícího se klimatu (Parent et al. 2018). GMO kukuřice byla vytvořena za pomoci genu bakterie *Bacillus subtilis* způsobující produkci proteinu, který pomáhá zachovat buněčné funkce v období sucha nebo nedostatku vláhy. Zmíněná upravená kukuřice je povolena pěstovat např. v Kanadě a USA. V České republice není její pěstování dovoleno, ale je povolen pouze dovoz této GM kukuřice (Stratilová & Jedličková 2016).

V České republice je pěstování GMO kukuřice i jiných geneticky upravených plodin ošetřeno zákonem č. 252/1997 Sb. O zemědělství, konkrétně § 2i Pěstování geneticky modifikované odrůdy. Přesně podmínky dané zákonem je blíže uvedeno v příloze č. 1 Přesné znění § 2i Pěstování geneticky modifikované odrůdy (Zákony pro lidi).

3.3 Požadavky pěstování na klimatické a půdní podmínky

3.3.1 Nároky na půdu

Nároky na půdu nejsou tak vysoké jako na teplotu. Nároky na půdu úzce souvisí na podmínkách, ve kterých je rostlina pěstována, a především záleží na klimatické oblasti. Čím menší a příznivější jsou podmínky pěstování, tím větší jsou nároky na půdu. Kukuřici není vhodné pěstovat na těžkých a chladných půdách, jelikož je nemožné setí ve včasném termínu.

Zároveň v případě pěstování na lehkých půdách bez závlahy, trpí rostlina přísušky a vyžaduje více živin, které se musí dodat ve statkových hnojivech. Nevhodné jsou především pozemky ohrožené erozí (Vrzal et al. 1995).

3.3.2 Nároky na vláhu

Spotřeba vody na produkci 1 000 g sušiny je u kukuřice udávána 349 litrů H₂O (Zimolka et al. 2008). Skládanka (2006) uvádí, že nárok kukuřice na vláhu je vysoká. Průměrný úhrn srážek v roce by se měl pohybovat v rozmezí 500-650 mm (Vrzal & Novák 1995). Nedostatek vláhy v půdě v jakékoli fázi vývoje rostlin kukuřice vede ke snížení produktivity. Zároveň nadbytek vláhy společně s nedostatkem vzduchu má za následek tvorbu zakrnělých palic anebo světlou barva listů plodiny (Chaplygin et al. 2020).

Spotřebu vody na tvorbu biomasy lze vyjádřit tzv. transpiračním koeficientem, který udává množství vypařené vody na váhu vytvořené sušiny. Rostliny, které mají C4 cyklus (viz kapitola 3.3.3.1 Hatch-Slackův cyklus) mívají tento koeficient nižší (Trnka & Žalud 2017). U kukuřice činí tento koeficient 256 (Skládanka 2006).

3.3.3 Nároky na podnebí

Kukuřice se řadí mezi rostliny, které jsou teplomilné (Vrzal et al. 1995), a je také citlivá na proměnlivost teploty během vegetačního období (Skládanka 2006). Optimální doba pro klíčení této teplomilné rostliny je 25-28 °C, pro kvetení je to pouze o pár stupňů více, přesně 28-30 °C. V případě výskytu nízké teploty v rozmezí -1 až -2 °C, které trvají až tři nebo čtyři hodiny, se listy rostliny se spálí, případně může dojít ke zničení celé rostliny. Pokud se vyskytují teploty na hranici 10ti °C, může dojít k zastavení růstu kukuřice, žloutnutí listů, a nebo k náchylnosti k chorobám. Největší význam mají pro výnos kukuřice teploty v červnu, v červenci a začátkem srpna (Vrzal et al. 1995).

Podle Skládanky (2006) by měla být průměrná teplota kolem 13 °C. Dále autor uvádí, že suma teplot během celého životního cyklu kukuřice by měla být od 1 700 do 3 120 °C. Tato suma teplot je snižena u raných hybridů kukuřice, které se pěstují ve vyšší nadmořské výšce.

Teplotní požadavky kukuřice jsou podle agropočasí (n.d.) následující:

- Teplota půdy pro výsev by měla být v rozmezí 8-10 °C
- Minimální teplota klíčení je 6 °C
- Průměrná teplota ve vegetační sezóně by měla být minimálně 13 °C
- Vegetativní orgány se začínají vytvářet při teplotě okolo 10 °C
- Generativních orgány se začínají tvořit při teplotě kolem 12 °C
- Optimální teplota pro první fáze růstu 20 °C
- Optimální teplota pro rozvoj kořenového systému 24 °C

3.3.3.1 Hatch-Slackův cyklus

Kukuřice je pěstovaná plodina s cyklem fotosyntetické redukce C4 (Skládanka 2006).

Chi et al. (2004) vysvětlují, že Hatch-Slackův (HS) cyklus, známý jako C4 cyklus, byl objeven v roce 1965 v cukrové třtině. Na rozdíl od Calvin-Benson-Basshamův (CBB) cyklu, zvaný jako C3 cyklus, je prvním enzymem zapojeným do tohoto cyklu fosfoenolpyruvátkarboxyláza (PEPC), která katalyzuje primární karboxylaci fosfoenolpyruvátu (PEP) za vzniku 4-uhlíkové sloučeniny oxaloacetátu (OAA) jako prvního fotosyntetického produktu. Ve srovnání s rostlinami C3, vyvíjí cyklus C4 nové a účinné mechanismy koncentrace CO₂ na anatomické a biochemické funkce, aby se zvýšila výkonnost RubisCO i při omezené úrovni okolního CO₂ a vedou k významnému snížení fotorespirace, zlepšení účinnosti fotosyntézy a účinnosti využití vody během fixace CO₂. Proto Rostliny C4 jsou schopny růst na stanovištích, která mohou být pro druhy C3 příliš drsná, například se jedná o skalní výchozy nebo vyprahlé půdy nízké zeměpisné šířky, a taktéž přispívají zhruba čtvrtinou primární produktivity na planetě.

3.3.4 Nároky na výživu a hnojení

Balík et al. (2001) uvádějí, že kukuřice jako rostlina typu C4, značně dobře využívá sluneční energii, a tedy i efektivně využívá přijaté živiny na tvorbu biomasy. Ovšem také uvádějí, že obsah živin v kukuřici a její odběr se může značně lišit v závislosti na pěstovaném hybridu, úrovni hnojení, anebo klimaticky-půdními podmínkami.

Doporučené dávky tří hlavních prvků podle Khana et al. (2017) jsou takové: dusík-N 195 kg/ha, fosfor-P 140 kg/ha a draslík-K 105 kg/ha. N, P, K se aplikují za použití močoviny, hydrogenfosforečnanu amonného a síranu potaše (SOP). Všechny dávky fosforu a draslíku jsou často podány v době výsevu, zatímco dusík se aplikuje ve třech dávkách (Khan et al. 2017).

Při pěstování kukuřice je běžné používání organických hnojiv, především na půdách, které mají nižší úrodnost. Jako organické hnojivo lze využít chlévský hnůj, močůvku anebo kejdu (Balík et al. 2001).

U chlévského hnoje se příděl pohybuje do 40 tun/ha. Většinou se preferuje podzimní aplikace, pouze na lehkých půdách je možné tolerovat jarní hnojení. V případě využití chlévského hnoje, výše zmíněná dávka na dobře zásobených půdách, doplní potřebu živin, kromě jediné a tím je dusík (Balík et al. 2001).

Je možné také využití hnojení použitím močůvky, kdy dávky dosahují množství podle obsahu dusíku 40-70 t na ha, především v jarním období před přípravou půdy (Balík et al. 2001).

V případě využití kejdy, je kukuřice jednou z nejvhodnějších plodin, kdy kejdu můžeme aplikovat v podzimním i jarním období, eventuálně je možné využít i k přihnojování během vegetace. Rozhodující agrochemický účinek kejdy určuje v první řadě kvalita kejdy a zároveň podmínky, za kterých je aplikována. Lze 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. Termínu aplikace kejdy je závislá na půdních podmínkách. Na středních a těžších půdách je vhodnější podzimní aplikace. Jarnímu aplikaci je upřednostňována na lehčích půdách (Balík et al. 2001).

Li et al. (2019) uvádějí, že fosfor je po dusíku druhou nejcennější makroživinou, který je důležitý pro biologický růst vývoj, a také je nezbytný pro syntézu důležitých biochemických látek. Fosfor má zvláštní význam ve výživě plodin, jelikož hraje klíčovou roli v genetické výbavě a enzymatických aktivitách rostlin (Ali et al. 2019). Producenti musí zajistit dostatečné množství zmíněného prvku v půdě na celé ploše, na které je kukuřice pěstovaná (Zimolka et al. 2008), neboť fosfor je snadno fixován ve většině půd a má nízkou dostupnost pro rostliny (Deng et al. 2014). Hnojení fosforem je podmíněno požadavkem na oblasti, které mají slabě kyselou až neutrální půdou. Na půdách alkalických a kyselých se přísun fosforu z hnojiv snižuje, neboť vznikají fosforečné sloučeniny. Při nedostatku fosforu v půdě můžeme eventuálně využívat hnojení „pod patu“, tzn. při zakládání porostu se dané hnojivo vkládá přímo pod semínko (Zimolka et al. 2008).

V případě tohoto hnojení, plodina fosfor získá i na neutrálních a zásaditých půdách. Hnojivo zapravujeme současně se setím, přibližně o 3-4 cm hlouběji než osivo. Další hnojení je pomocí dusíku. Je velmi podobné jako hnojení fosforem. Hnojíme na podzim nebo před setím. Doporučuje se využívat draselná hnojiva chlorového a sírového typu. Pokud odstraníme chlorový schodek, můžeme dosáhnout zvýšení výnosu zrna. (Zimolka et al. 2008).

Významnou roli v růstových charakteristikách rostlin hraje optimální přísun dusíku, neboť je hlavním činitelem pro složky rostlinných buněk, především díky své roli ve fotosyntetickém aparátu. Efektivita využití dusíku kukuřice se celosvětově odhaduje na 33 %, což je negativně ovlivněno extrakcí hnojiva pod kořenovou zónu a denitrifikací (Bojtor et al. 2021). Dodávka dusíku je jedním z faktorů, který má vliv na růst a výnos rostlin. Dalšími faktory jsou dostupnost vody, dostatečná zásoba organické hmoty v půdě a také přítomnost chorob (Corp et al. 2010).

3.3.5 Choroby a škůdci kukuřice

Nejčastějšími plevele v porostech kukuřice jsou jednoleté obilné a dvouděložné plevele (Georgieva et al. 2017).

Nejzávažnějšími chorobami jsou spálenina listů srdcovky, strupovitost a hniloba kořenů, rez nebo plesnivění semen (Georgieva et al. 2017). Také se může vyskytovat choroby palic nebo choroby stébel plodiny. Kukuřici mohou napadat i viry nebo houbové patogeny, které jsou způsobené pěstováním kukuřice několik let za sebou (Kazda et al. 2003).

Nejčastějšími nepřáteli kukuřice jsou: červi; nosatec šedý; zavíječ kukuřičný (Georgieva et al. 2017). Kazda et al. (2003) zmiňují, že ze zmíněných je nejdůležitější zavíječ kukuřičný. Dále uvádí, že dalším škůdcem kukuřice jsou drátovci nebo bázlivec kukuřičný. Integrace agrotechnických, biologických a chemických činností a prostředků je předpokladem úspěšného boje proti škůdcům kukuřice (Georgieva et al. 2017).

3.4 Technologie pěstování kukuřice

3.4.1 Konvenční technologie

Konvenční technologie pěstování kukuřice zahrnuje následující technologické operace: základní hnojení, hlavní úprava půdy (hluboká orba), předset'ová úprava půdy, setí, ničení plevelů, boj proti chorobám a škůdcům, zalévání a sklizeň (Georgieva et al. 2017).

Hnojení se provádí před hlubokou orbou společně se zaváděním organických fosforečných a draselných minerálních hnojiv plošným kontinuálním postřikem. Důležitou podmínkou dobrého výsledku hnojiv je jejich rovnoměrné rozprostření a hlubší zahrabání do půdy. Hnojení minerálními hnojivy se provádí pomocí hnojících strojů pro plošné rozptýlené hnojení. V těžkých nebo středně těžkých půdách lze ½ dusíkatých hnojiv dovézt na podzim v případě, že se teplota pohybuje v rozmezí 8-10 °C a zahrabat do půdy s předúpravou (Georgieva et al. 2017).

Příprava pole závisí na předchozí plodině, ale zahrnuje často hlubokou orbou pomocí pluhů ve hloubce 28-30 cm, dále mělké podzimní hubení plevelů a jarní ošetření před setím (Georgieva et al. 2017). Při výsevu kukuřice po obilnině následuje ihned po úklidu slámy podmínka s ošetřením. Při pěstování kukuřice na těžších půdách je vhodné po podmítce místo mělkého zpracování půdy provést hlubší kypření do hloubky 20 cm (Hůla et al. 2008). Při výskytu kořenových plevelů se mechanické ošetření kombinuje s postřikem herbicidy a následnou jednou, dvěma povrchovými úpravami diskovými stroji na zpracování půdy (Georgieva et al. 2017). Vzešlý výdrol a současně i plevely po včasném zpracování půdy přispívají při intenzivních srážkách v letním období k ochraně půdy před vodní erozí (Vach & Javůrek 2011).

Je možné také využívat pásové zpracování půdy. Zpracování pásu se skládá z naklonění seťového lože v pásích o šířce 15–20 cm a hloubce 15–20 cm v souladu s řádky plodin střídanými s meziřádkovými pásy neporušené půdy. Pásové zpracování půdy patří do skupiny konzervačních technik zpracování půdy, které na rozdíl od orby nepřevracují půdní vrstvy a nezanechávají zbytky plodin na pokrytí alespoň 30% povrchu půdy (Trevini et al. 2013).

Nejčastěji je kukuřice zakládána po obilninách, v menší míře se pěstuje kukuřice po kukuřici (Vach & Javůrek 2011), které by nemělo trvat déle než tři roky (Georgieva et al. 2017). Moudrý (1999) však uvádí, že by se kukuřice měla zařazovat po zlepšujících plodinách, zvláště po luskovinách, v menší míře pak po okopaninách.

Na erozně ohrožených půdách je vhodné použití technologie s výsevem kukuřice do vymrzající nebo i přezimující (chemicky likvidované) meziplodiny. Hlavním cílem tohoto technologického postupu je ochrana půdy a životního prostředí (Hůla et al. 2008). Na jaře se kukuřice vysévá přesnými secími stroji (např. Kleine, Kinze) do vyzrálé půdy při teplotě 7-8 °C (Vach & Javůrek 2011). Doporučená agrotechnická doba setí kukuřice je od 1. dubna do 20. dubna. Výsev se provádí do řádků o rozteči (vzdálenosti) 70 cm a hloubce 6-8 cm, semena v pořadí 20-30 cm. Doporučený výsevek pro nezavlažovací podmínky 5000-6000

semen na akr, pro podmínky zavlažování 5500-7000 semen na ar. K přesnému setí se používají pneumatické secí stroje (Georgieva et al. 2017). Moudrý (1999) zmiňuje, že při výsevu je potřeba vzít v potaz redukci rostlin od setí do sklizně, která se pohybuje v rozmezí 15-20 %.

V období vegetace kukuřice se provádějí následující činnosti: likvidace plevelů, hnojení, zavlažování (v podmínkách zavlažování) a boj proti chorobám a škůdcům. Likvidace plevelů se provádí buď meziřádkovým zpracováním (Georgieva et al. 2017) nebo za pomoci neselektivních herbicidů potlačujících i vytrvalé dvouděložné plevele (Vach & Javůrek 2011). V případě použití herbicidů je dosaženo úplného zničení plevele, ale nevýhoda je znečištění půdy chemickými látkami. V případě mechanického ničení dojde k hubení plevele pouze v šířce pásma, které je ošetřováno (Georgieva et al. 2017).

V případě pěstování kukuřice na siláž, především pokud plocha pěstování je na pozemcích ohrožené vodní erozí, měli by zemědělci používat mulč z nevymrzajících ozimých meziplodin. Po sklizni a úklidu slámy následuje zpracování půdy kypříčem na hloubku maximálně 0,2 m a výsev nevymrzající meziplodiny. Tyto meziplodiny pak na jaře vykazují další nárůst nadzemní biomasy a s tím souvisejí zvyšující se jejich protierozní účinek (Vach & Javůrek 2011).

Proces sklizně je nejnáročnější z hlediska času a rovněž i nejtěžší proces (Papusha et al. 2019). Sklizeň stonkové kukuřičné hmoty se současným řezáním je neúčinnější pomocí samojízdných sklízecích rezaček, jelikož sklizeň posečené hmoty do vozidel pohybujících se souběžně s kombajny, může vytvářet určité potíže pro organizaci dopravy hmoty. Sklizeň kukuřice na zrno se provádí dvěma technologiemi: sklizeň klasů a sklizeň obilí. Sklizeň klasů je možné provádět při vyšší vlhkosti zrna (asi 30 %), kdy jsou stonky ještě zelené a lze je silážovat. Sklizeň kukuřičných klasů se provádí kukuřičnými kombajny s řezacími stroji a trhacími válci. Když je vlhkost zrna ve fázi zralosti kukuřice snížena pod 22 %, sklízí se pomocí obilných kombajnů, doplněných o kukuřičné kombajny (adaptéry). Výsledné zrno se musí sušit v sušičkách obilí. Při sklizni kukuřice na zrno je třeba sledovat vývoj fáze zralosti a pokles vlhkosti zrna, protože zralost značně zvyšuje ztráty při skladování. Z povahy závislosti je patrné, že ztráty volného a zlomkového zrna intenzivně narůstají po 12-15 dnech sklizně (od počátku plné zralosti zrna). S prodlužováním sklizně kukuřice jsou zvláště silné biologické ztráty především spadlými klasy, které dosahují až 25 % (Georgieva et al. 2017).

V současné době se sklízí kukuřice na zrno výmlatem klasů sklízecími mlátičkami vybavenými sklizňovými nástavci na kukuřici. Tyto mechanismy však mají také několik nevýhod a tou je nedostatečnost zemědělských požadavků v důsledku zvýšeného drcení obilí při výmlatu, vysoké zatížení konkávy obilného kombajnu, což výrazně snižuje jeho životnost (Papusha et al. 2019). Sklizeň kukuřice na siláž se provádí ve fázi zralosti mléčného vosku, kdy jsou stonky ještě zelené. Tato fáze trvá cca 10 dní a záleží pouze na hybridu, kdy se přesně tato fáze objeví (Georgieva et al. 2017).

3.4.2 Minimalizační technologie

V posledních dvaceti letech mají minimalizační technologie značný rozvoj a rozšiřování mezi zemědělci především v souvislosti s vývojem kvalitní techniky. Mezi hlavní důvody rozšiřování a rozvoje zmíněné technologie patří ekonomický, ekologický a technický. Jako ekologické důvody lze uvést především příznivý vliv minimalizačních technologií na strukturní stav půdy (v první řadě zvýšení vodotělnosti půdních agregátů), zlepšení hospodaření s půdní vodou (snížení ztrát vody při nižší intenzitě zpracování, zvýšení vododržnosti půdy, omezení neproduktivního výparu vody z půdy mulčem z rostlinných zbytků na povrchu půdy), redukce vodní a větrné eroze, omezení vyplavování pohyblivých forem dusíku, zlepšení stavu půdní organické hmoty (obsahu a kvality půdního humusu). Z ekonomických důvodů lze uvést úsporu práce a energie. Snižují se počty pracovních úkonů, počty pracovníků v zemědělských podnicích a také se navyšují výkonosti strojů. V současné době je na trhu dostupné značné množství strojů a strojních linek zajišťující možnost volby technologických postupů pro konkrétní podmínky (Procházková et al. 2011). Výzkumy po celém světě poskytují stále více důkazů o hodnotě produkce kukuřice bez zpracování půdy. U většiny půd jsou výnosy a zisk z produkce kukuřice bez orby podobné nebo v některých případech dokonce vyšší než u konvenčního zpracování půdy (Ahmad et al. 2010). Hlavním rozdílem od konvenčního zpracování půdy je to, že se neprovádí orba radličními pluhy, ale jako základní stroj se používá kypřič (Hůla et al. 2008). Pokud zemědělci nevyužívají orbu a zpracování půdy je omezené, je tím ušetřena půda i vodní zdroje a zároveň se snižuje množství energie (Mupangwa et al. 2007).

V České republice je míra používání těchto technologií odhadována (na základě množství prodaných strojů a náradí, jejich plošného výkonu a předpokládaného využití) na více než 40 % orné půdy. V zemědělské praxi jsou minimalizační technologie používány především u hustě setých obilnin, dále u kukuřice, olejnin a luskovin, a dokonce i u cukrovky (Procházková et al. 2011).

Minimalizace zpracování půdy může být využita ke všem druhům ozimých obilovin, především jsou tyto technologie využívány u kukuřice, která se pěstuje v lepších půdně klimatických podmínkách (Šimon et al. 1999). Různé způsoby minimálního zpracování půdy k ozimům lze úspěšně uplatnit především v sušších a teplejších oblastech (Hůla et al. 2008). Tyto technologie jsou uplatňovány i na těžkých půdách, kde stav půdního prostředí mnohdy vylučuje kvalitní založení porostů ozimých plodin v požadovaných agrotechnických lhůtách konvenční technologií s orbou. V takových případech je použití minimalizace často jediným možným způsobem, jak založit porost (Procházková et al. 2011).

Problémem při používání minimalizačních technologií u kukuřice je nedostatečné prohřívání půdy v jarním období (v době setí a počátečních fázích růstu a vývoje kukuřice). To se odráží ve zpomalování klíčení, vzcházení a počátečního růstu. Vlhkostní podmínky půdy jsou naopak při její nižší intenzitě zpracování příznivější než po orbě (Procházková et al. 2011). Při používání minimalizačních technologií převládají postupy s mělkým, případně se středně hlubokým zpracováním půdy kypřením radličkovým nebo talířovým náradím na podzim a mělkým kypřením před setím (Hůla et al. 2008).

Současné konstrukce strojů pro zjednodušené způsoby založení porostů plodin zcela splňují nároky na vysokou kvalitu zpracování půdy a na vytvoření kvalitního setového lůžka. Podle pěstovaných plodin a místních půdních podmínek je třeba zvolit konkrétní pracovní linky tak, aby jednotlivé stroje měly co nejširší využitelnost. Jde především o kypřiče pro mělké i hluboké kypření, kombinované kypřiče s možností volby různých pracovních nástrojů a dále secí stroje s volbou různého typu botek a secí kombinace, které spojují předsetovou přípravu se setím v jeden technologický celek (Vach & Javůrek 2011).

V minimalizačních a půdoochranných technologiích záleží kvalita práce strojů pro zpracování půdy ve značné míře na kvalitě předchozích pracovních operací. Jestliže při sklizni obilovin sklízecími mlátičkami zůstane na pozemku nedostatečně plošně rozptýlená podrcená sláma, nemůže být při mělké podmítce a následném setí zajištěno, aby osivo nebylo v půdě ve styku se slámou. Dalším ukazatelem kvality zpracování půdy v minimalizačních technologiích jsou vytvořené hluboké kolejové stopy při sklizňových úkonech, což má za následek nutně hlubší, a tedy energeticky náročnější kypření půdy s následným urovnáním půdy (Hůla et al. 2008).

Některé kypřiče je možné využívat jak v systémech zpracování půdy s orbou, kde se uplatňují jako podmítače, tak u technologií bez orby pro mělké kypření a opakované mělké kypření (Hůla & Procházková, 2008).

Kypřiče jsou využitelné i pro kvalitní hlubší zpracování půdy zejména pro kukuřici a řepku. Po zpracování půdy těmito kypřiči zůstává na povrchu půdy poměrně málo rostlinných zbytků (Hůla & Procházková, 2008).

3.5 Technologie zpracování a využití kukuřice

3.5.1 Potravinářské účely

Dříve se kukuřice se používala mnoha způsoby, například se vařila, opékala na uhlí se slupkou nebo upekla tak, že se klasy zakopaly do slupek v uhlí. Čerstvá kukuřice se také škrábala nebo krájela z klasu a poté se pražila, vařila, smažila nebo pekla. Čerstvá řezaná kukuřice se rovněž vařila s fazolemi či jinou zeleninou. Pokud byl k dispozici, mnohdy se do těchto potravin přidával bizoní nebo medvědí tuk. Čerstvá jádra, nakrájená nebo vyškrábaná z klasu, byla často rozdrčena do kaše a poté použita k pečení zelených kukuřičných koláčů (Tracy, 1999).

Jedním z nejdůležitějších použití zelené kukuřice bylo jako konzervovaná potravina pro použití po celý rok. Pro uchování se kukuřice uvařila na klas a následně byla jádra odstraněna řezáním nebo vytrháváním a poté sušena (Tracy, 1999).

Kukuřice je hojně využívána v potravinářském průmyslu jako olej. Kukuřičný olej je zdravý jedlý olej, který se běžně používá při vaření, protože se skládá převážně z polynenasycených mastných kyselin a má nízký obsah nasycených tuků. Uvádí se, že kukuřičný olej je složen především z nenasycených mastných kyselin, které mohou snižovat cholesterol a

srdeční infarkt (Iriany et al. 2020). Kukuřice se dále využívá k výrobě vloček, mouky, krupice (Winkler 2019), také škrobu, sladidla i nápojů (Maiti et al. 2021). Také se využívají i barevné odrůdy kukuřice, které se využívají při přípravě některých nápojů a dezertů, ale i k barvení nápojů, želé a bonbonů (Kim et al. 2023).

V současné době se v různých částech světa používají nejrůznější potravinářské technologie pro zpracování průmyslově vyráběné kukuřičné mouky a kukuřičného šrotu za účelem získání předvařené rafinované kukuřičné mouky, dehydratované nixtamalizované mouky (slouží jako stabilizátor výrobků), fermentované kukuřičné mouky a dalších kukuřičných produktů, které mají různé vnitřní obsahy vitamínů a minerálních látek a jejich zpracování probíhá různými způsoby, které mohou způsobit změny ve složení živin (Gwirtz et al. 2013).

Pro zpracování kukuřice na produkty se používají dvě základní technologie průmyslového zpracování. Jde o suché a mokré mletí.

- Mokrý mletí – kukuřice je rozdělena do chemických sloučenin škrobu, proteinu, oleje a vlákniny. Produkty a vedlejší produkty získané z mokrého mletí kukuřice vyžadují další průmyslové zpracování před konečnou spotřebou. Primární produkt, škrob, může být zpracován na různé škrobové produkty nebo dále rafinován na různá sladidla prodávaná v kapalné či suché formě.
- Suché mletí – jde o alkalické zpracování nebo nixtamalizaci, při které se celá kukuřice vaří s přebytkem vody ošetřené oxidem vápenatým. Kukuřičné zrno může být mleté celé nebo frakcionované (Gwirtz et al. 2013).

3.5.2 Energetické účely

Nejvhodnější způsob využití biomasy k energetickým účelům je do určité míry stanovený fyzikálně-chemickými a technicko-energetickými vlastnostmi rostliny (Daňková 2002). Způsob využití rostlinné hmoty také závisí na její skladovatelnosti, obsahu vody, struktuře a látkovém složení (Moudrý & Stražil 1999).

Pastorek et al. (2004) vysvětlují, že nejrozšířenější energetické využití biomasy jsou prozatím termické procesy. Jedná se o suchou destilaci biomasy bez přístupu vzduchu či s minimálním přívodem vzduchu. Dále zmiňují přeměny vlhkou cestou. Jde o přeměny biomasy ve vlhkém prostředí procesů fermentace, které vedou ke vzniku metanu a etanolu. Právě tyto technologické postupy výroby metanu (bioplynu) a etanolu z biomasy nabyly na významu a jsou technicky nejvíce propracovány.

Kůst (2010) zase uvádí, že prostřednictvím výroby elektrické energie z bioplynu se dokáže kontrolovat uzavřený cyklus výroby energie, od prvovýroby až po prodej konečného výrobku. Budoucí bioplynové stanice následně mohou vyrobeným teplem a elektřinou zásobovat nejen svůj provoz, ale mohou případné přebytky energií nabídnout do celostátní sítě. Tyto projekty jsou podporovány Evropskou unií ve snaze snížit závislost na spotřebě fosilních paliv. Při výběru vhodného substrátu pro tyto bioplynové stanice jsou vhodné zejména rostliny bohaté na škrob. Z tohoto důvodu se při realizaci projektů a provozu zemědělských

bioplynových stanic hlavní pozornost věnuje přípravě kvalitního substrátu, tj. výrobě kvalitní kukuřičné siláže, která se jeví jako nejvhodnější a nejekonomičtější substrát v současnosti.

Z výše zmíněných důvodů se řada šlechtitelských firem již zabývá šlechtěním kukuřice pro využití na bioplyn, kdy hlavním rozdílem mezi hybridem určeným pro výrobu bioplynu a hybridem určeným pro skot je větší podíl stonků a listů a menší podíl zrna či škrobu. Důvodem je fakt, že se ze zrn vyprodukuje zhruba o 20 % méně bioplynu než ze zelených částí rostliny. Na druhou stranu určitý podíl zrna či škrobu na výnose hmoty je potřebný i z důvodu, aby při požadované sušině hmoty 30–33 % při silážování netekly silážní šťávy. To je o to důležitější, že při sklizni na bioplyn se zkracuje řezanka na 3–8 mm, ale současně musí být rostlina zelená, aby byla „stravitelná“ s co největším výtěžkem bioplynu (Kůst 2010). Problematika výběru hybridu kukuřice pro následné využití na bioplyn spočívá v tom, že Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský v ČR (ÚKZÚZ) uvádí pouze, zdali je daný hybrid vhodný pro pěstování na zrno nebo pro pěstování na siláž (Loučka et al. 2015).

3.5.3 Silážování

Konzervace krmiv silážováním náleží mezi nejstarší činnosti lidí, neboť již ve starém Egyptě znali způsob uchovávání čiroku a kukuřice v udusaném stavu. O silážování krmiv jsou dochovány zprávy jednak ze staré Číny, z římských kolonií, Španělska, ale také z Mexika od Aztéků (Mašek 2010).

Sušina celkové suché hmoty při sklizni je podle normy ČSN ISO 467007 stanovena ze vzorku odebraného při sklizni parcely. Je hlavním ukazatelem ranosti silážních hybridů (Povolný & Vacek 2016).

Kukuřice je dobře silážovatelná z důvodu nízké pufrační kapacity (nízký obsah dusíkatých látek, bazických prvků a dusičnanů). Podstatné však je zamezení znečištění rostliny zeminou, které hrozí především za špatného počasí. Se znečištěným krmivem se do silážované hmoty dostávají klostridie, které jsou zodpovědné za máselné kvašení a tvorbu kyseliny máselné a biogenních aminů. Proto by měl podíl nečistot činit méně než 3 % v sušině (Loučka et al. 2015).

Kukuřice je lehce silážovatelná, jeli silážována ve vhodném vegetačním stádiu a zároveň je zajištěno dostatečné udusání silážované řezanky. Problém při silážování nastává v případě, pokud je silážování provedeno při sušině nižší než 28 %. Následkem toho bývají siláže hodně kyselé a vzniká nebezpečí odtoku silážních šťáv, které znamenají zvýšení fermentačních ztrát a nebezpečí znečištění životního prostředí. Problémy také nastávají, pokud je kukuřice sklizena ke konci mléčné zralosti zrna, neboť v této době dosahuje u kukuřice největší koncentrace energie, a ta se vyznačuje sníženým podílem cukrů. Z těchto důvodů je nutné zkrátit délku řezanky, aby po naskladnění do silážního žlabu bylo možné intenzivním dusáním snížit podíl vzduchu v řezance na minimum a tím podstatně zkrátit počáteční aerobní fázi fermentačního procesu (Loučka et al. 2015).

3.6 Šlechtění

Šlechtění plodin obecně reaguje na globální změnu klimatu a rychle rostoucí populaci a tím pádem i zvyšující se poptávku po větším množství kvalitních potravin (Singh et al. 2021). Primárním pěstitelským cílem je maximalizace produktivity a výnosu a zároveň zachování kvality plodin (Bojtor et al. 2021). Watson (2016) tvrdí, že zachování a využití genetické rozmanitosti kukuřice závisí na vývoji nových odrůd, které jsou odolné vůči škůdcům, chorobám i extrémnímu počasí.

3.6.1 Historie a vývoj šlechtění kukuřice

Podle Munteana et al. (2022) od doby domestikace, která byla pravděpodobně krátkodobým procesem byla nejrozšířenější metodou genetického vylepšování hromadná selekce, která spočívala ve výběru nejlepšího klasu nejzdravější rostliny a následně se tento klas použil na vysévání v následujícím roce. Přestože byla tato metoda v průběhu historie neustále zdokonalována, nebyla příliš prospěšná pro znaky s nízkou dědičností jako je výnos kukuřice.

Šlechtitelé z Illinois Agricultural Experiment Station v roce 1896 započali jednu z nejdelsích světových studií, která spočívala ve výběru kukuřičných zrn pro vysoký obsah oleje. Výsledkem byl významný posun v koncentraci oleje po 100 generacích, neboť ze základu asi 5 % má zrno v současnosti asi 20 % oleje (Muntean et al. 2002).

Dalším nástroj šlechtění byl pokus o nasměrování pylu z jedné rostliny na druhou. Tyto pokusy začaly v roce 1867, kdy šlechtitel Bidwell HS ve svém šlechtitelském programu zavedl odstraňování chlupů kukuřice jako opatření pro kontrolu opylování. V letech 1878-1881 profesor WJ Beal z Michigan State Agricultural College navrhl křížení odrůd kukuřice za účelem pěstování komerčních kultivarů. Dále pak Kellerman WA a Swingle WT v roce 1891 provedli první segregáční počty na klasech kukuřice pro škrobový gen. V roce 1893 vyhrála zlatou cenu jako „nejkrásnější kukuřice na světě“ během světové kolumbijské výstavy v Chicagu kukuřice, která se následně stala velmi důležitým rodičem pro moderní hybridní kukuřice (Muntean et al. 2002).

Ve šlechtění kukuřice se stal revolučním krokem až objev „hybridní vitality“ nebo heterózy (křížení geneticky rozdílných genotypů, které vedou ke zlepšení vlastností výsledného hybridu) v roce 1909, současně East EM na Harvardské univerzitě ve spolupráci s Connecticut Agricultural Experiment Station a Schull GH na Carnegie Institution Station v Cold Spring Harbor. Tento objev byl první krok k vědeckému šlechtění kukuřice. Teprve až v roce 1933 byla představena první hybridní kukuřice vytvořená křížením inbredních linií (Muntean et al. 2002).

V letech 70. – 80. 20. stoletím začalo moderní šlechtění kukuřice první regenerovanou rostlinou z buněčné kultury a sekvenováním prvních genů kukuřice. V roce 1975 in vitro selekce našla kalusové kultury odolné vůči houbovému rostlinnému patogenu *Helminthosporium maydis* T-toxinu. V roce 1996 byl uveden na trh první transgenní kultivar kukuřice, hybrid *Bacillus thuringiensis* (*Bt*). Následovaly hybridy s odolností proti

hmyzu, tolerancí k herbicidům a odolností vůči suchu. Prediktivní šlechtění začalo s klesajícími náklady na sekvenování genomu na konci 90. let 20. století na počátku 21. století, dnes známé jako genomická predikce nebo genomická selekce. Změna genomu technologií CRISPR představuje začátek precizního šlechtění rostlin. První plodinou upravenou CRISPR, která byla předložena regulačnímu systému USA v roce 2016, byla kukuřice Pioneer s vysokým obsahem amylopektinu od společnosti DuPont (Muntean et al. 2002).

Nejnovější techniky šlechtění rostlin jsou založené na editaci genů, cisgenезi a epigenetických přístupech. Tyto techniky budou hrát zásadní roli ve vývoji nových kultivarů rostlin, tím pádem umožní přesnější, předvídatelnější a zároveň rychlejší šlechtění (Muntean et al. 2002).

Iriany et al. (2019), zmiňuje potřebu nového šlechtitelského postupu pro zlepšení druhů kukuřice s širokou genetickou rozmanitostí, tak, aby se vyvinuly odrůdy s vysokým obsahem oleje, neboť se v některých zemích se používají odrůdy s vysokým výnosem, avšak nízkým obsahem oleje a tyto odrůdy nejsou následně efektivně využívány na olej.

3.6.2 Šlechtění kukuřice

Šlechtitelské programy kladou důraz na produkci zrna a píče kukuřice pro lidskou spotřebu a krmivo pro zvířata. Z tohoto důvodu je přikládán značný význam při šlechtění na zlepšení růstu rostlin ve stresových podmínkách (Tandzi et al. 2018).

Singh et al. (2021) zmiňují ideál šlechtitelských firem, kterým je zkrácení doby generování plodin. Po několika technikách vyvinuly tzv. rychle šlechtění (SB - speed breeding). Jedná se o novou technologii, která vede ke zkrácení cyklu šlechtění plodin a urychlení zlepšení plodin prostřednictvím rychlého generačního pokroku. Pěstování zemědělských plodin v přizpůsobených růstových komorách SB pomáhá urychlit výzkum plodin s fenotypizací dospělých rostlin, křížením, studiem mutantů a transformací. Doposud bylo vyvinuto mnoho protokolů specifických pro pšenici, rýži, ječmen nebo řepku pro SB v růstových komorách nebo sklenících s kontrolovanými podmínkami prostředí. Stále však nebyl vyvinut protokol SB pro kukuřici, přestože použití techniky SB v kukuřici by mohlo být prospěšné.

Tandzi et al. (2018) zmiňuje že, kukuřici není možné pěstovat na kyselých půdách, neboť kyselá půdy mohou vést k toxicitě hliníku (Al), manganu (Mn), anebo železa (Fe) a tím pádem je velmi omezena možnost produkce kukuřice. Proto se již šlechtitelské firmy zabývají šlechtěním kukuřice s tolerancí na kyselá půdy. Mezinárodní centrum pro zlepšení kukuřice a pšenice (CIMMYT) ve spolupráci s několika národními systémy zemědělského výzkumu (NARS) po celém světě vyvinulo kultivary kukuřice, která je tolerantní vůči kyselým půdám. Bohužel některé kultivary nebyly zemědělci přijaty, a to i přes to, že využití kukuřice odolné vůči kyselým půdám je ekonomicky výhodnější nežli upravovat pH zemědělské půdy.

Odrůdy kukuřice by měly být přizpůsobeny, aby byly odolné vůči suchu, extrémnímu horku i chladu, které narůstají vlivem měnícího se klimatu. Vyšlechtění takové „dokonalé“

odrůdy však není možné, neboť se podmínky stále mění. Uvedení nové odrůdy na trh trvá v průměru 10-15 let, a proto musí šlechtitelé dopředu předvídat, jaké budou podmínky pěstování v době, kdy se nová odrůda dostane na trh (Liepold 2018).

3.7 Agroekosystém a jeho funkce

3.7.1 Klima

Klima je stav meteorologických jevů, které jsou sledovány dlouhodobě, naopak tomu je počasí, které je sledované v krátkodobém časovém intervalu. Lze tedy říct, že klima je dlouhodobý stav počasí. Počasí má velmi silný vliv na vývoj rostlin, jeho výnos a kvalitu, ale i výskyt plevelů, chorob a škůdců. Různé extrémy počasí mají negativní dopad na výnosy rostlin i jeho kvalitu i narůst různého patogenu, jelikož se mění i citlivost rostliny na ochranu proti chorobám a škůdcům. Podstatný extrém v budoucnu bude pro zemědělce zejména sucho, které by mohlo být jako důsledek měnícího se klimatu, neboť právě velká část odezvy měnícího se klimatu, bude souviset právě s vodou, a tím pádem by zemědělci měli zohlednit své hospodaření s vodou tak, aby zajistili zvýšení efektivity využívání vody, a zároveň snížení ztráty vody (Středa et al. 2013).

Zemědělská rostlinná produkce úzce souvisí s klimatem, dá se říct, že klima je rozhodující faktor produkce. Kolísání teplot a změny objemu srážek jsou hlavními příznaky ovlivňující růst a vývoj plodin, a v konečném důsledku i vyprodukovaného množství zemědělských plodin (Ilič et al. 2016).

Je nutné věnovat pozornost změně klimatu a přizpůsobit zemědělství této změně. Vzniká tzv. klimaticky inteligentní zemědělství (CSA - Climate-smart Agriculture), které klade za cíl zvýšit produktivitu a příjmy, zvýšit odolnost a snížit emise skleníkových plynů ze zemědělských činností. Místní, národní i globální politické programy začínají více věnovat pozornost změně klimatu a vlivu na zemědělství a prostřednictvím rozvoje zemědělství usilují o řešení této problematiky (Khatri-Chhetri et al. 2019).

3.7.2 Vývoj klimatu v ČR

Poloha České republiky je označována jako oblast středoevropského přechodného klimatu, kdy podnebí země je velmi ovlivněno cirkulačními a geografickými poměry. Na podnebí v této zemi působí vliv Atlantického oceánu i malé procento vlivu euroasijského kontinentu. V ČR většinu části roku převládá vzduch mírného pásma. Kromě toho se zde vyskytuje i vzduchová hmota tropická a v menší intenzitě i hmota arktická, a to především v zimním období (Středa et al. 2013).

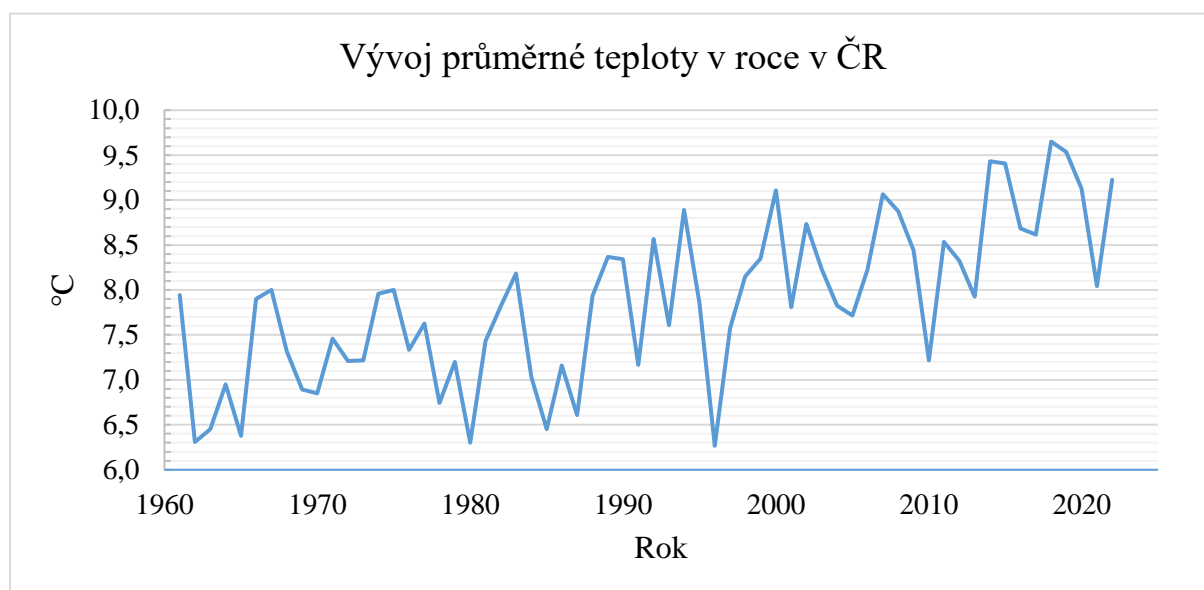
V posledních letech je možné pozorovat zvyšující se početnost a závažnost extrémních povětrnostních jevů (povodně, sucha a vlny veder), a předpokládá se další jejich zvýšení. V letech 1997–2013 zasáhlo zemi celkem osm těžkých povodní, které zanechaly velmi rozsáhlé ekonomické škody a také několik desítek obětí. Lze předpokládat zvyšující se frekvence

povodní a výskyty povodní v západní a střední Evropě, včetně České republiky (Lorencova et al. 2019).

Dopady změny klimatu se odrážejí i v průměrné roční teplotě, která se v posledních pěti desetiletích zvýšila o 0,8 ° C a předpokládá se další nárůst o 0,24 ° C každých 10 let. Dále se změna klimatu projevuje i ve výskytu srážek, které ukazují nárůst v zimních a jarních měsících a pokles v letních a podzimních měsících (Lorencova et al. 2019).

V neposlední řadě je možné sledovat dopady změny klimatu ve změnách průměrného počtu dnů s extrémními teplotami. Mezi obdobími 1961–1990 a 1991–2010 vzrostl počet letních dnů (maximální teplota vzduchu ≥ 25 ° C) v průměru o 12 dní a počet tropických dnů (maximální teplota vzduchu ≥ 30 ° C) vzrostl o 6 dní. V červenci 2006 byly zaznamenány nejdelší a nejzávažnější vlny veder, které trvaly 33 dní a zároveň byly nejdelší a nejzávažnější individuální vlnou veder v Praze od roku 1775. Tyto výskyty a dopady veder se v posledním desetiletí zvyšují a předpověď pro blízkou budoucnost (2021–2050) naznačují 50% nárůst počtu tropických dnů a také i tropických nocí (Lorencova et al. 2019).

Graf č. 1: Vývoj průměrné teploty v roce v ČR, zdroj: Český hydrometeorologický ústav, vlastní tvorba



Klasifikace ČR

Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ) vypracoval nejpoužívanější klasifikaci podnebí v ČR a zároveň sepsal i Atlas podnebí Česka, který obsahuje mapu klimatických oblastí za období 1961–2000 (Středa et al. 2013).

Středa et al. (2013) uvádějí, že na základě této klasifikace se ČR rozděluje na následující Klimatické oblasti:

- Teplá oblast, která je vymezena izolinií s padesáti i více letními dni. Jedná se o nejteplejší oblast vhodná k pěstování teplomilných plodin (kukuřice, paprika apod.)

- Mírně teplá oblast, která je vymezena izoliníí třiceti letních dnů. Tato oblast je často nahrazena červencovou izotermou v Čechách a na Moravě 15 °C a v Beskydech 16 °C a zároveň je zde hranice, kdy je možné pěstovat pšenici.
- Chladná oblast je taková, kdy červencové teploty nepřesahují v Čechách a na Moravě 15 °C a v Beskydech 16 °C.

3.7.3 Půda

Půda nejenže zajišťuje živiny nutné pro život rostlin, zajišťující výživu pro živočichy i člověka, ale je také prostředím pro recyklaci a detoxikaci organických materiálů a koloběhu mnoha prvků (Šarapatka et al. 2002).

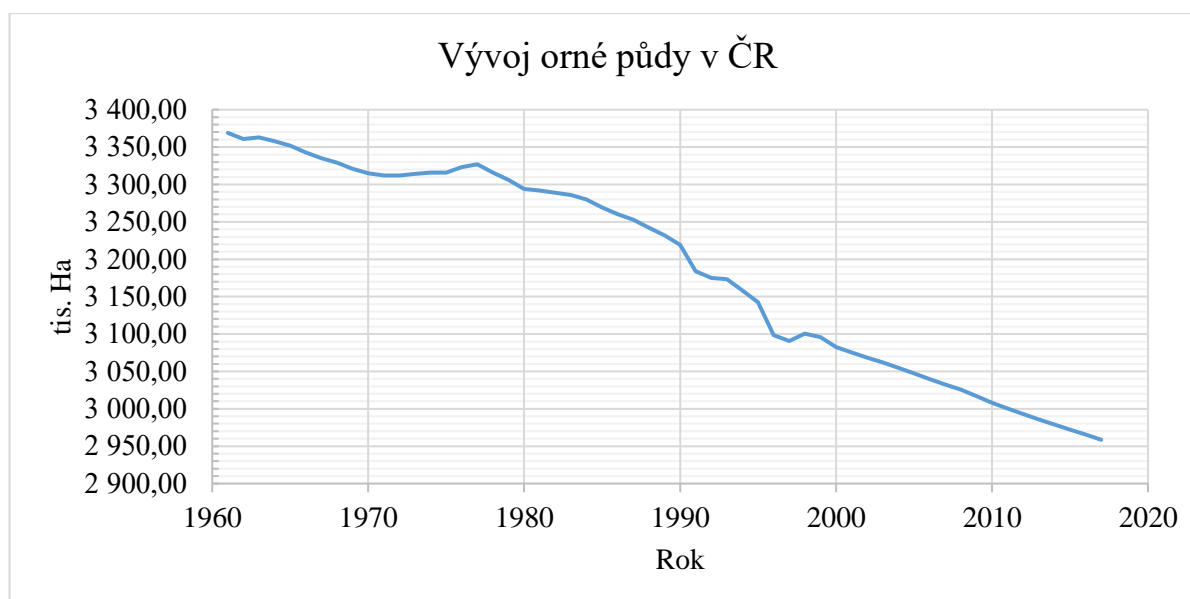
Zemědělská půda je označována jako největší přírodní zdroj a základní prvek zemědělských činností, jejichž kapacita a kvalita v konečném dopadu ovlivňuje rozsah zemědělské produkce a úroveň výnosu plodin (Ilič et al. 2016). Obdělávání půdy se řadí mezi nejdůležitější postupy v zemědělství, které se provádí především za účelem smíchání půdy s organickými zbytky a hnojivy, uvolnění horní vrstvy půdy, kontroly plevelu a vytvoření vhodného seťového lůžka pro klíčení a růst rostlin. Fyzikální a biologické vlastnosti půdy jsou ovlivněny způsobem zpracování půdy, což zase vede ke změně růstu rostlin a výnosu (Khan et al. 2017).

Hlavním určujícím faktorem kvality půdy je organická hmota v půdě. Pro udržování organické hmoty v půdě je zásadní hnojení půdy organickými hnojivy, které přispívají k hromadění potřebného uhlíku v půdě, či minerálními hnojivy, kdy například minerální dusík (N) podporuje proces rozkladu (Šimon et al. 2018).

3.7.3.1 Ohrožení půdy

Ohrožení půdy je především ve ztrátě vysoce kvalitní zemědělské půdy, což je problém nejen v ČR ale v celém světě i mimo rozvojové země. V ČR je tato ztráta zapříčiněna intenzivním využíváním zemědělské půdy, kdy v důsledku socialistického režimu byly ve druhé polovině 20. století vytvořeny pozemky o velikosti několik stovek hektarů z původních pozemků tvaru půdních bloků o velikosti 0,5 ha. Tímto necitlivým zásahem byla krajina devastována (zpusťování přírodních ekologických stabilizačních prvků, odvodnění říčních niv a mokřadů apod.). Tyto činy vedly k velmi silnému rozvoji větrné a vodní eroze (Karásek et al. 2019).

Graf. č. 2: Vývoj orné půdy v ČR, Zdroj: Český statistický úřad, vlastní tvorba



Další ohrožení půdy souvisí s její strukturou, neboť četné a nadměrné obdělávání půdy mají destruktivní vliv na strukturu půdy a zároveň vede k jejímu rozrušování a následnému přesychání. Zemědělci musí především provádět pracovní operace optimálně a kvalitně, aby byla půda správně a nanejvýš obdělávána (Vach and Javůrek 2011).

Půdní eroze je proces, při kterém je půda rozrušována a odnášena (denudace) činností vody, větru, ledu apod. a je přemísťována (transport) na jiná místa, kde dohází k uložení (akumulace) půdních částic. V závislosti na podmínkách se může projevit buď samostatně, anebo v kombinaci s jinými příznaky (Šarapatka et al. 2002). Tento proces je přirozený, nicméně vlivem člověka, který zasahuje přírody a krajiny svým intenzivním hospodařením tento proces velmi urychluje. Hlavní hrozbou je vodní eroze, která je definována jako proces uvolňování, transportu a ukládání půdních částic tekoucí vodou. V ČR vodní eroze ohrožuje takřka 50 % zemědělské půdy, větrnou erozí je ohroženo 20 %. V současné době se úbytek půdy na území České republiky pohybuje okolo 21 milionů tun orné půdy ročně, především z důvodu, že současné zemědělské subjekty zajímá především zisk, a nikoliv rozvoj venkovských oblastí a ochrana orné půdy. Prostředek ke zlepšení situace s úbytkem půdy spočívá v konsolidaci půdy, úpravy vlastnických práv ve veřejném zájmu nebo navrhování a provádění opatření sloužících k ochraně a rozumnému využívání přírodních zdrojů (půdy i vody). Pozemkové úpravy upravuje Zákon č. 139/2002 Sb. o pozemkových úpravách a pozemkových úřadech (Karásek et al. 2019).

V kapitole 3.1.1 Historie a původ se již zmiňovalo, že pěstování kukuřice je omezeno tím, že se kukuřice smí pěstovat na pozemcích, které mají sklon svahu maximálně 7°. Další ochrana půdy je zakotvena v tzv. Dobrém zemědělském a environmentálním stavu (DZES, dříve GAEC). Tyto Základní podmínky hospodaření na zemědělské půdě stanovují tzv. pravidla Kontrol podmíněnosti (Cross compliance), která se zabývá ochranou půdy, vody i krajiny. Plnění těchto standardů půdy je v České republice jako podmínka pro vyplácení přímých podpor a dalších vybraných dotací. Žadatel pěstující kukuřici musí dodržovat Standard DZES 5, který udává, že žadatel na ploše dílu půdního bloku označené v evidenci půdy jako půda, a

zároveň je silně erozně ohrožená vodní erozí nesmí pěstovat erozně nebezpečné plodiny jako je právě kukuřice nebo třeba i brambory, řepa, bob setý atd. Zároveň však platí, že zmíněná podmínka nemusí být dodržena, pokud celková výměra plodiny nepřesáhne 0,40 ha. zemědělské půdy z celkové obhospodařované plochy žadatelem za předpokladu, že směr řádků dané erozně nebezpečné plodiny je orientován ve směru vrstevnic s maximální odchylkou od vrstevnice do 30 ° a pod plochou erozně nebezpečné plodiny se nachází pás zemědělské půdy o minimální šíři 24 m, který na erozně nebezpečnou plodinu navazuje a přerušuje všechny odtokové linie procházející erozně nebezpečnou plodinou na erozně ohrožené ploše, a na kterém bude žadatelem pěstován travní porost, víceletá pícnina nebo jiná než erozně nebezpečná plodina (Ministerstvo zemědělství).

3.7.4 Voda

V rozvojových zemích se vyskytuje až 95 % populačního růstu a značná část těchto lidí se spoléhá na produkci dešťových potravin. Z dešťového zemědělství pochází zhruba 58 % světové produkce potravin. Dešťové srážky jsou však nestálé a zároveň vysoce proměnlivé jak v prostoru, tak v čase. Dešťové srážky se často mohou vyskytovat jako konvektivní bouře vysoké intenzity s krátkým trváním, které vedou k silné erozi půdy, zvláště brzy v osevním období, kdy je půda ještě holá (Mupangwa et al. 2007).

V České republice je vysoká proměnlivost podnebí, a proto se v jednom roce mohou objevovat mimořádně vysoké úhrny srážek a sucho zároveň. Problémy s nedostatkem vody způsobují kolísání srážek a zároveň vyšší teploty, které přispívají intenzivnímu výparu (Středa et al. 2013).

3.7.4.1 Sucho

Podle Brázdila et al. (2015) je sucho definováno jako záporná odchylka vodní bilance od klimatického normálu v určité oblasti během určitého časového intervalu. Příčinou je tedy absence srážek, vyšší teplota vzduchu a zároveň vyšší sluneční záření a nižší vlhkost vzduchu. Tyto všechny faktory ovlivňují život rostlin, konkrétně třeba vyšší ztráty vody evapotranspirací. Účinky sucha závisí i na úrovni hospodářského vývoje v dané zemi (Potop et al. 2010). Sucho lze také definovat jako abiotický environmentální faktor, který má značný vliv na rostliny v podobě zpomalení růstu a snížení výnosů plodin, které se téměř rovnají ztrátám způsobeným kombinací jiných přírodních katastrof (Bukhari et al. 2021).

Sucho se dá členit do čtyř kategorií: meteorologické, hydrologické, zemědělské a socioekonomické. Meteorologické sucho, je naznačována indikátory, které jsou založeny na meteorologických veličinách, kdy jeho totožnost předchází nástupu specifických dopadů (další druhy sucha). Zemědělské sucho se projevuje na rostlinách, kdy nedostatek vody ovlivňuje jejich růst. Doba trvání se může pohybovat v rádech týdnů až 6-9 měsíců. Nedostatek vody ve vodních tocích a nádržích definuje hydrologické sucho, které lze pozorovat také až v delším období. Socioekonomické sucho je takové, pokud sucho již ovlivňuje celou společnost, kromě již zmíněného zemědělství (zahrnující i lesnictví) a vodní hospodářství (Brázdil et al. 2015).

V roce 2007 došlo k výraznému suchu v jihovýchodní Evropě (Rumunsko, Bulharsko, Moldavsko), které bylo výraznější než jiných částech Evropy. Konkrétně sucho v Moldavsku mělo velmi negativní dopad na výnosy rostlin, především pšenice a ječmene, což se odrazilo na celkové ekonomice země (Potop et al. 2010).

U kukuřice výskyt suchu vysvětluje odchylky v pěstování kukuřice (Webber et al. 2018).

3.7.4.2 Povodně

Rozdíl mezi suchem a povodní je takový, že sucho je jev postupný a jeho následky sledujeme v delším časovém období, kdež to povodně mají následky viditelné hned (Středa et al. 2013).

V souvislosti s klimatickými změnami se mohou objevovat i časté výkyvy počasí v podobě extrémních srážek. Tyto extrémní srážky mají za důsledek jak rizika místních povodní, tak i erozní procesy (Karásek et al. 2019).

4 Metodika

4.1 Pokladový materiál

Veškerý podkladový materiál v této diplomové práci byl získán z webových stránek, které jsou veřejně k dispozici.

Pro analýzu kukuřice pěstované v České republice byla data získána z webových stránek Českého statistického úřadu.

Pro analýzu kukuřice pěstované ve světě byla použita data z webových stránek FAO – fao stat klasic, které jsou veřejně k dispozici.

Pro analýzu vývoje klimatu v České republice, byly použity data z webových stránek Českého hydrometeorologického ústavu.

Data byla od roku 1989 v souvislosti s pádem komunistického režimu a navrácení zemědělských podniků a orných půd původním majitelům. Data jsou do roku 2022 ve světě a do roku 2023 v ČR.

Údaje o odrůd kukuřice byly zjištěny na webových stránkách Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského.

4.2 Použité statistické metody v analýzách

Časová řada

Časové řady mají základní význam pro analýzu příčin, které na určité jevy působily a ovlivňovaly jejich chování v minulosti, a zároveň jsou podstatné pro předvídání jejich budoucího vývoje.

Časová řada je posloupnost pozorování kvantitativní charakteristiky uspořádaná v čase od minulosti do přítomnosti

Popisné charakteristiky časových řad

Absolutní přírůstky

1. diference – První diference poskytuje informaci o tom, zda byl v daném období přírůstek či úbytek daného ukazatele oproti předchozímu období.

$$\Delta y_t = y_t - y_{t-1}$$

2. diference – popisuje absolutní zrychlení nebo zpomalení vývoje ve zkoumané časové řadě. Jedná se o rozdíl dvou sousedních prvních absolutních diferencí, které udávají, zda byl následující přírůstek větší nebo menší než předchozí.

$$\Delta^{(2)} y_t = \Delta y_t - y_{t-1} = y_t - 2y_{t-1} + y_{t-2}$$

Koeficient růstu

Udává informaci, jak se mění rychlost změn udávaných hodnot ve sledované časové řadě.

$$k_t = \Delta y_t / y_{t-1}$$

Průměrný koeficient růstu

Vypočítá se jako geometrický průměr jednotlivých hodnot koeficientů růstu.

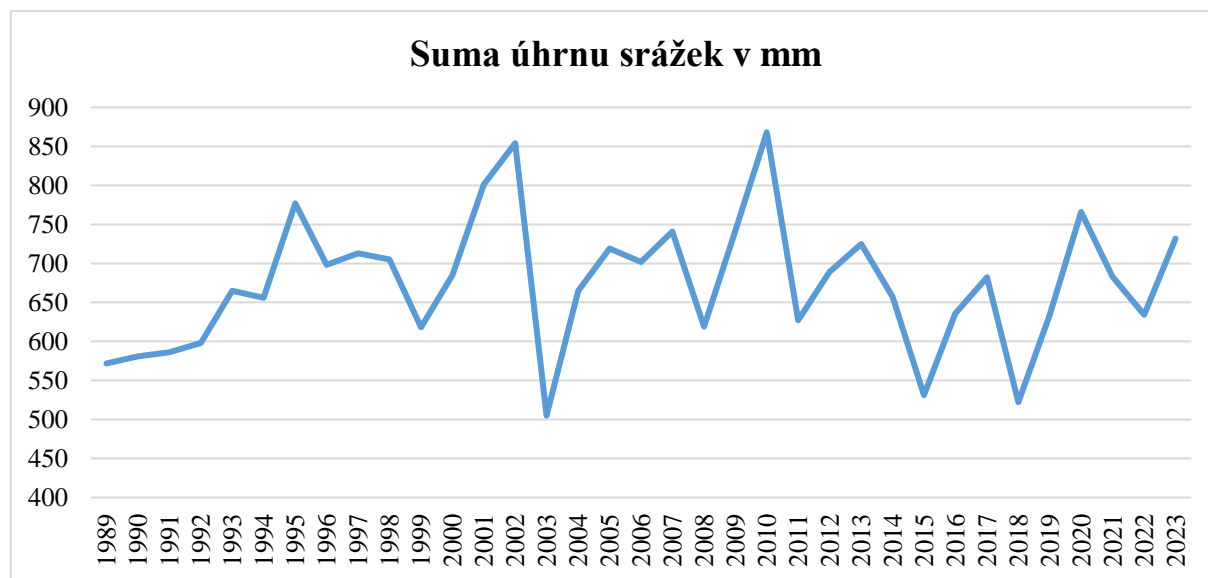
$$\bar{k} = \sqrt[n-1]{k_1 \cdot k_2 \cdot \dots \cdot k_{n-1}} = \sqrt[n-1]{\frac{y_2}{y_1} \cdot \frac{y_3}{y_2} \cdot \dots \cdot \frac{y_n}{y_{n-1}}} = \sqrt[n-1]{\frac{y_n}{y_1}}$$

5 Výsledky

5.1 Analýza vývoje klimatu

5.1.1 Analýza srážek v ČR

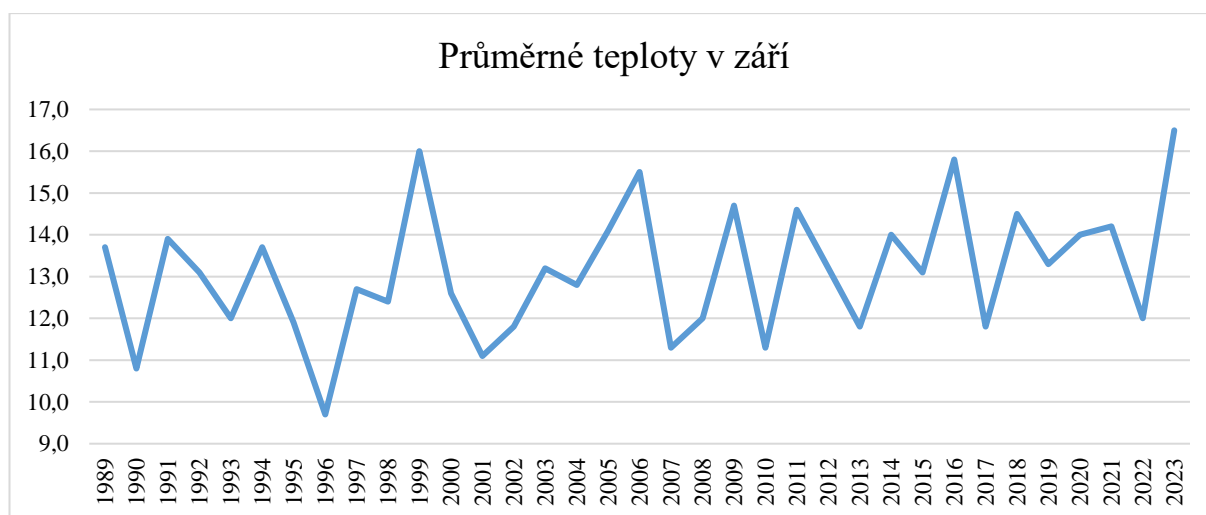
Graf č. 3 Suma úhrnu srážek v mm v ČR



Kukuřice je plodina velmi náročná na vláhu, která má potřebu průměrného úhrnu srážek v roce s rozmezím 500-650 mm. Z grafu č. 3 je patrné, že v žádném roce nedošlo k nižšímu úhrnu srážek než zmíněný nárok plodiny. Pro pěstování kukuřice byl hraniční rok 2003, kdy roční úhrn srážek dosáhl hodnoty 505 mm. V letech 2002 a 2010 dosáhl roční úhrn srážek nejvyšších hodnot, konkrétně 854 mm v roce 2002 a 868 mm v roce 2010. Nicméně nadbytek vláh není pro pěstování kukuřice také vhodné. Pro pěstování kukuřice byly nejpříznivější roky 1989-1992, 1999, 2003, 2008, 2011, 2015, 2016, 2018, 2019, 2022, kdy se roční úhrny srážek pohybovaly ve výše zmíněném rozmezí, tedy 500-650 mm.

5.1.2 Analýza průměrných teplot v měsíci září v ČR

Graf č. 4 Průměrná teplota v září



V průběhu září dochází u kukuřice k dozrávání v mléčnou a následně voskovou zralost. K plné zralosti dochází až v pozdějším termínu.

Požadavky na průměrnou teplotu v září se liší v závislosti na ranosti odrůdy a zároveň je-li kukuřice pěstovaná na siláž nebo na zrno (viz tabulka č. 1).

Tabulka č. 1 Požadavky kukuřice na průměrnou teplotu v září (zdroj agropocasi.cz)

Ranost	Kukuřice na siláž	Kukuřice na zrno
Rané	12,5 °C	13,5 °C
Středně rané	13,5 °C	14,5 °C
Středně pozdní	14,5 °C	15,0 °C
Pozdní	15,5 °C	15,0 °C

Průměrné teploty v září byly nepříznivé pro všechny typy ranosti u kukuřice na siláž i kukuřice na zrno v letech 1999, 2016 a 2023, kdy byly teploty vyšší než 15,0 °C a zároveň letech 1990, 1993, 1995, 1996, 1998, 2001, 2002, 2007, 2008, 2010, 2013, 2017 a 2022, kdy byly teploty nižší než 12,5 °C.

Pro ranou kukuřici na siláž byl nejvhodnější rok 1998 a rok 2000, které se lišili o 0,1 °C. V žádném roce se nevyskytovala průměrná teplota 12,5 °C.

V roce 1989, 1994 a 2019 se vyskytovaly průměrné teploty s odchylkou 0,2 °C od požadavku 13,5 °C pro rané odrůdy kukuřice na zrno a zároveň středně rané odrůdy kukuřice na siláž.

V roce 2018 byla zaznamenána průměrná teplota 14,5 °C ideální pro středně rané odrůdy kukuřice na zrno a středně pozdní odrůdy kukuřice na siláž.

V roce 2006 byla zaznamenána průměrná teplota 15,5 °C ideální pro pozdní odrůdy kukuřice na siláž.

K ideální průměrné teplotě pro středně pozdní a pozdní odrůdy kukuřice se přiblížila teplota pouze v roce 2009, který byla v hodnotě 14,7 °C.

5.2 Analýza pěstování kukuřice

5.2.1 Analýza vývoje pěstování GMO kukuřice v ČR

Tabulka č. 2 Vývoj pěstování GMO kukuřice v ČR

Rok	Počet zemědělců pěstující GMO kukuřici	Plocha v Ha	První absolutní diference	Druhá absolutní diference	Tempo růstu
			di 1	di 2	ki
2005	51	150			
2006	82	1 290	1140		8,600
2007	126	5 000	3710	2570	3,876
2008	167	8 380	3380	-330	1,676
2009	121	6 480	-1900	-5280	0,773
2010	82	4 680	- 1800	100	0,722
2011	64	5 090	410	2210	1,087
2012	41	3 050	-2040	-2450	0,599
2013	31	2 560	-490	1550	0,839
2014	18	1 754	-806	-316	0,685
2015	11	997	-757	49	0,568
2016	1	75	-922	-165	0,075

Průměrný koeficient růstu, resp. úbytku je 1,773.

Z tabulky č. 2 je zřejmé, že v České republice pěstování geneticky modifikované kukuřice narůstalo pouze v období 2005-2008. Následně postupně plochy ubývaly, výjimkou byl pouze rok 2011. Od roku 2017 nebyla GMO zaseta žádným pěstitel. Důvodem je patrně administrativní zátěž pro pěstitel nebo problematický odbyt GMO kukuřice, neboť mlékárny odmítají odebírat mléko, pokud jsou dojnice krmeny GMO kukuřicí.

5.2.2 Analýza vývoje pěstování kukuřice na zrno

5.2.2.1 Analýza vývoje osevních ploch kukuřice pěstovaných na zrno v ČR

Tabulka č. 3 Vývoj osevní plochy kukuřice pěstované na zrno v ČR

Rok	Plocha v Ha	První absolutní diference	Druhá absolutní diference	Koeficient růstu
		di 1	di 2	ki
1989	41 183	-	-	-

1990	30 882	-10 301	-	0,750
1991	34 764	3 882	14 183	1,126
1992	30 464	-4 300	-8 182	0,876
1993	32 217	1 753	6 053	1,058
1994	26 964	-5 253	-7 006	0,837
1995	26 441	-523	4 730	0,981
1996	33 123	6 682	7 205	1,253
1997	41 184	8 061	1 379	1,243
1998	32 907	-8 277	-16 338	0,799
1999	39 447	6 540	14 817	1,199
2000	47 283	7 836	1 296	1,199
2001	61 938	14 655	6 819	1,310
2002	70 570	8 632	-6 023	1,139
2003	85 426	14 856	6 224	1,211
2004	89 921	4 495	-10 361	1,053
2005	98 044	8 123	3 628	1,090
2006	89 798	-8 246	-16 369	0,916
2007	111 660	21 862	30 108	1,243
2008	113 777	2 117	-19 745	1,019
2009	105 268	-8 509	-10 626	0,925
2010	103 276	-1 992	6 517	0,981
2011	121 006	17 730	19 722	1,172
2012	119 333	-1 673	-19 403	0,986
2013	96 902	-22 431	-20 758	0,812
2014	98 749	1 847	24 278	1,019
2015	79 972	-18 777	-20 624	0,810
2016	86 407	6 435	25 212	1,080
2017	85 995	-412	-6 847	0,995
2018	81 851	-4 144	-3 732	0,952
2019	74 827	-7 024	-2 880	0,914
2020	87 231	12 404	19 428	1,166
2021	102 438	15 207	2 803	1,174
2022	80 453	-21 985	-37 192	0,785
2023	64 369	-16 084	5 901	0,800

Průměrný koeficient růstu plochy kukuřice pěstované na zrno je 1,026.

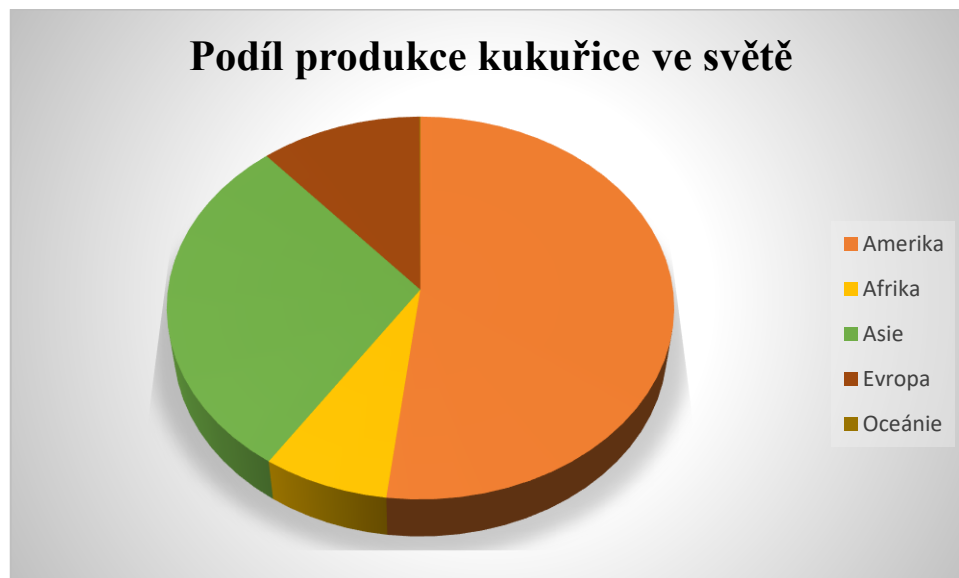
Z tabulky č. 3 vyplývá, že vývoj plochy kukuřice je značně kolísavý. Největší úbytek plochy byl zaznamenán v roce 2013, kde první diference vykazuje pokles o 22 431. Naopak největší nárůst plochy byl zaznamenán v roce 2011, kde první diference vykazuje nárůst o 21 862. V roce 2011 byla zasetá největší plocha kukuřice pěstované na zrno, celkem na 121 006 ha. Největší rozdíl prvních absolutních diferencí vykazuje rok 2022.

5.2.2.2 Analýza vývoje ploch kukuřice pěstovaných na zrno ve světě

Největší pěstitelé kukuřice ve světě jsou USA, Čína, Brazílie a Mexiko.

Hlavní producenty kukuřice znázorňuje graf č. 5, který je znázorněn níže pod textem. Z grafu lze poznat, že největším producentem je Amerika, následuje Asie, Evropa, Asie a na posledním místě je Oceánie.

Graf č. 5 Podíl produkce kukuřice ve světě



Tabulka č. 4 Vývoj plochy kukuřice pěstované ve světě

Rok	Plocha v Ha	První absolutní diference	Druhá absolutní diference	Koeficient růstu
		di 1	di 2	ki
1989	131 782 846			
1990	130 854 680	-928 166		0,993
1991	133 633 935	2 779 255	3 707 421	1,021
1992	136 644 303	3 010 368	231 113	1,023
1993	131 443 616	-5 200 687	-8 211 055	0,962
1994	138 291 305	6 847 689	12 048 376	1,052
1995	135 768 332	-2 522 973	-9 370 662	0,982
1996	139 349 612	3 581 280	6 104 253	1,026
1997	140 778 070	1 428 458	-2 152 822	1,010
1998	138 668 816	-2 109 254	-3 537 712	0,985
1999	137 253 828	-1 414 988	694 266	0,990
2000	136 926 328	-327 500	1 087 488	0,998
2001	137 382 817	456 489	783 989	1,003
2002	137 461 766	78 949	-377 540	1,001
2003	144 596 663	7 134 897	7 055 948	1,052
2004	147 530 577	2 933 914	-4 200 983	1,020
2005	148 203 455	672 878	-2 261 036	1,005
2006	148 201 895	-1 560	-674 438	1,000
2007	159 255 135	11 053 240	11 054 800	1,075

2008	163 680 300	4 425 165	-6 628 075	1,028
2009	159 393 034	-4 287 266	-8 712 431	0,974
2010	165 340 309	5 947 275	10 234 541	1,037
2011	172 752 289	7 411 980	1 464 705	1,045
2012	180 378 103	7 625 814	213 834	1,044
2013	187 539 433	7 161 330	-464 484	1,040
2014	186 490 319	-1 049 114	-8 210 444	0,994
2015	191 058 037	4 567 718	5 616 832	1,024
2016	194 117 749	3 059 712	-1 508 006	1,016
2017	198 573 810	4 456 061	1 396 349	1,023
2018	195 252 258	-3 321 552	-7 777 613	0,983
2019	193 676 716	-1 575 542	1 746 010	0,992
2020	199 275 404	5 598 688	7 174 230	1,029
2021	205 694 243	6 418 839	820 151	1,032
2022	203 470 007	-2 224 236	-8 643 075	0,989

Průměr koeficientu růstu plochy kukuřice ve světě je 1,014.

Tabulka č. 4 vykazuje pokles ploch kukuřice v letech 1990, 1993, 1995, 1998, 1999, 2000, 2006, 2009, 2014, 2019, 2022. Kromě zmíněných let, ve kterém se vyskytuje pokles ploch kukuřice, je z tabulky patrné postupný nárůst ploch. Největší nárůst plochy byl v roce 2007.

5.2.2.3 Analýza vývoje sklizně kukuřice pěstovaných na zrno v ČR

Tabulka č. 5 Vývoj sklizně kukuřice pěstované na zrno v ČR

Rok	sklizeň v t	První absolutní	Druhá absolutní	Koeficient růstu
		diference	diference	
		di 1	di 2	ki
1989	174 596			
1990	98 381	-76 215		0,563
1991	150 280	51 899	128 114	1,528
1992	103 720	-46 560	-98 459	0,690
1993	157 045	53 325	99 885	1,514
1994	91 396	-65 649	-118 974	0,582
1995	113 274	21 878	87 527	1,239
1996	168 684	55 410	33 532	1,489
1997	285 199	116 515	61 105	1,691
1998	200 562	-84 637	-201 152	0,703
1999	260 495	59 933	144 570	1,299
2000	303 957	43 462	-16 471	1,167
2001	408 653	104 696	61 234	1,344
2002	616 234	207 581	102 885	1,508

2003	476 371	-139 863	-347 444	0,773
2004	551 628	75 257	215 120	1,158
2005	702 933	151 305	76 048	1,274
2006	606 366	-96 567	-247 872	0,863
2007	758 781	152 415	248 982	1,251
2008	858 407	99 626	-52 789	1,131
2009	889 574	31 167	-68 459	1,036
2010	692 589	-196 985	-228 152	0,779
2011	1 063 736	371 147	568 132	1,536
2012	928 147	-135 589	-506 736	0,873
2013	675 380	-252 767	-117 178	0,728
2014	832 235	156 855	409 622	1,232
2015	442 709	-389 526	-546 381	0,532
2016	845 765	403 056	792 582	1,910
2017	588 105	-257 660	-660 716	0,695
2018	489 154	-98 951	158 709	0,832
2019	620 261	131 107	230 058	1,268
2020	825 499	205 238	74 131	1,331
2021	988 038	162 539	-42 699	1,197
2022	639 467	-348 571	-511 110	0,647
2023	507 540	-131 927	216 644	0,794

Průměrný koeficient růstu sklizně kukuřice na zrno je 1,093.

Z tabulky č. 5 vyplývá, že největší úbytek sklizně kukuřice, kde první diference vykazuje pokles o 389 526, byl zaznamenán v roce 2015, nikoliv v roce 2013, jak by se dalo předpokládat na základě největšího úbytku pěstované plochy kukuřice (viz tabulka č. 3). Naopak největší nárůst výnosů sklizně byl zaznamenán v roce 2016, kde první diference vykazuje nárůst o 403 056. Stejně jako u největšího úbytku sklizně, ani u největšího nárůstu nesouhlasí rok s rokem největšího nárůstu plochy kukuřice.

5.2.2.4 Analýza vývoje sklizně kukuřice pěstovaných ve světě

Tabulka č. 6 Vývoj výnosů kukuřice ve světě

Rok	Sklizeň ha	První absolutní diference	Druhá absolutní diference	Koeficient růstu
		di 1	di 2	ki
1989	476 874 410			
1990	483 387 901	6 513 491		1,014
1991	494 402 007	11 014 106	4 500 615	1,023
1992	533 776 874	39 374 867	28 360 761	1,080
1993	477 215 763	-56 561 111	-95 935 978	0,894
1994	568 654 839	91 439 076	148 000 187	1,192
1995	517 290 721	-51 364 118	-142 803 194	0,910

1996	586 137 228	68 846 507	120 210 625	1,133
1997	584 401 176	-1 736 052	-70 582 559	0,997
1998	615 071 305	30 670 129	32 406 181	1,052
1999	607 422 351	-7 648 954	-38 319 083	0,988
2000	592 019 783	-15 402 568	-7 753 614	0,975
2001	615 141 837	23 122 054	38 524 622	1,039
2002	603 538 033	-11 603 804	-34 725 858	0,981
2003	645 044 177	41 506 144	53 109 948	1,069
2004	729 502 873	84 458 696	42 952 552	1,131
2005	714 160 378	-15 342 495	-99 801 191	0,979
2006	707 891 204	-6 269 174	9 073 321	0,991
2007	793 515 431	85 624 227	91 893 401	1,121
2008	829 776 429	36 260 998	-49 363 229	1,046
2009	820 804 323	-8 972 106	-45 233 104	0,989
2010	852 693 616	31 889 293	40 861 399	1,039
2011	887 686 113	34 992 497	3 103 204	1,041
2012	874 613 898	-13 072 215	-48 064 712	0,985
2013	1 016 672 048	142 058 150	155 130 365	1,162
2014	1 040 424 660	23 752 612	-118 305 538	1,023
2015	1 053 833 197	13 408 537	-10 344 075	1,013
2016	1 123 613 865	69 780 668	56 372 131	1,066
2017	1 140 319 594	16 705 729	-53 074 939	1,015
2018	1 124 325 184	-15 994 410	-32 700 139	0,986
2019	1 137 729 775	13 404 591	29 399 001	1,012
2020	1 155 754 013	18 024 238	4 619 647	1,016
2021	1 207 996 142	52 242 129	34 217 891	1,045
2022	1 163 497 383	-44 498 759	-96 740 888	0,963

Průměrný koeficient růstu sklizně kukuřice na zrno je 1,029.

Z tabulky č. vyplývá, že největší úbytek sklizně kukuřice, kde první diference vykazuje pokles o 56 561 111, byl zaznamenán v roce 1993, nikoliv v roce 2013, jak by se dalo předpokládat na základě největšího úbytku pěstované plochy kukuřice (viz tabulka č 4). Naopak největší nárůst výnosů sklizně byl zaznamenán v roce 2013, kde první diference vykazuje nárůst o 142 058 150. Stejně jako u největšího úbytku sklizně, ani u největšího nárůstu nesouhlasí rok s rokem největšího nárůstu plochy kukuřice.

5.3 Analýza odrůd kukuřice

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský (dále jen ÚKZÚZ) rozděluje hybridy kukuřice podle čísla ranosti (FAO). Číslo ranosti je udáváno podle metodiky vypracované a ověřené německým Spolkovým odrůdovým úřadem (BSA). U zrnové kukuřice je toto číslo ranosti odvozeno od sušiny zrna. U kukuřice na siláž se číslo ranosti odvozuje od sušiny celé rostliny, výsledkem je pak objektivnější vyjádření ranosti, neboť rychlost dozrávání (sesychání) palice a ostatních částí rostliny může být u různých typů hybridů rozdílná (stay-green versus

dry-down). Hybridy, které mají kombinované využití, tedy jak na siláž, tak i na zrno, mají uvedena dvě čísla ranosti (např. 220 S, 230 Z).

Tabulka č. 7 Čísla FAO podle ranosti hybridů

	Hybridy na siláž	Hybridy na zrno
VR – Velmi raný	do 220	do 250
R – Raný	220 – 260	250 - 300
SR – Středně raný	260 - 300	300 – 350
SP – Středně pozdní	nad 300	nad 350

V současné době je v České republice evidováno 353 odrůd kukuřice. Seznam odrůd je v příloze č. 3. Na siláž je evidováno celkem 193 odrůd. Na zrno je evidováno 141 odrůd. Pouze 8 odrůd lze použít na siláž i na zrno. Počty jednotlivých odrůd podle ranosti jsou uvedeny níže v tabulce č.

Tabulka č. 8 Počty odrůd podle ranosti

	Hybridy na siláž	Hybridy na zrno
VR – Velmi raný	53	49
R – Raný	70	56
SR – Středně raný	57	21
SP – Středně pozdní	13	15

U odrůd, které jsou používány jak na siláž, tak i na zrno je zaznamenáno 5 odrůd velmi raných a 3 odrůdy středně pozdních.

Tabulka č. 9 Počty odrůd kukuřice v jednotlivých letech

Rok	Počet odrůd
2016	391
2017	415
2018	395
2019	407
2020	262
2021	350
2022	334
2023	353

Z tabulky č. 9 je vidět kolísání počty odrůd v jednotlivých letech. Je to způsobeno tím, že každá odrůda má určitou dobu registrace, které uplynout nebo mohou být registrace zrušeny. Také může být každý rok na trh uvedena nová odrůda

5.4 Dotazníkové šetření

Formou dotazníkového šetření bylo osloveno celkem 53 zemědělských subjektů. Zájem o vyplnění dotazníku projeví však pouze dva zemědělské subjekty.

Výsledky dotazníkového šetření jsou následující:

1. Shodné výsledky

- Oba zemědělské subjekty byly zaměřeny na zemědělskou i rostlinou výrobu
- Oba zemědělské subjekty měly nárůst plochy pěstované kukuřice během let svého podnikání, s rozdílem, že první měl nárůst celkové obhospodařované plochy a druhý měl úbytek
- Oba zemědělské subjekty navyšovaly plochu kukuřice z důvodu nárůstu chovu zvířat a bioplynových stanic
- Oba zemědělské subjekty využívali obiloviny jako předplodinu pro kukuřici a v současné době stále využívají
- Oba zemědělské subjekty mají navýšení kukuřice v osevním postupu
- Ani jeden zemědělský subjekt nevyužívá podporu pěstování kukuřice ve formě dotací
- Ani jeden zemědělský subjekt nebyl ovlivněn covidovou situací či válkou na Ukrajině

2. Rozdílné výsledky

Zemědělský subjekt 1

- Využíval dříve k pěstování kukuřice odrůdy KWS, Pioneer, Čejč, v současné době využívá k pěstování odrůdy LG, Čejč
- Na začátku podnikání využíval kukuřici v následujícím poměru:
 - kukuřici na siláž ke krmným účelům (40 – 60 %)
 - využití na zrno (20 – 40 %)
 - výrobu bioplynu a prodej (10 – 20 %)
- V současné době využívá kukuřici v tomto poměru:
 - Kukuřice na siláž ke krmným účelům (40 – 60 %)
 - Kukuřice na výrobu bioplynu (20 – 40 %)
 - Využití na zrno a na prodej (10 – 20 %)
- Při výběru odrůd je pro subjekt rozhodující vlastní zkušenost a výnos odrůdy, méně důležitá je cena a naprosto nepodstatné je doporučení
- Na začátku svého podnikání využíval v rámci pěstitelské technologie orbu, nyní využívá orbu společně s podrýváním

Zemědělský subjekt 2

- Využíval dříve k pěstování kukuřice odrůdy KWS, CEZEA, v současné době využívá k pěstování odrůdy KWS, Limagrain
- Na začátku podnikání využíval kukuřici v následujícím poměru:
 - kukuřici na siláž ke krmným účelům (80 – 100 %)

- využití na zrno, výrobu bioplynu a prodej (10 – 20 %)
- V současné době využívá kukuřici v tomto poměru:
 - Kukuřice na siláž ke krmným účelům i výrobu bioplynu (40 – 60 %)
 - Využití na zrno a na prodej (10 – 20 %)
- Při výběru odrůd je pro subjekt rozhodující vlastní zkušenost a výnos odrůdy, méně důležitá je cena a je doporučení
- Na začátku svého podnikání využíval v rámci pěstitelské technologie orbu, smyk+brány a secí stroj Gaspardo, nyní využívá podmítku, kombinátor a secí stroj Gaspardo

6 Závěr

První část diplomové práce byla zaměřena na vypracování literárního přehledu popisující původ, vlastnosti a nároky plodiny, její uplatnění a dále pěstitelské technologie a využití kukuřice. Lze říct, že kukuřice je mnohoúčelová plodina, která má uplatnění v potravinářském průmyslu, ve výživě zvířat, v dalším průmyslovém zpracování, a především v produkci obnovitelných zdrojů.

V druhé části diplomové práce bylo cílem analyzovat vývoj pěstování kukuřice. Na základě dostupných dat nelze očekávat pěstování GMO kukuřice v České republice. Z provedené analýzy vychází, že v České republice plochy kukuřici jeví značnou kolísavost. Nelze očekávat pěstování GMO kukuřice v České republice. Je nutné podotknout, že i přesto, že v některých letech plochy kukuřice ubývají, zároveň ubývá i orná půda v České republice. Tedy se nemusí jednat o upouštění pěstování kukuřice, což nám potvrzuje i dotazníkové šetření. V globálním měřítku se jedná hlavně o nárůst plochy kukuřice.

Lze očekávat další nárůst ploch i nárůst výnosů, vzhledem k tomu, že na základě změny klimatu začínají převládat velmi rané a rané odrůdy, na které se zaměřují šlechtitelské firmy, zároveň se snahou získat nové odrůdy odolné vůči suchu, extrémnímu horku i chladu, které narůstají vlivem měnícího se klimatu.

Literatura

Ahmad I, Jan MT, Arif M. 2010. Tillage and Nitrogen Management Impact On Maize. *Sarhad J. Agric* **26 (2)**: 157-167

Ali M, Khan I, Ali MA, Anjum SA, Ashraf U, Waqas MA. 2019. Integration of organic sources with inorganic phosphorus increases hybrid maize performance and grain quality. *Open Agriculture* 4(1): 354-360

Bojtor C, Illés A, Músávi SMN, Széles A, Tóth B, Nagy J, Marton CL. 2021. Evaluation of the Nutrient Composition of Maize in Different NPK Fertilizer Levels Based on Multivariate Method Analysis. *International Journal of Agronomy* **2021**

Brázdil R, Trnka M a kol. 2015. Sucho v Českých zemích: minulost, současnost, budoucnost. Historie počasí a podnebí v Českých zemích svazek XI. Centrum výzkumu globální změny Akademie věd České republiky, V.V.I. Brno. 978-80-87902-11-0

Bukhari B, Sabaruddin Z, Sufardi S, Syafruddin S. 2021. Drought test resistance of maize varieties through PEG 6000. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 644

Míková T. 2022. Extrémny počasí a klimatická změna, Jak o nich mluvit a psát —Kompas pro novináře. 4 - 32

Corp LA, Middleton EM, Daughtry CST, Russ AL, Campbell PKE, Huemmrich KF, Cheng YB. 2010. Forecasting Corn Yield With Imaging Spectroscopy. *IEEE International Symposium on Geoscience and Remote Sensing IGARSS*: 1819-1822

da Silva MJ, Balbino LC, Cardoso DAD, Miranda LM, Pimentel LD. 2018. Bromatological characteristics of maize hybrids for silage production in the State of Minas Gerais. *Revista de Agricultura neotropical* **5(2)**: 76-82

Daňková L. 2002. Využití spalování biomasy v mlékárenském provozu. In: *EKOTREND 2002 – Trvale udržitelný rozvoj. – Sborník z mezinárodní konference 28. – 29. 3. 2001, JU ZF, České Budějovice*. 17-20

Deng Y, Chen K, Teng W, Zhan A, Tong Y, Feng G, Cui Z, Zhang F, Xinping Ch. 2014. Is the Inherent Potential of Maize Roots Efficient for Soil Phosphorus Acquisition? *Plos One* **9(3)**: 1-9

Diviš J. Kukuřice (*Zea mays* L.). Nedatováno. Speciální produkce polních plodin. Společná skripta ČZU, MENDELU, JČU 26-35

Dobrovolskaja OB, Dresvyannikova AE. 2018. Cereal inflorescence: features of morphology, development and genetic regulation of morphogenesis. *Vavilov Journal of Genetics and Selection* **22 (7)**: 766-775

Dongmo H, Tambo ST, Teboukeu GB, Mboukap AN, Fotso BS, Djuidje MCT, Klang JM. 2020. Effect of process and variety on physico-chemical and rheological properties of two corn flour varieties (Atp and Kassai). *Journal of Agriculture and Food Research*. 100075 (2):

dos Santos FC, de Castro FF, Apolonio TM, Yoshida L, Martim DB, Tessmann DJ, Barbora-Tessmann IP. 2019. Isolation, diversity, and biotechnological potential of maize (*Zea mays*) grains bacteria. *Genetics and Molecular Research* **18(3)**:

Garcia DA, Pereira JLDR, Garcia TR, Souza VM, Pereira LL. 2021. Agronomic performance of maize hybrids for forage production in the 2019/2020 harvest. *Revista Agrogeoambiental* **13(2)**: 210-219

Georgieva K, Mihov M, Ivanova N. 2017. Mechanised Technology for Growing and Harvesting Corn. *International Scientific Journal "Mechanization in Agriculture* **63(6)**: 228-331

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

Hruška J. a kol. 1962. Monografie o kukuřici. SZN. Praha

Hůla J., Procházková B. a kol. 2008. Minimalizace zpracování půdy. Profi press, s.r.o.

Chaplygin M, Podzorov A, Podzorova M, Alchimbayeva A. Modern approaches to technology of cultivation of corn. *Web of Conferences* **193**: 1-5

Chi S, Wu S, Yu J, Wang X, Tang X, Liu T. 2014. Phylogeny of C4-Photosynthesis Enzymes Based on Algal Transcriptomic and Genomic Data Supports an Archaeal/Proteobacterial Origin and Multiple Duplication for Most C4-Related Genes. *Plos one* **9(10)**: 1-12

Ilić I, Jovanović S, Milic VJ. 2016. Forecasting Corn Production In Serbia Using Arima Model. *Article* **63 (4)**: 1141-1156

Iriany RN, Azrai M, Makkulawu AT. 2020. Genotypic diversity, heritability and agronomic performance high-oil maize populations. *IOP Conference Series-Earth and Environmental Science* **484**

Karásek P, Kučera J, Szturc J, Podhrázská J, Konečná J. 2019. Causes of Water Erosion and Benefits of Antierosion Measures in Model Locality Starovice - Hustopece (South Moravia Region, Czech Republic). *Journal of Ecological Engineering* **20(2)**: 95-105

Kazda J, a kol. 2003. Choroby a škůdci polních plodin, ovoce a zeleniny. 3., dopl. vyd. Praha. 158 s.

- Khan S, Shah A, Nawaz M, Khan M. 2017. Impact of different tillage practices on soil physical properties, nitrate leaching and yield attributes of maize (*Zea mays* L.). *Journal of soil science and plant nutrition* **17** (1):
- Khatri-Chhetri A, Pant A, Aggarwal PK et al. 2019. Stakeholders prioritization of climate-smart agriculture interventions: Evaluation of a framework. *Agricultural systems* **174**: 23-31
- Kim HY, Lee KY, Kim M, Hong M, Deepa P, Kim S. 2023. A Review of the Biological Properties of Purple Corn (*Zea mays* L.). *Scientia Pharmaceutica* **91** (1): 1-24
- Kumar D, Jhariya AN. 2013. Nutritional, Medicinal and Economical importance of Corn: A Mini Review. *Research Journal of Pharmaceutical Sciences* **2**(7): 7-8
- Kůst F. 2010. Kukuřice – plodina pro široké využití. *Farmář* **16**(2): 3 - 6
- Li DD, Wang M, Kuang XY, Liu WX. 2019. Genetic study and molecular breeding for high phosphorus use efficiency in maize. *Frontiers of Agricultural Science and Engineering* **6**(4): 366-379
- Liepold A. 2018. Breeding for the Future: Corn and Climate Change. *Environment & Society Portal* **27**
- Lorencova EK, Louckova B, Vackaru D. 2019. Perception of Climate Change Risk and Adaptation in the Czech Republic. *Climate* **7**(5): 61.
- Loučka R, Lang R, Jambor V, Nedělník J, Třináctý J, Tyrolová Y, Kučera J. 2015. Kritéria pro vývěr hybridů kukuřice na siláž. Ministerstvo zemědělství. Troubsko.
- Maiti R, Rodríguez HG, Kumari ChA, Begum S, Rajkumar D. 2021. *Advances In Maize Science Botany, Production, and Crop Improvement*. CRC Press. New York.
- Ministerstvo zemědělství. *Zásady správné zemědělské praxe při hospodaření s vodou*. Praha.
- Mishra M, Sushma, Sharma R. 2021. Corn (*Zea mays*) as a Nutrient Source and Diet: A Review. *Journal of Pharmaceutical research international*. 33 (52B): 299 – 303
- Moudrý J, Stražil Z. 1999. Pěstování alternativních plodin. Jihočeská univerzita ZF v Českých Budějovicích
- Muntean L, Ona A, Berindean I, Racz I, Muntean S. 2022. Maize Breeding: From Domestication to Genomic Tools. *Agronomy-Basel*: **12**(10):1-17.
- Mupangwa W, Twomlow S, Walker S, Hove L. 2007. Effect of minimum tillage and mulching on maize (*Zea mays* L.) yield and water content of clayey and sandy soils. *Physics and Chemistry of the Earth* **32** (15-18): 1127-1134
- Nedělník J. 2010. Geneticky modifikovanou kukuřicí ke kvalitnější siláži. *Úroda* **58**(12): 40-42
- Nerušil P, Kincl D, Menšík L, Srbek J, Procházková E, Kobzová D, Šedek A, Herout M, Jurka M, Vach M, 2017. Zakládání kukuřice seté do travních porostů na orné půdě s využitím

půdoochranné technologie pásového zpracování půdy. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i. Praha Ruzyně.VS. Jevíčko

Ngie A, Ahmed F, Abutaleb K. 2014. Remote sensing potential for investigation of maize production: review of literature. *South African Journal of Geomatics* **3(2)**: 163-184

Pastorek Z, Kára Z, Jevič P. 2004. Biomasa obnovitelný zdroj energie. Praha: FCC PUBLIC s.r.o.

Parent B, Leclere M, Lacube S, Semenov MA, Welcker C, Martre P, Tardieu F. 2018. Maize yields over Europe may increase in spite of climate change, with an appropriate use of the genetic variability of flowering time. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **115(42)**: 10642-10647

Petřlová J, Křížová S, Supálková V, Masařík M., Adam V., Havel L, Kramer KJ, Kizek R. 2007. The determination of avidin in genetically modified maize by voltammetric techniques. *Plant Soil Environ* **53 (8)**: 345-349

Pinto DA, Krenski A, Meert L, Chitolina MP, Borghi WA. 2019. Agronomic characteristics of corn in the function of different spacing between sowing lines. *Applied research & Agrotechnology* **12(1)**: 79-85

Povolný M, Vacek E. 2016. Přehled odrůd 2016 Kukuřice. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský Brno. Brno.

Potop V, Türkott L, Kožnarová V, Možný M. 2010. Drought episodes in the Czech Republic and their potential effects in agriculture. *Theoretical and Applied Climatology* **99**: 373-388.7

Prasad K, Kumar P. 2016. Maize—A potential source of human nutrition and health: A review. *Cogent Food & Agriculture* **2 (1)**: 1-9

Procházková B. a kolektiv. 2011. Minimalizační technologie zpracování půdy a možnosti jejich využití při ochraně půdy a krajiny. Uplatněná certifikovaná metodika. Mendelova univerzita v Brně. Brno.

Prokeš K. 2018. Vliv klimatické změny na kukuřici - Effect of climate change on maize. Sborník z konference „Prosperující olejniny“. 125 – 129

Purewal SS, Kaur P, Bangar SP, Sandhu KS, Singh SK, Kaur M. 2022. Maize – Nutritional Composition, Processing and Industrial Uses. CRC Press. Boca Raton.

Ranum P, Pena-Rosas JP, Garcia-Casal MN. 2014. Global maize production, utilization, and consumption. *Annals of the New York Academy of Sciences* **1312**: 105-112

Rivas RD. 2021. Corn as a source of mesoamerican culture. *Koot-revista de museologia*. **11** (12): 44-53

Rohilla B, Singh SP. 2023. A review on the study of nutritional composition and health benefits of sweet corn (*Zea mays* L.) and coconut (*Cocos nucifera* L.) oil. *Annals of Phytomedicine: An International Journal* **11**(2): 130-136

Papusha SK, Papusha VK, Nikitenko NA. 2019. Device for preliminary deformation of corncobs when harvesting corn for grain. *MATEC Web of Conferences* **298**

Serna-Saldivar SO. 2018. *Corn: Chemistry and Technology*. Woodhead Publishing is an imprint of Elsevier. United Kingdom.

Singh I, Sheoran S, Kumar B, Kumar K, Rakshit S, 2021. Speed breeding in maize (*Zea mays*) vis-a-vis in other crops: Status and prospects. *Indian Journal of Agricultural Sciences* **91**(9): 1267-1273,

Stratilová Z, Jedličková M. 2016. *GMO bez obalu*, 4 aktualizované vydání Ministerstvo zemědělství, Odbor bezpečnosti potravin. Praha.

Středa T, Středová H, Rožnovský J. 2013. Vývoj klimatu (včetně scénářů), faktický a potenciální vliv na výnos a kvalitu plodin. *Metodika pro zemědělské poradce*.

Strnadová D., 2012: Kukuřice – dar bohů. In: IVANEGA, Jan. *Z historie zemědělství*

Šarapatka B, Dlapa P, Bedrna Z. 2002. *Kvalita a degradace půdy*. Univerzita Palackého v Olomouci. Olomouc.

Šimon T, Madaras M, Zelazny WR. 2019. Fertilization effects on organic matter of arable soils in diverse environmental conditions of the Czech Republic. *Archives Of Agronomy and Soil Science* **65**(6): 782-795.

Šimon J, Škoda V, Hůla J. 1999. *Zakládání porostů hlavních plodin novými technologiemi*. Agrospoj. Praha.

Tandzi LN, Mutengwa CS, Ngonkeu ELM, Gracen V. 2018. Breeding Maize for Tolerance to Acidic Soils: A Review. *Agronomy-Basel* **8**(6): 1-21.

Tracy WF. 1999. Vegetable Uses of Maize (Corn) in Pre-Columbian America. *Hortscience* **34**(5): 812-813

Trevini M, Benincasa P, Guiducci M. 2013. Strip tillage effect on seedbed tith and maize production in Northern Italy as case-study for the Southern Europe environment. *European journal of agronomy*. **48**: 50-56.

Trnka M, Žalud Z. 2017. Klimatická změna a zásoba vody v půdě. Vesmír 96 (10)

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. 2020. Věstník Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského Ročník XIX, řada Národní odrůdový úřad, číslo 3. Brno.

Vach M, Javůrek M. 2011. Efektivní technologie obdělávání půdy a zakládání porostů polních plodin, Metodika pro praxi. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i. Praha – Ruzyně.

Vach M, Ust'ak S, Honzík R. Půdoochranné a minimalizační technologie přípravy půdy v období výskytu extrémních klimatických jevů.

Vrzal J, Novák D. 1995. Základy pěstování kukuřice a jednoletých píceň. Institut výchovy a vzdělání MZe. Praha.

Watson D. 2016. Achieving sustainable cultivation of maize Volume 1. Burleigh Dodds Science Publishing. London.

Webber H, Ewert F, Olesen JE, Müller C, Fronzek S, Ruane AC, Ferrise, R. 2018. Diverging importance of drought stress for maize and winter wheat in Europe. Nature communications, 9(1): 1-10.

Winkler J. 2019. Vytrvalé plevele v porostech kukuřice. Agromanuál 5. 30-32

Zimolka a kol. 2008. Kukuřice - hlavní a alternativní užitkové směry. Vydavatelství Profi Press, s. r.o. Praha. 978-80-86726-31-1

7 Internetové zdroje

Agropočasí. Nedatováno. Prahové hodnoty teploty vzduchu, půdy a úhrnu srážek pro jednotlivé skupiny plodin. Available from: <https://agropocasi.cz/plodiny/>

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

Hruška J. 2019. Přehlížená proměna zemědělství. Vesmír. Available from: <https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/2019/cislo-4/prehlizena-promena-zemedelstvi.html>

Ježková M. 2016. Plochy s geneticky modifikovanou kukuřicí v České republice klesly o 92 %, zasel ji jediný pěstitel – tisková zpráva. Ministerstvo zemědělství. Available from: https://eagri.cz/public/web/mze/tiskovy-servis/tiskove-zpravy/x2016_plochy-s-geneticky-modifikovanou.html

Kulovaná E. 2001. Šlechtění kukuřice v České republice. Úroda. Available from: <https://www.uroda.cz/slechteni-kukurice-v-ceske-republice/>

Mašek J. 2010. Hlavní zásady výroby kukuřičné siláže. Zemědělec. Available from: <https://zemedelec.cz/hlavni-zasady-vyroby-kukuricne-silaze/>

Moudrý J. Kukuřice. Zemědělské komodity, Informace o zemědělství. Available from: <http://www.zemedelskekomodity.cz/index.php/roslinna-vyroba-menu/obilniny/kukurice>

Petříková V. 2012. Plodiny pro zemědělské bioplynové stanice. Biom. Available from: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/plodiny-pro-zemedelske-bioplynovye-stanice>

Skládanka J. 2006. Kukuřice setá (*Zea mays* L.). Ústav výživy zvířat a pícninářství MZLU v Brně. Available from: https://web2.mendelu.cz/af_222_multitext/picniny/sklady.php?odkaz=kukurice.html

Zákony pro lidi. Zákon č. 252/1997 Sb. Zákon o zemědělství. Available from: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1997-252#p2i>

8 Samostatné přílohy

Pěstování geneticky modifikované odrůdy

(1) Fyzická nebo právnická osoba, která hodlá pěstovat geneticky modifikovanou odrůdu¹⁶⁾ na dílu půdního bloku, je povinna informovat o záměru pěstovat tuto geneticky modifikovanou odrůdu uživatele dílu půdního bloku, nacházejícího se ve vzdálenosti stanovené pro jednotlivé plodiny vyhláškou, od dílu půdního bloku, který užívá a na kterém hodlá pěstovat tuto geneticky modifikovanou odrůdu, a to v rozsahu a ve lhůtě stanovené pro jednotlivé plodiny vyhláškou před předpokládaným zahájením jejího pěstování.

(2) Fyzická nebo právnická osoba, která pěstuje geneticky modifikovanou odrůdu¹⁶⁾ na dílu půdního bloku, je povinna

a) dodržovat stanovenou minimální vzdálenost pěstování této geneticky modifikované odrůdy od místa pěstování odrůdy téže plodiny, která není geneticky modifikovanou odrůdou a od místa pěstování geneticky modifikované odrůdy s odlišným jednoznačným identifikačním kódem¹⁷⁾,

b) dodržovat stanovenou minimální vzdálenost pěstování této geneticky modifikované odrůdy od místa pěstování odrůdy téže plodiny pěstované v režimu ekologického zemědělství podle zvláštního právního předpisu¹⁸⁾,

c) informovat o zahájení pěstování geneticky modifikované odrůdy uživatele dílu půdního bloku, který se nachází ve vzdálenosti stanovené pro jednotlivé plodiny vyhláškou, od jí užívaného dílu půdního bloku, na kterém zahájila pěstování této geneticky modifikované odrůdy, a to nejpozději do 15 dnů ode dne zahájení jejího pěstování,

d) informovat písemně Fond o zahájení pěstování této geneticky modifikované odrůdy, a to nejpozději do 30 dnů ode dne zahájení jejího pěstování, v rozsahu stanoveném vyhláškou,

e) uchovávat nejméně po dobu 5 let údaje o pěstování geneticky modifikované odrůdy na dílu půdního bloku v rozsahu stanoveném vyhláškou,

f) dodržovat minimální vzdálenost místa pěstování geneticky modifikované odrůdy od státní hranice České republiky stanovenou vyhláškou.

(3) Povinnost dodržovat stanovenou minimální vzdálenost pěstování geneticky modifikované odrůdy¹⁶⁾ podle odstavce 2 písm. a) a b) může fyzická nebo právnická osoba splnit obsetím této geneticky modifikované odrůdy stejnou plodinou, která není geneticky modifikovaná, v rozsahu stanoveném pro jednotlivé plodiny vyhláškou, a která se při sklizni považuje za geneticky modifikovanou.

(4) Ministerstvo pro jednotlivé plodiny, u nichž jsou pěstovány geneticky modifikované odrůdy¹⁶⁾, vyhláškou stanoví

a) vzdálenost mezi díly půdních bloků, podle odstavce 1 a odstavce 2 písm. c),

b) lhůtu před předpokládaným zahájením pěstování geneticky modifikované odrůdy plodin podle odstavce 1,

c) rozsah poskytování informací podle odstavce 1 a odstavce 2 písm. d),

d) minimální vzdálenosti pěstování geneticky modifikované odrůdy podle odstavce 2 písm. a) a b),

e) rozsah uchovávaných údajů podle odstavce 2 písm. e),

f) rozsah obsetí stejnou plodinou, která není geneticky modifikovaná, podle odstavce 3,

g) minimální vzdálenost místa pěstování geneticky modifikované odrůdy od státní hranice České republiky podle odstavce 2 písm. f).

(5) Ministerstvo údaje o místě pěstování geneticky modifikované odrůdy poskytuje Ministerstvu životního prostředí prostřednictvím evidence využití půdy podle uživatelských vztahů (dále jen „evidence využití půdy“) vedené podle § 3a.

Příloha č. 1 Přesné znění § 2i Pěstování geneticky modifikované odrůdy

Dotazník na pěstování kukuřice

1. Jaké je Vaše zaměření:

- rostlinná výroba
- živočišná výroba
- rostlinná i živočišná výroba

2. Jaká byla plocha obhospodařované zemědělské půdy Vašeho podniku na začátku podnikání v (Ha)?

Pozn. V případě, že Vaše podnikání vzniklo již před revolucí, uveďte plochu až po revoluci, tj. po roce 1989.

3. Jaká je plocha obhospodařované zemědělské půdy Vašeho podniku nyní (v Ha)?

4. Na jaké výměře jste pěstovali kukuřici na začátku Vašeho podnikání (ha)?

Pozn. V případě, že Vaše podnikání vzniklo již před revolucí, uveďte plochu až po revoluci, tj. po roce 1989.

5. Na jaké výměře pěstujete kukuřici nyní (ha)?

6. Jaké byly důvody pro změnu plochy pěstování kukuřice v průběhu let?

7. Jaké jste používali odrůdy kukuřice v konkrétních letech:

8. K jakému účelu jste pěstovali kukuřici na začátku Vašeho podnikání (uveďte podíl v procentech)?

	10-20 %	20-40%	40-60%	60-80%	80-100%
Zrno					
Siláž - krmné účely					
Siláž - výroba bioplynu					
Prodej					
Jiný účel					

Pokud jste v otázce 8 uvedl jiný účel pěstování, uveďte prosím jaký:

9. K jakému účelu pěstujete kukuřici v současné době (uveďte podíl v procentech)?

*

	10-20 %	20-40%	40-60%	60-80%	80-100%
Zrno					
Siláž - krmné účely					

	10-20 %	20-40%	40-60%	60-80%	80-100%
Siláž - výroba bioplynu					
Prodej					
Jiný účel					

Pokud jste v otázce 9 uvedl jiný účel pěstování, uveďte prosím jaký

10. Podle jakých kritérií vybíráte odrůdy kukuřice? Vyjádřete prosím míru důležitosti:

	Velmi důležité	Spíše důležité	Spíše nedůležité	Nedůležité
Cena				
Výnos				
Doporučení				
Vlastní zkušenost				
Jiné				

Pokud jste v otázce 10 uvedl jiná kritéria výběru odrůd, uveďte prosím jaká:

11. Jaké jste používali předplodiny při pěstování kukuřice na začátku Vašeho podnikání?

12. Jaké používáte předplodiny při pěstování kukuřice nyní?

13. Jaké bylo zařazení kukuřice v osevním postupu na začátku Vašeho podnikání?

14. Jaké je zařazení kukuřice v osevním postupu nyní?

15. Jaká byla Vaše pěstitelská technologie kukuřice na začátku Vašeho podnikání? Jaké byly používány stroje při pěstování a zpracování?

16. Jaká je Vaše pěstitelská technologie kukuřice nyní? Jaké jsou používány stroje při pěstování a zpracování?

17. Využíváte podporu pěstování kukuřice ve formě dotací? Případně uveďte jaké dotace a kolik let již dotací využíváte.

18. Ovlivnila Vás covidová situace nebo válka na Ukrajině při pěstování kukuřice? Popište jakým způsobem.

Název odrůdy	Číslo odrůdy	Ranost	využití
Abraxo	ZEA29860	R	Siláž
Activiti CS	ZEA29912	VR	Siláž
Agro Vitallo	ZEA21587	SR	Siláž
Almansa	ZEA07847	VR	Siláž
Almondo	ZEA39119	VR	Zrno
Alpino	ZEA21663	VR	Siláž
Already	ZEA39197	R	Siláž
Altasio	ZEA37275	VR	Siláž
Amaveritas	ZEA29900	R	Siláž
Amavit	ZEA33997	VR	Zrno
Amisti CS	ZEA33948	SR	Siláž
Antigone	ZEA37310	R	Siláž
Antonello	ZEA35590	R	Siláž
Arcadio	ZEA37376	SP	Zrno
Arturo	ZEA21654	VR	Zrno
Arvedo	ZEA23593	SR	Zrno
Assano	ZEA19342	R	Siláž
Astardo	ZEA31806	VR	Siláž
Astrolabe	ZEA35641	SR	Siláž
Axxys	ZEA21618	R	Zrno
Babexx	ZEA21600	VR	Siláž
Balasco	ZEA28027	SP	Siláž
Baylimbo	ZEA25795	VR	Zrno
Bebida	ZEA31684	VR	Zrno
Belmondo	ZEA10460	VR	Zrno
Bigbeat	ZEA31736	SP	Siláž
Blandeen	ZEA39138	R	Siláž
Blizar	ZEA33542	R	Siláž
BRV2604D	ZEA38876	SR	Zrno
B3316C	ZEA39273	SR	Zrno
Calixto	ZEA39116	R	Zrno
Cedona	ZEA10415	SP	Zrno
Cegoja	ZEA31781	R	Siláž
Cegrand	ZEA19397	R	Zrno
Cegura	ZEA11022	SP	Siláž
Ceklad 235	ZEA03209		
Celate	ZEA09422	SP	Siláž
Celio 250	ZEA01728		
Celive	ZEA08888	R	Zrno
Celunar	ZEA21648	SR	Zrno
Cemata	ZEA13591	VR	Siláž

Cemax 245	ZEA01504		
Cemet 260	ZEA05403	SR	Siláž
Cenobia	ZEA37318	SR	Siláž
Cenzus	ZEA06665	SR	Zrno
Cester 230	ZEA01542		
Cevilar	ZEA21646	R	Zrno
Clementeen	ZEA33986	SR	Zrno
Codir	ZEA13423	R	Zrno
Codizouk	ZEA28018		
Conbrio	ZEA19334		
Contento	ZEA29857	VR	Zrno
Corfinio KWS	ZEA25851		
Corioli CS	ZEA19253	SR	siláž
Cyrano	ZEA23567	R	Zrno
Dactylo	ZEA31752	R	Siláž
Damario	ZEA35577	R	Siláž
Delicao	ZEA31801	VR	Zrno
Delitop	ZEA08405	R	Siláž
Denitsa	ZEA14519	VR	
DKC2731	ZEA39071	VR	Zrno
DKC2788	ZEA29784	VR	Zrno
DKC2891	ZEA31767	VR	Siláž
DKC2933	ZEA39073	VR	Siláž
DKC2972	ZEA27958	VR	Zrno
DKC3027	ZEA37254	VR	Zrno
DKC3034	ZEA39072	VR	Zrno
DKC3097	ZEA31771	VR	Zrno
DKC3117	ZEA35493	VR	Siláž
DKC3169	ZEA25833	VR	Zrno
DKC3239	ZEA39074	VR	Zrno
DKC3250	ZEA23457	VR	Siláž
DKC3361	ZEA25834	VR	Zrno
DKC3419	ZEA35503	R	Siláž
DKC3527	ZEA37263	R	Zrno
DKC3539	ZEA37262	R	Zrno
DKC3601	ZEA33547	R	Siláž
DKC3711	ZEA15115	R	Zrno
DKC3724	ZEA37274	R	Siláž
DKC3796	ZEA31759	VR	Zrno
DKC3805	ZEA33548	R	Zrno
DKC3941	ZEA21582	SR	Zrno
DS0419A	ZEA19245	VR	Siláž
DS1202B	ZEA23449	R	Siláž

DS1439B	ZEA25799	R	Siláž
DS1460C	ZEA25800	SR	Siláž
DS1469C	ZEA25801	SP	Siláž
DS1890B	ZEA31710	SP	Siláž
DS1897B	ZEA31714	SR	Siláž
DS1921B	ZEA29769	VR	Siláž
DS1922B	ZEA29770	R	Siláž
DS1959C	ZEA33612	SR	Siláž
Eduardo	ZEA10459	VR	Siláž
Egidio	ZEA35651	VR	
ES Amulet	ZEA25820	VR	Siláž
ES Archimedes	ZEA10448	R	Siláž
ES Asteroid	ZEA25822	R	Zrno
ES Concord	ZEA21550	R	Zrno
ES Creative	ZEA25819	R	Zrno
ES Eurojet	ZEA21547	VR	Zrno
ES Gallery	ZEA21551	SR	Zrno
ES Islander	ZEA35617	SR	Siláž
ES Joker	ZEA31785	R	Siláž
ES Katamaran	ZEA34036	VR	Zrno
ES Katmandu	ZEA33959	VR	Zrno
ES Locomotive	ZEA33964	SR	Siláž
ES Marakesh	ZEA35637	SR	Zrno
ES Marisol	ZEA31797	R	Siláž
ES Metronom	ZEA23494	R	Siláž
ES Myfriend	ZEA35629	R	Zrno
ES Myrdal	ZEA37301	VR	Siláž
ES Regain	ZEA09934	VR	Siláž
ES Ruffy	ZEA28004	SR	Siláž
ES Skytower	ZEA35632	SR	Siláž
ES Submarine	ZEA37316	VR	Zrno
ES Watson	ZEA28001	SR	Siláž
Exxotika	ZEA19389	SP	Siláž
Fabrikant	ZEA10467	R	Siláž
Facina	ZEA33543	R	Siláž
Farandole	ZEA33912	SP	Siláž
Farmueller	ZEA31683	VR	Zrno
Farmuppet	ZEA31681	VR	Zrno
Farrago	ZEA28067	R	Siláž
Fashion	ZEA25927	VR	Zrno
Fiddle	ZEA39196	R	Zrno
Fidoxxi	ZEA21615	R	Zrno
Fieldplayer	ZEA37302	VR	Siláž

Figaro	ZEA25857	VR	Zrno
Fight	ZEA35703	VR	Zrno
Filmeno	ZEA29844	SR	Siláž
Fisixx	ZEA13507	SR	Siláž
Flambeau	ZEA31791	R	Siláž
Flamenco	ZEA39245	SR	Zrno
Flyer	ZEA25924	SR	Siláž
Franceen	ZEA31831	SR	Siláž
Gaudelia	ZEA29785	VR	Zrno
Gerdine	ZEA31682	R	Siláž
Glutexo	ZEA37404	R	Zrno
Godino	ZEA33992	VR	Siláž
Golden Bantam	ZEA15062	SP	
Gomes	ZEA13554	SR	Siláž
Gordio	ZEA29864	SR	Siláž
Guillermo	ZEA39133	SP	Zrno
Hermino	ZEA28065	R	Siláž
Honoreen	ZEA37333	SP	Siláž
Honorifix	ZEA33546	R	Siláž
Huberto	ZEA35588	VR	Siláž
Identity	ZEA31769	VR	Zrno
Impaktit	ZEA37314	SR	Siláž
Instilla	ZEA21574	VR	Siláž
Isigni CS	ZEA33945	R	Siláž
Isotto	ZEA21656	R	Zrno
Justeen	ZEA25875	SR	Siláž
Juvento	ZEA25847	VR	Siláž
Karacho	ZEA10463	SR	Siláž
Karibiko	ZEA35654	SR	Zrno
Kawaxx	ZEA21602	R	Siláž
Keito	ZEA39109	R	Siláž
Kidemos	ZEA31726	R	Zrno
Kolektor	ZEA29787	R	Zrno
Koletis	ZEA29906	SR	Zrno
Korynt	ZEA28052	VR	siláž i zrno
Kristallo	ZEA37361	VR	Siláž
KWS Adamo	ZEA39126	R	Siláž
KWS Adaptico	ZEA34025	SP	Siláž
KWS Adonisio	ZEA39131	SR	Siláž
KWS Akustika	ZEA34008	SP	Zrno
KWS Aldo	ZEA39103	R	Zrno
KWS Arlo	ZEA35589	VR	Siláž
KWS Continuo	ZEA37289	R	Zrno

KWS Editio	ZEA39113	VR	Siláž
KWS Emporio	ZEA39108	VR	Siláž
KWS Essenzo	ZEA39229	SR	Siláž
KWS Granturismo	ZEA37276	VR	Siláž
KWS Gustavius	ZEA34011	R	Zrno
KWS Hypolito	ZEA39118	SP	Zrno
KWS Inteligens	ZEA37281	SP	Siláž
KWS Jaipur	ZEA34019	VR	Zrno
KWS Kampinos	ZEA31715	VR	Zrno
KWS Kavalier	ZEA35575	VR	Zrno
KWS Krogulec	ZEA31717	VR	Zrno
KWS Lauro	ZEA39104	R	Zrno
KWS Lusitano	ZEA39114	SP	Zrno
KWS Manfredo	ZEA39120	R	Siláž
KWS Monumento	ZEA37296	SR	Siláž
KWS Nestor	ZEA23547	VR	Zrno
KWS Odorico	ZEA35576	VR	Siláž
KWS Pepko	ZEA39135	SR	Siláž
KWS Rolando	ZEA37287	R	Zrno
KWS Salamandra	ZEA31718	VR	Siláž
KWS Saltare	ZEA34010	VR	Siláž
KWS Selestino	ZEA37284	R	Zrno
KWS Servalo	ZEA37286	R	Siláž
KWS Stabil	ZEA23539	VR	Zrno
KWS Tasko	ZEA39110	VR	Zrno
KWS Temisto	ZEA39124	SR	Siláž
Landlord	ZEA25794	VR	Zrno
Legion	ZEA25807	SR	Siláž
Leguan	ZEA33960	VR	Siláž i zrno
LG30248	ZEA23588	VR	Siláž
LG30270	ZEA13528	R	Siláž
LG31240	ZEA37334	R	Zrno
LG31254	ZEA39136	R	Siláž
LG31255	ZEA27952	R	Siláž
LG31265	ZEA37326	R	Siláž
LG31268	ZEA33985	SR	Siláž
LG31272	ZEA33983	R	Zrno
LG31276	ZEA25866	R	Zrno
LG31277	ZEA31828	SR	Siláž
LG31280	ZEA33982	SR	Siláž
LG31293	ZEA31829	SR	Siláž
LG31295	ZEA29814	SR	Siláž
LG31303	ZEA35611	SR	Siláž

LG32257	ZEA39137	R	Zrno
LG3258	ZEA11532	R	Zrno
Lidano	ZEA19339	R	Siláž
LID2888C	ZEA39253	SR	Siláž
LID3130C	ZEA37315	R	Zrno
LID3620C	ZEA39198	SR	Siláž
LID4040C	ZEA39201	SR	Zrno
Longstone	ZEA39208	VR	Siláž
Ludmilo	ZEA34024	R	Siláž
Luigi CS	ZEA13532	R	Zrno
Magnato	ZEA28068	R	Siláž
Marcamo	ZEA25895	VR	Siláž
MAS 16B	ZEA31843	VR	Siláž
MAS 20F	ZEA10483	VR	Siláž i zrno
MAS 28A	ZEA19265	SR	Siláž
Masetto	ZEA09952	R	Siláž
Meadow	ZEA27969	VR	Siláž
Medino	ZEA39236	R	Zrno
Milandro	ZEA37290	VR	Siláž
Minigold	ZEA11667	VP	
Mondstein	ZEA33907	VR	Zrno
Moribor	ZEA09464	R	Siláž
Motivi CS	ZEA33949	SR	Siláž
Nikita	ZEA21643	R	Siláž
Okato	ZEA11631	VR	Zrno
Omorphio	ZEA39129	R	Siláž
Ortenso	ZEA39115	R	Siláž
Perlant	ZEA33534	VR	Zrno
Perreen	ZEA25868	R	Siláž
Perrero	ZEA25898	VR	Zrno
Philosoph	ZEA28005	SR	Siláž
Pirro	ZEA15236	VR	Siláž
Poesi CS	ZEA29909	SR	Siláž
Pomeri CS	ZEA19256	R	Zrno
Prestoso	ZEA21662	VR	Siláž
PR37Y12	ZEA10953	SP	Zrno
PR39A98	ZEA09450	VR	Siláž
P0023	ZEA25789	SP	Zrno
P7364	ZEA38871	VR	Siláž
P7948	ZEA35421	VR	Siláž
P8134	ZEA19366	R	Zrno
P8201	ZEA25790	VR	Siláž
P8240	ZEA37149	R	Siláž

P8255	ZEA38873	VR	Siláž i zrno
P8464	ZEA21506	SR	Zrno
P8683	ZEA37151	SR	Siláž
P8782	ZEA38875	R	Siláž
P8834	ZEA35417	R	Zrno
P8888	ZEA27855	SP	Siláž
P8904	ZEA37153	R	Zrno
P9042	ZEA38874	R	Zrno
P9300	ZEA35415	SR	Zrno
P9610	ZEA35416	SP	Siláž i zrno
P9889	ZEA35414	SP	Zrno
P9960	ZEA38868	SP	Zrno
P9978	ZEA35412	SP	Siláž i zrno
P9985	ZEA37147	SP	Zrno
Rakete	ZEA28010	VR	Zrno
Rebecca	ZEA10971	VR	Zrno
RGT Alexx	ZEA39192	SP	Zrno
RGT Axxilin	ZEA21637	SP	Zrno
RGT Azalex	ZEA37354	SR	Zrno
RGT Bixx	ZEA29874	R	Siláž
RGT Connexion	ZEA23618	SR	Siláž
RGT Deixel	ZEA39172	R	Siláž
RGT Direxxion	ZEA27933	R	Siláž
RGT Exxact	ZEA33920	SR	Zrno
RGT Exxon	ZEA35674	VR	Siláž
RGT Exxtrali	ZEA39181	R	Zrno
RGT Ferroxy	ZEA27926	R	Zrno
RGT Halifax	ZEA31748	VR	Zrno
RGT Hexxagone	ZEA31746	SP	Siláž i zrno
RGT Lanxx	ZEA39173	R	Siláž
RGT Lipexx	ZEA25935	R	Zrno
RGT Luxxida	ZEA23620	SR	Siláž
RGT Maxxatac	ZEA31750	VR	Zrno
RGT Munxxter	ZEA33925	R	Siláž
RGT Muxxeal	ZEA35672	R	Siláž
RGT Nuraxxon	ZEA39174	R	Siláž
RGT Planoxx	ZEA25939	R	Zrno
RGT Produxxion	ZEA39193	SP	Zrno
RGT Texxia	ZEA39194	SP	Zrno
RGT Xxylophon	ZEA31740	VR	siláž
RGT Zanetixx	ZEA29871	SR	Zrno
RGT Zanetixx Duo	ZEA37355	SR	Zrno

Ribello	ZEA33990	R	Zrno
Rosaleen	ZEA37330	SR	Siláž
Rostello	ZEA37365	VR	Zrno
Rozeen	ZEA35608	R	Siláž
Rudolfinio KWS	ZEA29898	SR	Siláž
Rukunft	ZEA35701	SR	Siláž
Sandino	ZEA39130	R	Siláž
Sativo	ZEA19332	R	Zrno
Schwarzenegger	ZEA35678	VR	Zrno
Serrano	ZEA33995	R	Zrno
Sienzo	ZEA39242	SR	Siláž
Silvio	ZEA37288	VR	Siláž
Skycrop	ZEA39087	R	Zrno
SM Kurant	ZEA31832	R	Siláž
SM Perseus	ZEA35657	R	Siláž
SM Popis	ZEA27948	SR	Siláž
Solaking	ZEA33549	SR	Zrno
Spinetto	ZEA39241	SR	Siláž
Staccato	ZEA21657	R	Zrno
Starano	ZEA13497	R	Siláž
Stromae	ZEA21554	VR	Zrno
Stromboli CS	ZEA29908	SR	Siláž
Subito	ZEA09890	R	Siláž
Sumaris	ZEA10470	SR	Siláž
Sumumba	ZEA37405	R	Zrno
Sunbird	ZEA37313	R	Zrno
Susetta	ZEA28051	VR	Siláž
SY Amfora	ZEA37229	R	Siláž
SY Campona	ZEA21532	SR	Siláž
SY Chorintos	ZEA29835	R	Zrno
SY Enermax	ZEA31815	R	Zrno
SY Fenomen	ZEA25788	R	Zrno
SY Glorius	ZEA33910	R	Siláž
SY Gordius	ZEA29833	SR	Siláž
SY Impulse	ZEA31816	R	Zrno
SY Invictus	ZEA37230	VR	Siláž
SY Karthoun	ZEA23401	VR	Siláž
SY Leopoldo	ZEA33909	VR	Siláž
SY Pandoras	ZEA31818	VR	Zrno
SY Talisman	ZEA28020	VR	Siláž i zrno
SY Telias	ZEA28022	R	Zrno
SY Welas	ZEA23404	R	Siláž
SY Werena	ZEA21525	VR	Siláž

Tacito	ZEA11619	VR	Siláž
Talisco	ZEA34026	SR	Siláž
Tatrino	ZEA35586	SR	Siláž
Tondo	ZEA37299	SR	Siláž
Victoreen	ZEA37331	SP	Siláž
Vitalico	ZEA31721	R	Siláž
Volumixx	ZEA21601	R	Siláž
Walterinio KWS	ZEA25853	R	Siláž
Winterstone	ZEA39206	SR	Zrno
Witzzy	ZEA39195	VR	Siláž
Xxilo	ZEA15288	R	Siláž
Zafiro	ZEA23570	VR	Siláž

Příloha č. 3 Seznam registrovaných odrůd kukuřice v České republice