

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

Hodnocení různých způsobů stimulace na siláž

Bakalářská práce

Pavel Verner

Rostlinná produkce

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

© 2024 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Hodnocení různých způsobů stimulace kukuřice na siláž" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 28.4.2024

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu své práce, panu Ing. Jaroslavu Tomáškoví, Ph.D. za pomoc a vedení při vypracování této práce. Dále bych chtěl poděkovat svým přátelům, kteří mě motivovali v průběhu samotného psaní této práce.

Hodnocení různých způsobů stimulace kukuřice na siláž

Souhrn

Bakalářská práce byla vyhotovena v podobě literární rešerše na zvolené téma problematiky a zhotovením pokusu s jeho vyhodnocením.

Tématem bakalářské práce bylo zhodnotit efektivitu používání růstových stimulantů a jejich vliv na vývoj rostlin kukuřice a jejich výnosových parametrů.

Literární přehled se zabývá problematikou pěstování kukuřice, její výživou a jejími potenciálními stresory. Dále je do přehledu zahrnut přehled a funkce oligopeptidů, huminových látek a fytohormonů, které jsou obsaženy v přípravcích testovaných v praktické části.

Polní pokus byl realizován ve Výzkumné stanici FAPPZ v Červeném Újezdě. Skládal se z 5 variant, 1 kontrolní varianty a 4 variant s použitím huminových přípravků na podporu růstu.

Během sklizně byly vyhodnoceny výšky rostlin a výnosové parametry, hmotnost zelené hmoty a sušiny pro silážní účely a výnos zrna s hmotností tisíce zrn pro účely pěstování kukuřice na zrno.

Z jednoletého pokusu vyplývá pozitivní vliv huminových přípravků na podporu růstu na výnosové parametry kukuřice seté (*Zea mays*).

Klíčová slova: kukuřice, siláž, stimulanty růstu, výnos, huminové látky

Summary

This thesis has been made in form of literal research on selected topic and conducting field experiment and its evaluation.

The topic of this thesis is to evaluate effectivity of using growth stimulants and their effect on development of maize, it's vitality and productive parameters.

Literal research is focused on general information about growing maize, macronutrients and potential stress factors which might be involved in maize production. Furthermore, there are chapters dedicated to oligopeptides, humic substances and phytohormones as they are part of growth stimulants involved in field experiment.

Field experiment has been conducted in Research station of Faculty of Agrobiolgy, Food and Natural Resources. Field experiment included 5 variants, 1 control variant and 4 variants with growth stimulators based on humic substances.

During harvest we collected data on plant heigh, yield of fresh biomass, yield of dry biomass, yield of grain and weight of one thousand grains.

From a single year experiment we concluded a positive effect of growth promoters based on humic substances on yield parameters of maize (*Zea mays*).

Key words: Maize, silage, growth stimulators, yield, humic substances

Obsah

Obsah.....	6
1 Úvod.....	8
2 Literární rešerše.....	9
2.1 Biologická charakteristika kukuřice	9
2.2 Morfologie kukuřice.....	9
2.3 Historie kukuřice.....	9
2.3.1 Kukuřice v ČR	9
2.4 Využití kukuřice	10
2.4.1 Využití v energetice	10
2.4.2 Využití v potravinářství	10
2.4.3 Silážování	10
2.5 Odrůdy a hybridy kukuřice	11
2.5.1 Silážní hybridy	11
2.5.2 Zrnové hybridy	11
2.6 Makroživiny.....	11
2.6.1 Dusík	11
2.6.2 Fosfor	11
2.6.3 Draslík	12
2.6.4 Vápník	12
2.6.5 Hořčík.....	12
2.6.6 Síra	13
2.7 Pěstování kukuřice.....	13
2.7.1 Vodní režim.....	13
2.7.2 Kukuřice v osevním postupu.....	13
2.7.3 Vliv hustoty populace na výnosové parametry	13
2.7.4 Agrotechnika.....	14
2.8 Abiotické stresory	15
2.8.1 Mechanické poškození	15
2.8.2 Sucho	15
2.8.3 Zamokření půd.....	16
2.8.4 Teplotní stres	16
2.9 Oligopeptidy.....	16
2.10 Huminové látky.....	17
2.10.1 Rozdělení	17
2.10.2 Funkce.....	Error! Bookmark not defined.
2.11 Fytohormony	17

3	Metodika	19
3.1	Charakteristika stanoviště	19
3.2	Půdní podmínky	19
3.3	Klimatické podmínky	19
3.3.1	Průběh počasí během polního pokusu	20
3.4	Agrotechnika pokusu	22
3.4.1	Varianty pokusu	22
3.5	Hodnocení pokusu	23
3.6	Charakteristika přípravků	24
3.6.1	Galleko Arider	24
3.6.2	Galleko Smáčedlo	24
3.6.3	Galleko Růst	25
3.6.4	Galleko Květ a plod	25
3.6.5	Lumax	26
4	Výsledky	27
4.1	Vyhodnocení dat	27
4.2	Hodnocení vitality během vegetace	27
4.2.1	Počty a výška sklizňových rostlin	28
4.2.2	Výnos silážní kukuřice	29
4.2.3	Výnosy zrnové kukuřice	29
5	Diskuse	31
5.1	Cíle práce	31
5.2	Diskuse výsledků	31
5.3	Ekonomická rozvaha	31
5.3.1	Ekonomická rozvaha kukuřice pěstované na zrno	33
5.3.2	Ekonomická rozvaha kukuřice pěstované na siláž	33
6	Závěr	35
7	Seznam použité literatury	36

1 Úvod

Kukuřice setá (*Zea mays*) je jednou z nejdůležitějších plodin z hlediska potravinové bezpečnosti, pěstovaná po celém světě. Nachází své využití v potravinářství, jako krmná plodina ale i jako energetická plodina.

V Evropské unii v tuto chvíli sílí tlak na snižování spotřeby dusíkatých hnojiv za účelem ochrany životního prostředí. Z toho důvodu se hledají alternativní způsoby výživy a stimulace rostlin za účelem udržení výnosů.

Jedním druhem takovýchto přípravků jsou stimulatory růstu založené na humínových látkách a fluvokyselinách. Tato práce se zabývá ověřením jejich účinnosti a vlivu na výnosové parametry v reálných podmínkách.

2 Literární řešerše

2.1 Biologická charakteristika kukuřice

Kukuřice setá (*Zea mays*) je jednoděložná plodina z čeledi lipnicovitých. Rostlina je jednodomá, různopohlavní (samčí a samičí květenství je zvlášť) a cizosprašná. Samčí květenství je lata umístěná na vrcholu rostliny. Samičí květenství je klas se zdužnatělým větvenem, též zvaný palice (Moudrý & Jůza 1998).

2.2 Morfologie kukuřice

Kukuřice má svazčitý kořen, dosahující hloubky 1,4 metrů (Sobotik et al. 2018). Zpracování půdy má zásadní vliv na vývoj kořene. Při utužení půdy pod semenem, například při setí za vlhka, může dojít k výraznému poškození kořenové soustavy (Brant et al. 2017).

Stéblo rostliny kukuřice je velmi výrazné. Je dělené na internodia oddělené nody (kolénky). Internodia jsou vyplněna dřevem, která slouží jako zásobárna živin. Délka stébla se pohybuje od jednoho do tří metrů. Stéblo představuje 30-50 % výnosu sušiny (Diviš 2000).

Listy mají hlavní podíl na fotosyntéze. Jejich počet se pohybuje mezi 8 a 40, kdy pozdnější hybridy jich mívají více. Listy jsou důležitým termoregulátorem rostliny a představují asi 10-15 % výnosu sušiny (Brant et al. 2017).

Palice obsahuje 8-18 řad zrn s celkovým počtem 400-1200 zrn (Římovský et al. 1989).

2.3 Historie kukuřice

Kukuřice setá se do Evropy dostala v 16. století, kdy byla přivezena španělskými kolonizátory z jižní Ameriky. Zprvu je pěstována v západní Evropě, rozšíření do zbytku Evropy proběhlo mezi světovými válkami a v období druhé světové války. Kukuřici do střední Evropy rozšířila Třetí říše, které ji pěstovala na vhodných okupovaných územích. Poslední statistický záznam Třetí říše pocházející z roku 1938 uvádí, že byla pěstována na 59 394 ha (Zscheischler et al. 1989).

V 60. letech došlo k výraznému navyšování pěstebních ploch. Pokroky ve šlechtění a hybridizaci umožnili pěstování v chladnějších a vyšších polohách. Vývoj dedikované agrotechniky a triazinových pesticidů (Atrazine) snížili celkovou náročnost na lidskou práci (Brant et al. 2020).

V roce 2023 byla kukuřice pěstována v Evropské unii na necelých 8,4 milionu hektarů (Eurostat 2023).

V současné době je kukuřice druhou nejpěstovanější obilninou na světě, s roční sklizní dosahující 1,16 miliardy tun, a spolu s rýží a pšenicí tvoří základ potravinové bezpečnosti světa (FAO 2022).

2.3.1 Kukuřice v ČR

Plochy silážní kukuřice se po roce 1990 snižovaly v důsledku snižování stavu skotu z původních 382 000 hektarů až na 180 000 hektarů v roce 2009 (ČSÚ 2022). Následně dochází k postupnému zvyšování ploch silážní kukuřice až na přibližně 220 000 hektarů v roce 2021 (FAO 2022), bez výrazného navýšení stavů skotu (ČSÚ 2022), tento růst lze přiřknout použití kukuřice jako energetické plodiny v bioplynových stanicích. Silážní kukuřice

se stala nejvíce cíleně pěstovanou plodinou pro výrobu bioplynu pro svůj vysoký výnos bioplynu ($9000 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$), potažmo biometanu ($5000 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) (Pastorek et al. 2004; Fuksa et al. 2017).

Kukuřice v České republice v posledním desetiletí zaujímala 9-13 % osevní plochy (ČSÚ 2020).

2.4 Využití kukuřice

Spojené státy Americké, které jsou největším producentem kukuřice na světě, spotřebují okolo 50 % kukuřice na krmení dobytku, 18 % na výrobu ethanolu pro technické účely, 12 % na potravinářské užití a přibližně 19 % jde na export (Shultz 2008; FAO 2022).

V České republice je využití kukuřice primárně na siláž s 54 % plochy, 34 % na zrno a 12 % plochy je využíváno v bioplynových stanicích (Honsová 2013).

2.4.1 Využití v energetice

Kukuřice je v současné době hlavní plodina pro bioplynové stanice v České republice. Energetická hustota kukuřice dosahuje $320\,000 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1}$. Ideální sušina u kukuřice na hektar se pohybuje mezi 32-35 % (Diviš 2011).

2.4.2 Využití v potravinářství

V potravinářství se kukuřice používá na produkci kukuřičné mouky v mlýnech. Cukrová kukuřice se nakládá do konzerv, stejně jako zelenina. Z kukuřice se též vyrábí sirup, jako substituent slazení cukrem v různých potravinových produktech (Kopáčová 2007).

2.4.3 Silážování

Hlavní využití kukuřice je silážování pro potřeby krmení skotu. Kukuřičná siláž vytlačila jiné formy krmení, jako například bob (Zimolka 2008).

K silážování je vhodná infrastruktura jako silážní žlaby, silážní věže a silážní jímky na silážní kapalinu. Méně náročná na infrastrukturu je silážování ve vacích, v obalovaných balících, nebo na nezpevněných hromadách (Holandský systém). Dále jsou k silážování potřebné specializované sklízecí stroje (řezačky), které v jednofázové sklizni vyrábí řezanku (Loučka & Tyrolová 2013).

Po sklizni je řezanka odvezena typicky do silážního žlabu, kde dochází k jejímu nahrnování po nízkých vrstvách a udusání. Udusání je potřeba pro vytlačení vzduchu, aby probíhala anaerobní fermentace. Do siláže je možné přidávat aditiva pro rychlejší a kvalitnější průběh fermentace. Po udusání se mění objemová hmotnost čerstvé řezanky z $600\text{-}750 \text{ kg} \cdot \text{m}^3$ na požadovaných $800\text{-}950 \text{ kg} \cdot \text{m}^3$. Doporučuje se vrchní vrstvu ošetřit konzervanty na bázi kyseliny propionové, benzoové nebo sorbové, aby se předcházelo plesnivění. Po udusání se siláž přikryje vzduchotěsnou fólií. Fólie se musí zatížit, aby byla udržena vzduchotěsnost v průběhu fermentace. Fermentace zpravidla trvá několik týdnů. Takto připravená siláž v závislosti na povětrnostních podmínkách vydrží několik měsíců a je postupně zkrmována (Loučka & Tyrolová 2013).

V létě dojnice konzumují 0,7 až 1,3 kg sušiny kukuřičné siláže na 100 kg živé hmotnosti (Kolver et al. 2001).

2.5 Odrůdy a hybridy kukuřice

V současnosti je v České republice zaregistrováno 736 odrůd kukuřice (Ministerstvo zemědělství 2024).

Hybridy se klasifikují třímístným číslem FAO, které představují jeho ranost. Obecně se skupiny FAO pohybují od nejranější skupiny FAO 100 po nejpozdnější skupinu FAO 700. Délka vegetace pro tyto skupiny není absolutní, ale vztahuje se pro pěstební oblast (Marton et al. 2004; Simić & Prodanović 2021).

V českých podmínkách představuje FAO do 240 velmi rané hybridy s délkou vegetace do 123 dnů. Číslo FAO 240 až 350 představuje středně rané a středně pozdní hybridy s délkou vegetace 123-130 dnů. A FAO nad 350 představuje pozdní a velmi pozdní hybridy s délkou vegetace více než 130 dnů (Fuksa et al. 2017).

2.5.1 Silážní hybridy

V minulosti byl hlavním ukazatelem kvality hybridu poměr zrna ke zbytku hmoty. Dnes se používají komplexnější ukazatele (Bertoia et al. 2002).

Mezi kvalitativní ukazatele silážního hybridu řadíme nutriční kvalitu. Obsah energie, stravitelné vlákniny a obsah škrobu. Tyto atributy ovlivňují zdravotní stav dobytku, produkci mléka a přírůstek hmotnosti masa (Bertoia et al. 2002).

Dalšími kvalitami dobrého hybridu je silážovatelnost a stravitelnost. Dobrá stravitelnost, vyznačující se například měkkým zrnem, zajišťuje dobré využití nutrientů. Dobrá silážovatelnost se vyznačuje nízkým pH během silážování, vysokým obsahem kyseliny mléčné a dobrou konzervatelností siláže (Bertoia et al. 2002).

2.5.2 Zrnové hybridy

U zrnových hybridů je hlavním ukazatelem výnos zrna. To se pojí s počtem palic na rostlinu, počtem řad zrn v palici a HTZ. Dalšími kýženými vlastnostmi je rané dozrávání a nízká sklizňová vlhkost (Hallauer & Carena 2009).

2.6 Makroživiny

2.6.1 Dusík

Dusík je čtvrtý nejzastoupenější prvek v sušině rostlin. Rostlina ho potřebuje k tvorbě proteinů, nukleových kyselin a chlorofylu (Jacobsen et al. 1991).

Nedostatek se projevuje nedostatečnou tvorbou chlorofylu, zpomaleným růstem a v extrémních případech nekrotizací starších listů. U obilnin je možné pozorovat žloutnutí listů od špičky ke stonku ve tvaru písmene „V“ (Jones 2012).

Rostliny s deficitem dusíku dozrávají dříve, dosahují nižšího výnosu nižšího obsahu živin v semenech (Jacobsen et al. 1991; Jones 2012).

Odběr dusíku na 10 tun sušiny silážní kukuřice činí 123 kilogramů (Skládanka et al. 2014).

2.6.2 Fosfor

Z fosforu se v rostlině skládají cukry, nukleové kyseliny a ATP (Grundon 1987).

Nedostatek fosforu se více projevuje na mladých rostlinách. Nejstarší listy rostliny začnou fialovět, v krajních případech hnědnou a odumírají od špičky listu. Rostliny trpící deficitem mají opožděný vývoj, inhibovaný růst listů a zvýšenou náchylnost k uhnívání kořenů (Grundon 1987).

Odběr fosforu na 10 tun sušiny silážní kukuřice činí 20 kilogramů (Skládanka et al. 2014).

2.6.3 Draslík

Rostliny využívají draslík k aktivaci enzymů a koenzymů, regulaci vnitřního tlaku, transportu vody a živin, nepřímo ovlivňuje fotosyntézu regulací stomat (Kirkby & Mengel 1976).

Symptomy deficitu jsou z počátku málo pozorovatelné, jde hlavně o inhibici růstu a vývoje. Později začnou žloutnout starší spodní listy, počínaje prostorem mezi žilnatinou. Chlorofyl odumírá rovnoměrně v celé listu směrem od špičky po stonek, avšak hlavní žilnatina zůstává zelená. Dalším symptomem jsou velmi slabé a křehké stonky, což zvyšuje náchylnost k poléhání a lámání u obilnin. Narušení transportu látek se projeví i na obilkách. Mají málo proteinů a jsou svráštělé (Jacobsen et al. 1991; Mengel & Kirby 2004).

Odběr draslíku na 10 tun sušiny silážní kukuřice činí 126 kilogramů (Skládanka et al. 2014).

2.6.4 Vápník

Vápník stabilizuje a reguluje permeabilitu membrán buněk a zvyšuje jejich odolnost proti poškození a externím stresorům (Schapire et al. 2009), slouží jako pojivo molekul pektinu v buněčné stěně (Demarty et al. 1984) a zajišťuje mezibuněčnou komunikaci (Clapham 1995).

Vápník je prvek s nízkou mobilitou, téměř výlučně se pohybuje transpiračním proudem v xylému. Deficit vápníku tudíž nemusí být způsoben jeho nedostatkem v půdě, ale poruchou jeho příjmu, zejména nedostatkem vody nebo zasolením půdy, obojí způsobující snížení tlaku a proudu vody v rostlině (Marschner 2012).

Nedostatek, jakožto stavebního prvku, se projevuje na mladých listech, alternativně na orgánech s nízkou transpirací, například plodech. Mladé a nové orgány mají inhibovaný růst a bývají zdeformované, na listech se objevují nekrotické tečky a deformace okrajů, stonky nemají dostatečnou integritu a dochází k polehávání, nebo lámání, kořenový systém je zakrnělý a redukuje počet laterálních kořenů a zvyšuje se náchylnost k plísním. V době dozrávání plodů se snižuje míra opylení a snižuje se počet zrn v klasech (Wang et al. 2020).

Odběr vápníku na 10 tun sušiny silážní kukuřice činí 23 kilogramů (Skládanka et al. 2014).

2.6.5 Hořčík

Hořčík je součástí chlorofylu, kofaktorem pro mnoho enzymů účastnících se syntézy ATP, replikace DNA, RNA transkripce a syntézy proteinů, aktivuje enzymy během Calvinova cyklu, stabilizuje RNA a DNA, účastní se osmotických procesů, transportu iontů přes buněčné membrány a podílí se na hydrolýze ATP (Kirkby & Mengel 1976; Wilkinson et al. 1990).

Symptomy nedostatku hořčíku se podobají symptomům nedostatku vápníku, avšak žloutnutí mezi žilního prostoru listů začíná na starších listech. Stejně tak dochází k deformacím listů, zpomalení růstu rostliny a špatnému vývoji plodů (Guo et al. 2016).

Odběr hořčíku na 10 tun sušiny silážní kukuřice činí 10 kilogramů (Skládanka et al. 2014).

2.6.6 Síra

Síra je součástí cysteinu a methioninu, dvou esenciálních aminokyselin pro primární a sekundární metabolismus rostlin, a které jsou součástí mnoha proteinů. Síra je součástí některých kofaktorů, například thiolů, a sekundárních metabolitů, například glukosinolátů. Síra udržuje iontovou homeostázi a pomáhá udržovat osmotický tlak (Scherer 2001).

Symptomy deficitu síry jsou podobné symptomů deficitu dusíku, zejména chloróza, celková bledost rostliny, retardovaný růst, křehké listy a drobné orgány. Na rozdíl od dusíku se jedná o prvek s nízkou mobilitou, proto postihují symptomy zprvu mladé listy (Scherer 2001).

Odběr síry na 10 tun sušiny silážní kukuřice činí 2 kilogramy (Skládanka et al. 2014).

2.7 Pěstování kukuřice

2.7.1 Vodní režim

Kukuřice během vegetace vyžaduje průměrné srážky v rozpětí 25–38 mm týdně. V České republice trvá vegetační doba v závislosti na ranosti hybridu přibližně od 120 do 130 dnů, což odpovídá rozpětí ročního úhrnu srážek od 430 do 750 mm srážek (Fuksa et al. 2017; Schneekloth & Andales 2017).

Dlouhodobý srážkový průměr na území České republiky je 410 mm v okolí Žatce do 1705 mm v Jizerských horách (Rožnovský 2014).

2.7.2 Kukuřice v osevním postupu

Kukuřice není náročná na předplodinu a umožňuje efektivní pěstování v monokultuře. Sama je výbornou předplodinou pro většinu rostlin (Brant et al. 2020).

Kukuřice se hodí do všech systémů zpracování půdy a je možné jí sít i do nezpracované půdy (Brant et al. 2020).

Kukuřice se, jako řádková plodina, hodí do systémů precizního zemědělství, kdy je možné její přesné setí i následná ochrana přesným aplikováním pesticidů (Brant et al. 2020).

Mezi rizika pěstování patří eroze (větrná i vodní), avšak existují i systémy pomocné i druhé (double cropping) plodiny, které toto riziko snižují. Dále při sklizni siláže dochází k nadměrnému utužování půd při odvozu řezanky z pole. Dalším problémem je obchodování siláže, kdy se z pole odveze velké množství organické hmoty (Brant et al. 2020).

2.7.3 Vliv hustoty populace na výnosové parametry

Zvýšením hustoty populace dochází ke zvýšení hektarové výnosu zrna kukuřice, avšak nejedná se o přímou úměru (Greveniotis et al. 2019). Tento efekt zvyšování výnosu v závislosti na hybridu trvá do výsevu 100 000 až 120 000 rostlin na hektar. Po překročení této hranice se výnos biomasy a zrna začíná snižovat a začínají se objevovat rostliny bez klasů (Ipsilandis & Vafias 2004).

Víceleté pokusy, které zohlednily i úzkořadé a dvouřádkové výsevy, ukázaly, že ačkoliv dochází ke zvýšení výnosů při výsevu 110 000 jedinců na hektar, tak dochází ke snížení

kvalitativních parametrů zrna a výnosových parametrů jednotlivých rostlin (Greveniotis et al. 2019).

2.7.4 Agrotechnika

2.7.4.1 Předplodina

Ideálními předplodinami pro kukuřici jsou dusík vázající plodiny, jako jetel, nebo hrách. Dalšími vhodnými a u nás běžnými předplodinami jsou obiloviny (Georgieva et al. 2017).

Existuje i možnost opakovaného pěstování kukuřice po sobě, nebo po jiných řádkových plodinách, avšak toto je spojeno s vysokým rizikem eroze (Georgieva et al. 2017).

2.7.4.2 Hnojení

K hnojení kukuřice by mělo být ideálně použito organické i průmyslové hnojivo (Vaněk et al. 2016).

Organické hnojivo by mělo být aplikováno těsně před zpracováním půdy. Aplikační dávka chlévského hnoje se pohybuje okolo 30-35 tun na hektar (Vaněk et al. 2016).

Hnojení anorganickými hnojivy se provádí před setím. Dávka se odvíjí od množství použitých organických hnojiv. Celková dávka dusíku na hektar se odvíjí od očekávaného výnosu s cílem 150 – 250 kg N.ha⁻¹ (Skládanka et al. 2014).

Ideální je rozdělení anorganického hnojení na dvě dávky, jednu před setím a druhou v průběhu vegetace. Kukuřice má největší odběr živin po 8. týdnu růstu, proto je velmi žádoucí v tuto dobu aplikovat hnojivo. Hnojivo do vegetace je možné aplikovat plečkou s granulátovým přihnojením. Alternativou je aplikace DAMu, avšak je nutné se vyhnout foliární aplikaci, aby nedošlo k popálení listů. Za tímto účelem se aplikátory upravují, aby aplikace probíhala pod úrovní listů. Vhodná dávka hnojiva do porostu se pohybuje mezi 20–70 kg N.ha⁻¹ (Vaněk et al. 2016; Georgieva et al. 2017).

2.7.4.3 Zpracování půdy

Kukuřice dlouhodobě vykazuje lepší výnosy v systémech s hlubokým zpracováním půdy. Mezi preferované způsoby můžeme řadit konvenční hloubkovou orbu v hloubce mezi 20–30 cm, nebo pásovou orbu (strip-till) ve stejných hloubkách (Vetsch & Randall 2002).

Bezorebné systémy naproti tomu spojujeme s pozdějším vzcházením rostlin a následnými nižšími výnosy (Vetsch & Randall 2002).

Na pozemcích s bezorebnými systémy dochází k zhutnění půdy, čímž se můžou snížit výnosy až o 3 tuny na hektar při přejezdu techniky se zatížením na nápravu 19 tun (Sene et al. 1985).

Alternativou pro orbu je podrývání. Podrývání snižuje zhutnění půdy a jeho nepříznivé efekty na výnos. Podrývání v porovnání s bezorebnými pozemky bez zhutnění půdy vykazuje v krátkodobých pokusech zvýšení výnosu o více než tunu zrna na hektar (Sene et al. 1985).

2.7.4.4 Výsev

Termín výsevu se odvíjí od teploty půdy. Ideální teplota půdy pro výsev kukuřice je 8-10 °C. V Česku to odpovídá termínu přibližně od půlky dubna do půlky května (Zimolka 2008).

Optimální hloubka výsevu je 3-4 cm (Zimolka 2008). Rozteč řádků je v nejčastěji 75 cm a vzdálenost jednotlivých rostlin 14-17 cm, což odpovídá 80 000-90 000 rostlin na hektar (Novák & Vrzal 1995).

Pro výsev kukuřice jsou primárně využívány přesné pneumatikové sečí stroje. Ty zajišťují konstantní rozestupy mezi jednotlivými rostlinami (Chen et al. 2023).

2.7.4.5 Ochrana proti škodlivým organismům

Z hlediska ochrany proti plevelům je kritických prvních 4-6 týdnů po vzejití. Ochranu je možné provádět mechanicky, pletím, nebo herbicidy. Chemickou ochranu je možné provádět preemergentně, postemergentně (buďto jednou, nebo dělenou aplikací), nebo kombinací preemergentní a postemergentní aplikací herbicidu (Danilovič et al. 2021).

Mezi významné škůdce kukuřice u nás patří larvy čeledi kovaříkovitých, tzv. drátovci, květilky, bzunky, osenice, bázlivci, zavíječi a černopásky. Škůdce je nutné monitorovat a následně používat insekticidy s účinkem na cílový organismus (Danilovič et al. 2021).

Kukuřici ohrožují často houbové choroby. U nás se jedná o fuzariózy, kukuřičnou spálu, skvrnitost listů kukuřice, kukuřičné rzi a sněti (Danilovič et al. 2021).

2.7.4.6 Sklizeň

Sklizeň kukuřice na siláž probíhá jednofázově pomocí samohodných, nebo tažených řezaček (Stellmach et al. 2021).

Sklizeň na zrno provádí standardní obilné sklízecí mlátičky se specializovaným adaptérem (Kutz 2007).

Též existují sklízeče, které sklízají celé palice kukuřice, avšak nejsou tak běžné jako předchozí jmenovaná mechanizace (Khatamov & Fozilov 2022).

2.8 Abiotické stresory

2.8.1 Mechanické poškození

Mechanické poškození může být způsobeno povětrnostními podmínkami, zejména kroupami, silným deštěm a větrem, agrotechnikou nebo okusem škůdců (Schillmiller & Howe 2005).

Mechanické poškození vytváří riziko vniknutí patogenů do rostliny a stimuluje metabolismus k obraně a zotavení v místě zranění a přilehlých plochách (Schillmiller & Howe 2005).

2.8.2 Sucho

Sucho, způsobené nedostatkem vláhy je nejvíce kritický a limitující abiotický stresor, přítomný ve většině produkčních ploch na světě (Cooper et al. 2014).

Pro úspěšné pěstování v regionech náchylných k obdobím sucha je důležité volit hybridy s dobrou odolností. Schopnost hybridu odolávat suchu se skládá z komplexních

procesů jako je úprava osmotického tlaku, proti oxidačních schopností, zachování vysoké míry fotosyntézy a akumulace abscisových kyselin (Cramer et al. 2011).

Tyto schopnosti jsou umožněny syntézou širokého spektra proteinů. Druhy proteinů se liší v jednotlivých částech rostliny. V kořenech jsou proteiny mající vliv na metabolismus, regulační procesy a zajištění redoxní homeostázy (Hu et al. 2011).

V listech jsou proteiny primárně zodpovědné za syntézu ATP, proteinů a chlorofylu, glukoneogenezi a ochranu proti oxidačnímu stresu. Většina proteinů se nachází v chloroplastech a jsou přímo závislé na aktivaci abscisovou kyselinou při stresu během období sucha, nebo nedostatku světla (Hu et al. 2012).

V hybridech s větší odolností vůči suchu bylo pozorováno kvantitativně více proteinů v porovnání s ostatními hybridy (Benešová et al. 2012).

2.8.3 Zamokření půd

Zavodnění je způsobeno povodněmi, dlouhými období dešťů a špatnou drenáží (Visser 2003).

Hlavním problémem zavodnění je nedostatečný příjem kyslíku kořeny rostliny. Už při krátkodobém nedostatku kyslíku dochází ke změně exprese genů. Při delším zaplavení začnou morfologické a metabolické změny (Zou et al. 2010; Liu et al. 2012).

Dlouhodobé změny zahrnují zvýšení produkce ethylenu, auxinů a aerenchymu, zvýšenou aktivaci G-proteinů a zvýšené větvení kořenů (Thirunavukkarasu et al. 2013).

2.8.4 Teplotní stres

Globální oteplování způsobuje více chladných a teplých dnů. Kukuřice rychle ztrácí výnos, pokud denní teploty přesahují 30 °C. Nejefektivnější strategií proti teplotnímu stresu je šlechtění odolných odrůd (Hawkins et al. 2013).

V teplotně odolných hybridech se při teplotním stresu syntetizuje větší množství sHSP (small heat shock proteins), které pomáhají proti teplotnímu stresu, ale jejichž detailní principy fungování nebylo ještě plně popsáno (Hu et al. 2010; Janowska et al. 2019).

2.9 Oligopeptidy

Oligopeptidy mají pro rostliny široké spektrum funkcí.

Zajišťují mezibuněčnou komunikaci v rostlině. Při abiotickém stresu se produkují oligopeptidy, které ovlivňují expresi genů, nebo aktivují transkripční faktory a enzymy, tím pomáhají rostlině vypořádat se se stresovou situací (Argos 1990).

Oligopeptidy ze skupiny defensinů chrání rostlinu před konzumací živočichy a proti patogenům (bakteriemi, viry a houbami). V angličtině se označují jako „host defense peptides“ (HDP) nebo „antimicrobial peptides“ (AMP). V případě napadení patogeny rostlina expresí genů začne syntetizovat oligopeptidy, které posilují buněčné stěny, vylučují toxiny a aktivují další obranu odezvu. AMP bývají pozitivně nabitě a jejich mechanismem je narušení membrán patogenů (Ageitos et al. 2017).

Oligopeptidy jsou pro rostliny primárními sensory pro vnímání mnoha mikro prvků v půdě (Podar & Maathuis 2022). V případě železa jsou nepostradatelnými pro jeho přijímání a vnitro rostlinný transport (Grillet et al. 2018).

2.10 Huminové látky

Huminové látky jsou komplexní organické sloučeniny vyskytující se v půdě a představují 50–80 % zásob organického uhlíku. Vznikají z rozložené organické hmoty (Gerke 2022).

Zlepšují strukturu půdy, zvyšují provzdušenost a retenci vody. Mají vysokou výměnnou kationtovou kapacitu. Zvyšuje zásobu a výměnu živin rostlin. Makrobiogenní prvky u kterých byla pozorována lepší výměna jsou draslík, vápník, hořčík a fosfor. Z mikrobiogenních prvků jde o železo, měď a mangan (Canellas & Olivares 2014).

Pufrování půdy, udržování příznivého pH pro růst rostlin. Dokážou na sebe navázat těžké kovy a monomery hliníku v kyselých půdách a tím ochránit rostliny před škodlivými polutanty (Canellas & Olivares 2014).

Huminové látky podporují růst kořenů rostlin, a to dvojnásobným způsobem.

Prvním způsobem je podobný auxinům, stimuluje ATPázu, která následně uvolní ionty H^+ do buněčné stěny, sníží její pH a aktivuje pH-senzitivní enzymy a proteiny, které jí uvolní a započnou její růst (Canellas & Olivares 2014).

Druhým způsobem je rozpouštění huminových látek pomocí kyselin vylučovaných kořeny rostlin a mikrobioty v rhizosféře. Ze struktury huminových látek se uvolňují lapené molekuly, často hormony, které se tak stávají dostupnými pro rostlinu (Piccolo 2002; Canellas & Olivares 2014).

Působením na metabolické procesy ovlivňují množství a složení kořenových exudátů, tím zvyšují množství a diverzitu symbiotických mikrobiot v rhizosféře i uvnitř rostliny. Infekce symbiotickými bakteriemi je oportunistická. Bakterie se do rostliny dostávají při dělení pletiv během dlouhivého růstu kořenů (Canellas & Olivares 2014).

2.10.1 Rozdělení

Huminové látky rozdělujeme podle rozpustnosti na následující skupiny (Gerke 2022).

- 1) Huminové kyseliny
 - a. Rozpustné v alkalickém prostředí.
 - b. Mají nejvyšší molekulární hmotnost. Jsou tvořeny dlouhými řetězci uhlovodíků.
- 2) Fulvinové kyseliny
 - a. Rozpustné v kyselém i alkalickém prostředí.
 - b. Vznikají mikrobiálním rozkladem huminových kyselin. Skládají se z karboxylových kyselin, fenolů a hydroxylů.
- 3) Huminy
 - a. Nerozpustné reziduální frakce, které zbydou po extrakci huminových a fulvinových kyselin.

2.11 Fytohormony

Fytohormony jsou skupina chemických látek běžně produkovaných rostlinami, které kontrolují fyziologické procesy a odezvu na vnější podněty prostředí (Chhaya et al. 2021).

V porovnání s živočišnými hormony mají rostliny méně skupin, avšak jejich působení není tak specifické (Chhaya et al. 2021).

Fytohormony rozdělujeme do následujících skupin (Chhaya et al. 2021):

- 1) Auxiny

- a. Skupina funkčně podobných látek rozdílné chemické stavby. Řídí prodlužování a diferenciaci buněk, apikální dominanci a formování kořenů. Nejběžnějším přirozeným auxinem je IAA, kyselina indol-3-octová.
- 2) Cytokininy
 - a. Stimulují dělení buněk a oddalují jejich stárnutí. Poměr cytokininů a auxinů ovládá větvení rostliny a růst kořenů.
- 3) Gibbereliny
 - a. Hormony na bázi kyseliny giberlové. Stimulují buněčné dělení, růst a prodlužování stonku a listů. Vyvolávají kvetení a klíčení semen.
- 4) Kyselina abscisová
 - a. V zimě udržuje vegetační klid, způsobuje opadávání listů a plodů a zabraňuje předčasnému rašení pupenů. Během sucha se nadměrně produkuje v kořenech a transportuje do listů, kde uzavírá průduchy a omezuje odpar vody z rostliny a v krajních případech může způsobit opadání nezralých plodů.
- 5) Brassinosteroidy
 - a. Stimulují tvorbu celulózy a tím napomáhají dlouhivému růstu nadzemních částí rostlin, brání oxidativnímu stresu a zpomaluje stárnutí fotosyntetických pigmentů.
- 6) Jasmonáty
 - a. V případě fyzického napadení se nahromadí v poškozeném místě, moduluje tvorbu toxinů k odrazení škůdce a podporuje tvorbu enzymů účastnících se biosyntézy ligninu, posilujícího buněčné stěny a bránícího vniknutí patogenů.

3 Metodika

3.1 Charakteristika stanoviště

Pokus probíhal ve Výzkumné stanici Fakulty agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů v Červeném Újezdě, jež spadá do okresu Praha – západ. Tato obec se rozkládá na 50° 04' severní šířky a 14° 10' východní délky. Pokusná stanice zaujímá 30 ha pozemků rozdělených do 5 honů s následující rotací:

- 1) Pokusy
- 2) Jarní obilovina
- 3) Ozimá obilovina
- 4) Jetelovina
- 5) Ozimá obilovina

Tato rotace zajišťuje vyrovnání pozemků po pokusech (Výzkumná stanice Červený Újezd 2024).

3.2 Půdní podmínky

Pokusné pozemky se vyznačují především jižní expozicí a rovinným reliéfem, který podmiňuje dobré vsakování srážkových vod a dobrou schopnost vodivosti vody v půdě.

Převažujícími půdotvornými substráty jsou vápnité opuky křídového stáří překryté sprašemi a sprašovými pokryvy pleistocenními, tvořící zejména hnědozem.

Hlavním půdotvorným procesem je illimerizace, při níž dochází k okyselování povrchových vrstev půdního profilu, peptizaci koloidů a jejich vyplavování do spodiny, čímž dochází k tvorbě charakteristických horizontů.

V rámci chemických vlastností vykazuje půda mírný obsah humusu. Půda má střední až vysokou sorpční kapacitu, přičemž je koloidní komplex plně nasycen. Obsah draslíku a fosforu je v půdě dostačující (Výzkumná stanice Červený Újezd 2024).

3.3 Klimatické podmínky

Výzkumná stanice v Červeném Újezdě se nachází z hlediska dlouhodobého průběhu klimatu v oblasti mírně teplé, mírně suché s převážně mírnou zimou. Výzkumná stanice je položena v nadmořské výšce 398 m n.m. V rámci pokusných pozemků je průměrná nadmořská výška 405 m n.m. s nejvyšším bodem 420 m n.m., kterým je vrchol mírného svahu nacházející se na jižním okraji tohoto území. Průměrná délka slunečního svitu za rok je 1902 hodin a v rámci vegetačního období doba slunečního svitu činí 1396 hodin (Výzkumná stanice Červený Újezd 2024).

Průběh klimatických podmínek byl hodnocen ve výzkumné stanici Červený Újezd. Byl hodnocen ve vztahu k dlouhodobému normálu v období od r. 1991 až do r. 2020.

3.3.1 Průběh počasí během polního pokusu

Setí kukuřice proběhlo 12. května 2023. Klimatické podmínky v tomto měsíci nebyly přívětivé. Ačkoliv byla průměrná teplota 12,7 °C, tedy v normálu proti dlouhodobému průměru (13,6 °C), srážky v tomto měsíci byly pouze 7,5 mm, mimořádně podprůměrné proti dlouhodobému průměru (60 mm). Takto suché podmínky mají za následek zpomalení klíčení a vývoje rostlin.

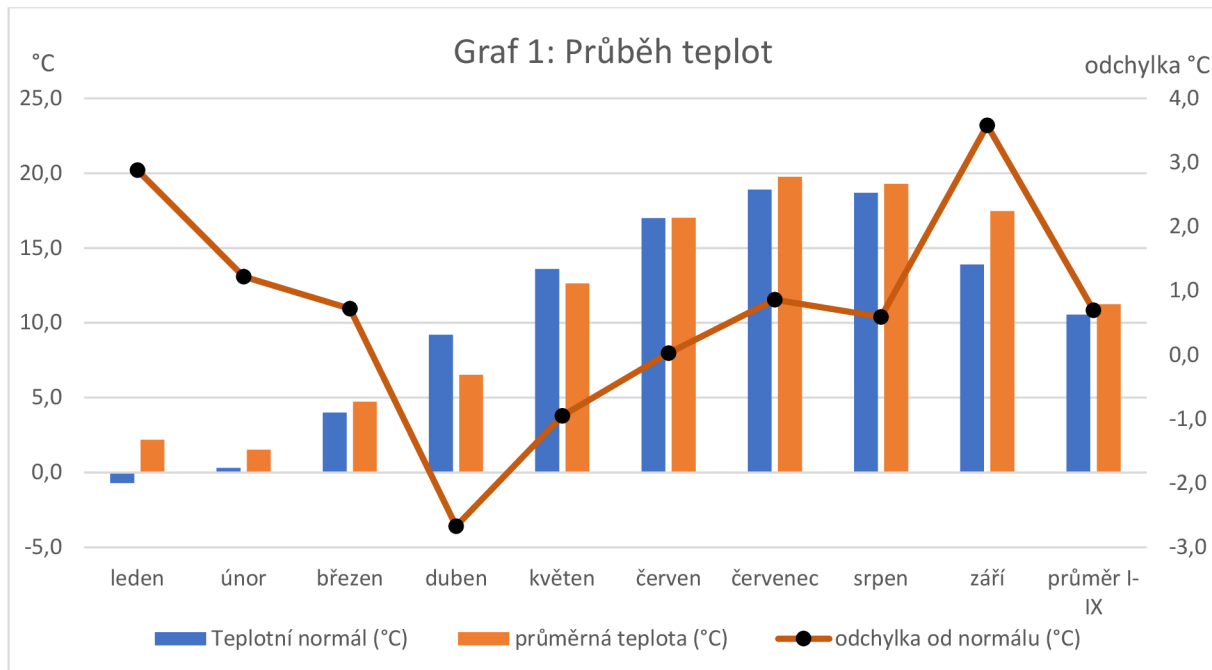
Vegetační období června až srpna se klimaticky pohybovalo v normálu, s mírně nižšími srážkami (55 mm) v červnu. Za celou dobu vegetace byl úhrn srážek přibližně 203 mm, což je velmi málo pro pěstování kukuřice. Vzhledem k délce našeho pokusu (18 týdnů) by optimální množství srážek představovalo minimální úhrn 450 mm.

Září představovalo extrémně nepříznivé podmínky jak z hlediska mimořádně vysokých teplot, tak silně podnormálního množství srážek. V půlce září (14. září) proběhla sklizeň a vyhodnocení pokusů.

Tabulka č. 1: **Průběh a hodnocení teplot ve výzkumné stanici Červený újezd v roce 2023 v porovnání s dlouhodobým průměrem** (Meteorologická stanice Červený újezd, Normál Praha Ruzyně 1991-2020)

rok 2023	Teplotní normál (°C)	průměrná teplota (°C)	odchylka od normálu (°C)	hodnocení
leden	-0,7	2,18	2,9	nadnormální
únor	0,3	1,52	1,2	normální
březen	4,0	4,72	0,7	normální
duben	9,2	6,53	-2,7	podnormální
květen	13,6	12,65	-0,9	normální
červen	17,0	17,03	0,0	normální
červenec	18,9	19,76	0,9	normální
srpen	18,7	19,29	0,6	normální
září	13,9	17,48	3,6	mimořádně nadnormální
průměr I-IX	10,5	11,24	0,7	

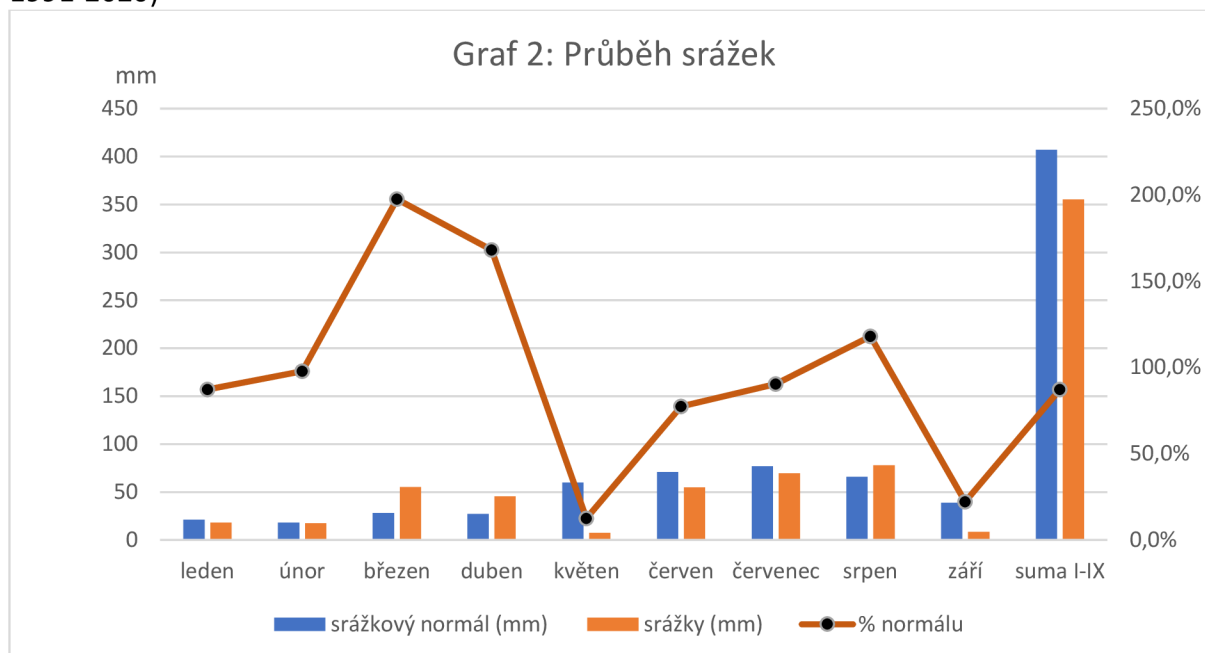
Graf č. 1: Průběh teplot na výzkumné stanici Červený újezd v roce 2023 v porovnání s dlouhodobým průměrem (Meteorologická stanice Červený újezd, Normál Praha Ruzyně 1991-2020)



Tabulka č. 2: Průběh a hodnocení srážek ve výzkumné stanici Červený újezd v roce 2023 v porovnání s dlouhodobým průměrem (Meteorologická stanice Červený újezd, Normál Praha Ruzyně 1991-2020)

rok 2023	srážkový normál (mm)	srážky (mm)	% normálu	hodnocení
leden	21	18,3	87,1	normální
únor	18	17,6	97,8	normální
březen	28	55,3	197,5	nadnormální
duben	27	45,4	168,1	silně nadnormální
květen	60	7,5	12,5	mimořádně podnormální
červen	71	55	77,5	normální
červenec	77	69,6	90,4	normální
srpen	66	77,9	118,0	normální
září	39	8,6	22,1	silně podnormální
suma I-IX	407	355,2	87,3	

Graf č. 2: Průběh srážek ve výzkumné stanici Červený újezd v roce 2023 v porovnání s dlouhodobým průměrem (Meteorologická stanice Červený újezd, Normál Praha Ruzyně 1991-2020)



3.4 Agrotechnika pokusu

Pokus byl proveden na univerzálním hybridu kukuřice KWS AMAVERITAS s FAO Z 240 / S 250. Setí proběhlo 12. 5. 2023. Předplodinou byla pšenice ozimá.

Před setím proběhlo hnojení minerálním hnojivem LAD27. Množství hnojiva záviselo na variantě pokusu. Varianty 1-3 byly hnojeny dávkou 150 kg N.ha⁻¹ a varianty 4-5 105 kg N.ha⁻¹.

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

Na jaře před setím proběhla standardní příprava půdy pro setí kukuřice. Hustota výsevu byla zvolena na 80 tis. rostlin na 1 hektar, tedy vzdálenost rostlin odpovídá 14 cm.

13.5. proběhla preemergentní aplikace herbicidu Lumax v dávce 3,25 l.ha⁻¹.

Ruční sklizeň kukuřice na siláž a zrno proběhla dne 14. 9. 2023. Pomocí tažené řezačky za traktor byla ručně sklizené rostliny zpracovány na vzorky řezanky, ze kterých se dále vyhodnocovaly pokusy.

3.4.1 Varianty pokusu

V pokusné části bylo založeno 5 variant po 4 opakováních. Aplikace přípravků proběhla 20.6. ve fázi BBCH 18 (8 listů), dle instrukcí výrobce.

Tabulka č. 3: **Přehled variant pokusu**

Varianta	Přípravek	Dávka I.ha ⁻¹	Dávka N v kg.ha ⁻¹
1	Kontrola		150
2	Galleko Arider	0,5	150
	Galleko smáčedlo	1	
3	Galleko Růst	0,8	150
	Galleko Květ a plod	0,8	
4	Galleko Arider	0,5	105
	Galleko smáčedlo	1	
5	Galleko Růst	0,8	105
	Galleko Květ a plod	0,8	

Tabulka č. 4: **Plán rozvržení pokusu**

G3		G4	G5	G1	G2
G4		G5	G1	G2	G3
G5	SLOUP	G1	G2	G3	G4
G1		G2	G3	G4	G5

3.5 Hodnocení pokusu

Týden po aplikaci testovaných přípravků byly odebrány vzorky a hodnocena vitalita rostlin. Rostliny byly změřeny a zváženy.

Ruční sklizeň kukuřice na siláž proběhla dne 14. 9. 2023. Pro sklizeň kukuřice na siláž byl zvolen prostřední levý řádek. Rostliny byly ruční pilou ořezány zhruba 7 cm nad zemí. Biomasa zelených rostlin byla zvážena a přepočítána na výnos zelené hmoty na hektar. Pomocí tažené řezačky za traktor byla ručně sklizené rostliny zpracovány na vzorky řezanky.

Ze vzorků řezanky se následně stanovovala sušina rostlin. Po usušení vzorků řezanky byl přepočítán výnos suché hmoty rostlin na hektar. Sušina byla zjišťována odebráním vzorků řezanky z každého opakování, přičemž hmotnost vzorku byla okolo 500 g. Následně vzorky řezanky byly sušeny při teplotě 105 °C po dobu 12 hodin. Po usušení byly opět jednotlivé vzorky zváženy a ze zjištěných hodnot se spočítala sušina celých rostlin. Každá varianta byla provedena ve čtyřech opakování.

Pro sklizeň kukuřice na zrno byly ručně odlámány palice z prostředního pravého řádku. Palice byly poté vymláčeny na pokusném sklízecím kombajnu Wintersteiger. Z jednotlivých opakování byla hmotnost zrn zvážena a přepočítána na výnos zelené hmoty zrn na hektar. Ze vzorků zrn se po usušení stanovoval obsah sušiny. Jednotlivé vzorky zrn byly usušeny při 45 °C po dobu 15 hodin. Po usušení byly opět jednotlivé vzorky zrn zváženy. Nakonec byl přepočítán výnos zelené a suché hmoty zrn na výnos na hektar. Každá varianta byla provedena ve čtyřech opakování.

3.6 Charakteristika přípravků

3.6.1 Galleko Arider

Galleko Arider je pomocný rostlinný přípravek určený na všechny porosty ve všech fázích růstu na výraznou protistresovou ochranu rostlin – sucho, zamokření, zasolení a ostatní stresové podmínky. Na použití v průběhu celé vegetace jako přídavek k základní výživě, listové výživě a pesticidům.

Optimalizuje energetický metabolismus, podporuje růstové procesy, zvyšuje aktivitu nitrátoreduktázy a tím i příjem N, má smáčivý, lepivý a penetrační účinek, zvyšuje odolnost k suchu a chladu, zvyšuje průnik účinných látek a živin membránami rostlin, zvyšuje výkon fotosyntézy, má pozitivní vliv na zdravotní stav rostlin, kladně ovlivňuje hospodaření buněk s vodou a výrazně pomáhá v eliminaci pesticidních stresů (Galleko 2024a).

Tabulka č. 5: **Složení přípravku Gallek Arider** (Galleko 2024a)

Směs aminokyselin v %	min.	25
Volné aminokyseliny v %	min.	4
Sušina v %	min.	29
Dusík jako N v %	min.	4,5
Hořčík jako MgO v %	min.	0,1
Síra jako SO ₄ v %	min.	0,6
Železo jako Fe v %	min.	0,1
Uhlík jako C v %	min.	12
Hodnota pH		5,5-6,5

3.6.2 Galleko Smáčedlo

Galleko Smáčedlo je určené na použití v průběhu celé vegetace jako přídavek k základní výživě, listové výživě, fungicidům, insekticidům, herbicidům a akaricidům. Přirozeně zvyšuje odolnost rostlin k nepříznivým podmínkám. Díky speciálnímu souboru látek má lepivý, smáčivý a penetrační účinek. Tyto látky plní funkci smáčedla a lepidla. Současně zvyšují průnik všech účinných látek a živin pokožkou listů a dále membránami všech buněk. Kladně ovlivňuje hospodaření buněk s vodou.

Zvyšuje aktivitu nitrátoreduktázy a tím i příjem N, má smáčivý, lepivý a penetrační účinek, zvyšuje odolnost k suchu a chladu, kladně ovlivňuje hospodaření buněk s vodou, výrazně pomáhá v dosahování potravinářské kvality pšenice, zvyšuje průnik účinných látek a živin membránami rostlin, zvyšuje HTZ u plodin (Galleko 2024).

Tabulka č. 6: **Složení přípravku Galleko Smáčedlo** (Galleko 2024)

Směs aminokyselin v %	min.	25
Volné aminokyseliny v %	min.	4
Sušina v %	min.	25
Dusík jako N v %	min.	4
Hořčík jako MgO v %	min.	0,15
Síra jako SO ₄ v %	min.	0,6
Železo jako Fe v %	min.	0,05
Uhlík jako C v %	min.	10
Hodnota pH		5,5-6,5

3.6.3 Galleko Růst

Galleko Růst je určen pro silnou podporu růstu nadzemních částí rostlin i kořenů v hlavním růstovém období. Regeneruje porosty po chemickém, mechanickém a mrazovém poškození. Stimuluje růst a tvorbu výnosu, zvyšuje obsah zásobních látek v rostlinách, podporuje tvorbu bílkovin a nukleových kyselin. Má smáčivý, lepivý a penetrační účinek, zvyšující průnik účinných látek do rostlin. Zvyšuje práh tolerance vůči chorobám. Podporuje tvorbu jemného a bohatého kořenového vlášení, čímž způsobuje účinnější využití vláhy a dodané výživy. Významně zlepšuje hospodaření rostlin s vodou a odolnost vůči stresům.

Podporuje růst v období hlavní vegetace, mírně zvyšuje obsah kvalitativních zásobních látek v rostlinách, přídavek N a K pomáhá v růstu a při fotosyntéze, podporuje tvorbu bílkovin a nukleových kyselin, významně zlepšuje hospodaření s vodou a celkovou odolnost vůči stresům (Galleko 2024).

Tabulka č. 7: **Složení přípravku Galleko Růst** (Galleko 2024)

Směs aminokyselin v %	min.	5
Humínové látky v %	min.	10
Sušina v %	min.	20
Dusík jako N v %	min.	3
Draslík jako K ₂ O v %	min.	2
Bór jako B v %		0,1
Uhlík jako C v %	min.	8
Hodnota pH		7-8,5

3.6.4 Galleko Květ a plod

Galleko Květ a plod je určený pro oblasti s nízkými nebo nedostatečnými srážkami, pro všechny polní kultury po celé období hlavního růstu. Na ozimé a jarní plodiny se aplikuje před květem, v období kvetení a po době odkvětu. Podporuje tvorbu květů a růst mladých plodů. Je vhodný i pokud potřebujeme zvýšit a prodloužit účinek současně aplikovaných postřiků a výživy, protože má smáčivý, lepivý a penetrační účinek. Zvyšuje práh odolnosti vůči chorobám. Podporuje intenzivní tvorbu zásobních a účinných látek, cukrů, silic, hořčin. Zvyšuje HTZ semen a velikost plodů i za nepříznivých podmínek. Má silný adaptogenní účinek, pomáhá rostlinám hospodařit s vodou. Obsahem P,K,B zlepšuje fotosyntézu,

množství a kvalitu pylu, následné zvětšení semen, zrna i plodů a to i za nepříznivých podmínek.

Zvyšuje HTZ semen a velikost plodů i za nepříznivých podmínek, podporuje tvorbu květů a plodů, přidáním P, K a B zlepšuje fotosyntézu, zlepšuje využitelnost N a podporuje příjem P a S, má silný adaptogenní účinek, pomáhá rostlině hospodařit s vodou, zlepšuje množství a kvalitu pylu, což má zásadní vliv na zvětšení plod (Galleko 2024).

Tabulka č. 8: **Složení přípravku Galleko Květ a plod** (Galleko 2024)

Huminové látky v %	min.	10
Směs aminokyselin v %	min.	8
Sušina v %	min.	18
Dusík jako N v %	min.	1,5
Fosfor jako P ₂ O ₅ v %	min.	1
Draslík jako K ₂ O v %	min.	2,5
Bór jako B v %	min.	0,1
Uhlík jako C v %	min.	8
Hodnota pH		6,5-8

3.6.5 Lumax

Účinná látka mesotrione způsobuje zablokování činnosti hlavního rostlinného enzymu HPPD. Přímým výsledkem blokace funkce HPPD je zastavení tvorby karotenoidových barviv. Mesotrione je přijímán listy i kořeny, v rostlinách se šíří akropetálně a bazipetálně. Účinek se projevuje žloutnutím listů a nekrotizací meristemických pletiv zasažených plevelů. První symptomy jsou patrné za 5 až 7 dní. Zasažené plevely odumírají po dvou týdnech.

Primárním způsobem účinku účinné látky S-metolachlor je zabránění utváření velmi dlouhého řetězce mastných kyselin. Účinná látka je přijímána prostřednictvím koleoptyle, klíčků a kořenů plevelů, kde v nejmladších částech brzdí prodlužování a dělení buněk.

Primárním způsobem účinku účinné látky terbuthylazine je inhibice fotosystému II (transportu elektronů). Důsledkem je blokace Hillovy reakce v chloroplastech. Destrukce buněčných stěn a membrán je hlavní příčinou listových nekrotizací a chlorózy a posléze odumření celé rostliny. Terbuthylazine je přijímán převážně prostřednictvím koleoptyle, klíčků a kořenů rostlin (Lumax 2024).

Tabulka č.9: **Složení přípravku Lumax** (Lumax 2024)

Mesotrione	37,5	g/l
S-metolachlor	375	g/l
Terbuthylazine	125	g/l

4 Výsledky

4.1 Vyhodnocení dat

Ke statistickému zhodnocení byl použit program Statistica 12, verze 12.1.

K hodnocení vitality během vegetace byla použita základní statistika.

K hodnocení výnosů byl použit Tukey ANOVA HSD test.

4.2 Hodnocení vitality během vegetace

Týden po aplikaci pomocných přípravků, která proběhla 20. 6. 2023, byly odebrány vzorky celých rostlin. Z každé varianty bylo náhodně vybráno minimálně 12 vitálních rostlin, které byly změřeny a zváženy za účelem hodnocení jejich vývoje a vitality.

Z tabulek č. 10-12 vyplívá, že varianty 3 a 4 vykazovaly mírně lepší ukazatele vitality proti ostatním variantám, zejména ve hmotnosti celých rostlin.

Nejlépe v hodnocení kořenů vyšla varianta 3, u které se jako u jediné zvýšila průměrná délka kořene oproti kontrole a to o půl centimetru. Nejvyšší naměřená délka kořene se oproti kontrole zvýšila o 3 cm. Tato varianta se jeví jako nejlepší z hlediska vývoje rhizosféry kukuřice.

Varianta č. 4 vyšla nejlépe z hodnocení výšky rostlin. Její průměrná délka se zvýšila proti kontrole o 4,2 cm s velmi podobnou směrodatnou odchylkou. Další pozitivní variantou oproti kontrole je varianta č. 3, která s téměř totožnou odchylkou má průměrnou výšku vyšší o 2,1 cm. Varianta č. 5 vyšla průměrně lépe oproti kontrole s nárůstem průměrné výšky o 0,7 cm, ale s mnohem vyšší směrodatnou odchylkou a mnohem nižší nejvyšší měřenou rostlinou, která byla o 25 cm nižší než nejvyšší rostlina hodnocená v kontrole.

Z hlediska hodnocení hmotnosti rostlin vyšli pozitivně oproti kontrole varianty č. 3-5. Nejlépe vyšla varianta č. 4 s nárůstem průměrné hmotnosti oproti kontrole 12,12 g. Varianta č. 3 měla nárůst hmotnosti oproti kontrole 11,14 g avšak s mírně nižší směrodatnou odchylkou než kontrola. Můžeme tak říct, že se jedná o nejlepší variantu z hlediska uniformity produkční plochy. Varianta č. 5 měla o 1,96 g vyšší průměrnou hmotnost rostliny, avšak s vyšší směrodatnou odchylkou a nejlehčí vážená rostlina vážila o 12,6 g méně než nejlehčí rostlina vážená u kontroly.

Varianta č. 2 v žádném ze sledovaných parametrů nepředčila průměr kontroly.

Tabulka č. 10: Délky kořenů jednotlivých variant týden po aplikaci přípravků

Varianta	Průměrná délka hlavního kořene v cm	Minimální délka hlavního kořene v cm	Maximální délka hlavního kořene v cm	Sm. Odchylka v cm
1 Kontrola	20,2	16	24	2,49
2 Arider	18,8	15	22	2,23
3 Růst + Květ a plod	20,7	17	27	2,9
4 Arider (red. hnojení)	19,3	17	21	1,44
5 Růst + Květ a plod (red. hnojení)	17,1	14	22	2,23

Tabulka č. 11: Výšky rostlin jednotlivých variant týden po aplikaci přípravků

Varianta	Průměrná výška rostliny v cm	Minimální výška rostliny v cm	Maximální výška rostliny v cm	Sm. Odchylka v cm
1 Kontrola	75	63	82	6,78
2 Arider	73,6	62	80	5,43
3 Růst + Květ a plod	77,1	63	87	6,71
4 Arider (red. hnojení)	79,2	69	94	7,66
5 Růst + Květ a plod (red. hnojení)	75,7	48	89	10,72

Tabulka č. 12: Hmotnosti rostlin jednotlivých variant týden po aplikaci přípravků

Varianta	Průměrná hmotnost rostliny v g	Minimální hmotnost rostliny v g	Maximální hmotnost rostliny v g	Sm. Odchylka v g
1 Kontrola	76,47	47,4	104	18,99
2 Arider	72,69	49	92	12,55
3 Růst + Květ a plod	87,61	49	114,4	18,91
4 Arider (red. hnojení)	88,59	52,3	137,7	27,54
5 Růst + Květ a plod (red. hnojení)	78,43	34,8	107,3	21,34

4.2.1 Počty a výška sklizňových rostlin

Před sklizní byly změřeny a spočítány všechny sklizené rostliny. Pro objektivní hodnocení bylo důležité zjistit, že rozdíly mezi jednotlivými opakováními nebyly průkazně odlišné.

Počet rostlin v jednotlivých parcelkách nebyl průkazně rozdílný. Totéž platí o výškách rostlin, kde nebyli zjištěni průkazně vyšší či nižší rostliny.

Tabulka č. 13: **Počty a výšky sklizňových rostlin**

Varianta	Počet rostlin v řádku	Výška sklizených rostlin
1	34,2	233
2	39	238
3	38	236
4	38,3	232
5	36,8	232

4.2.2 Výnos silážní kukuřice

Varianta 2 s použitím přípravků „Arider“ a „smáčedlo“ má proti kontrole téměř totožný výnos zelené hmoty, avšak vykazuje vyšší obsah sušiny, 41,2 % proti 39,1 % u kontrolní varianty. Rozdíl výnosu suché hmoty na hektar činil 0,7 t.ha⁻¹ oproti kontrolní variantě.

Varianta 3 s kombinací přípravků „Růst“ a „Květ a plod“ vykazoval nejlepší výsledky proti kontrole s vyšším výnosem zelené hmoty, rozdíl oproti kontrole 1,67 t.ha⁻¹, vyšším obsahem sušiny, 41,8 % proti 39,1 % u kontrolní varianty, a tím i podstatným rozdílem ve výnosu sušiny s rozdílem 1,68 t.ha⁻¹ oproti kontrole, neboli nárůstu o 10,5 %.

Varianty 4 a 5 s redukováním hnojením mají vyšší obsahy sušiny proti kontrole, avšak s nižšími výnosy zelené hmoty byl i výnos sušiny nižší než u kontroly.

Tabulka č. 14: **Výnosy silážní hmoty**

Varianta	Výnos celých rostlin (t.ha ⁻¹)	Obsah sušiny (%)	Výnos suché hmoty (t.ha ⁻¹)
1 Kontrola	40,85	39,1	16,07
2 Arider	40,95	41,2	16,87
3 Růst + Květ a plod	42,52	41,8	17,75
4 Arider (red. hnojení)	37,62	40,4	15,3
5 Růst + Květ a plod (red. hnojení)	39,97	39,9	15,46

4.2.3 Výnosy zrnové kukuřice

Varianta 2 s použitím přípravků „Arider“ a „smáčedlo“ měla nepatrně nižší výnos zrna proti kontrole s rozdílem 0,24 t.ha⁻¹.

Varianta 3 s kombinací přípravků „Růst“ a „Květ a plod“ vyšla o 6 % lépe než kontrola. Výnos zrna byl větší o 0,41 t.ha⁻¹ a hmotnost tisíce zrna byla zanedbatelně vyšší.

Varianty 4 a 5 s redukováním hnojením vykazovali nejlepší výsledky ve výnosu i hmotnosti tisíce zrn. Zejména varianta 4 s použitím přípravků „Arider“ a „smáčedlo“ vykázala nejvyšší výnos zrna z celého pokusu s rozdílem 0,98 t.ha⁻¹ a nárůstem HTZ o 5,2 g oproti kontrolní variantě. Varianta 5 s kombinací přípravků „Růst“ a „Květ a plod“ dosáhla druhého nejvyššího výnosu s rozdílem proti kontrole 0,72 t.ha⁻¹. Varianta 5 má nejvyšší HTZ z celého pokusu s rozdílem 5,9 g proti kontrole.

Tabulka č. 15: **Výnos zrna**

Varianta	Výnos zrna – přepočet na 15% vlhkost (t.ha ⁻¹)	HTZ (g)
1 Kontrola	6,73	302,8
2 Arider	6,49	302,7
3 Růst + Květ a plod	7,14	303,2
4 Arider (red. hnojení)	7,71	308
5 Růst + Květ a plod (red. hnojení)	7,45	308,7

5 Diskuse

5.1 Cíle práce

Cílem práce bylo ověření vlivů přípravků na podporu růstu s obsahem humínových látek a fluvokyselin na produkci silážní kukuřice.

Za tímto účelem byl zhotoven pokus, kdy byly do vegetace aplikovány přípravky společnosti Galleko a vyhodnoceny výnosové parametry proti kontrole bez aplikace pomocných přípravků. Během pokusu byly navrženy dvě varianty s redukováným hnojením dusíkem pro ověření možnosti částečné substituce těchto přípravků za konvenční hnojení.

5.2 Diskuse výsledků

Na začátek je nutné podotknout, že sezóna 2023 nebyla optimální pro pěstování kukuřice. Suché jaro značně ovlivnilo zakládání porostu a následné výkyvy počasí kukuřici neprospěli ani ve vegetaci. Ačkoliv měsíční průměry počasí se blížili normálu dlouhodobého průměru, jeho rozložení mělo jistě vliv na výnosové parametry.

Z výsledků (Tabulka č. 14) je patrný pozitivní vliv pomocných přípravků na výnosové parametry silážní kukuřice. Zejména obsah sušiny byl u všech ošetřených variant vyšší než u kontroly.

Varianty s redukováným hnojením bych nedoporučil do konvenční produkce siláže. Ačkoliv vykazují vyšší obsah sušiny, tak jejich absolutní výnos je nižší než u kontroly.

Zajímavějších výsledků dosahujeme při hodnocení pokusu z hlediska produkce zrnové. V tomto ohledu všechny ošetřené varianty, s výjimkou varianty 2 s použitím přípravků „Arider“ a „smáčedlo“, vykazovali nárůst výnosu zrna i HTZ.

Překvapením bylo značný nárůst výnosů u variant s redukováným hnojením dusíkatým hnojivem. Zejména varianta 4 s použitím přípravků „Arider“ a „smáčedlo“ vykazovala nárůst výnosu o 0,98 t.ha⁻¹, tedy 14,5 % oproti kontrole.

Tento výkyv je nejspíše způsobený ranějším dozráváním klasů vlivem nižší dostupností dusíku v rostlině.

Varianty 2 a 3 by mohli vykazovat lepší parametry na zrno při pozdější sklizni. Naše sklizeň probíhala zároveň s termínem sklizně siláže, která se však sklízí dříve, než zrnová kukuřice.

Kolektiv Verlinden et al. v roce 2009 publikoval obdobný pokus provedený v Belgii. Výsledky jejich pokusu zaznamenaly nárůst sušiny 2-3 % oproti kontrole. Naše výsledky nejlepší varianty č. 3 dosáhly nárůstu sušiny 10,5 % oproti kontrole.

Turecký kolektiv Oktem & Oktem v roce 2020 provedl experiment s aplikací humínových kyselin. Trojitá aplikace humínových kyselin dosáhla nárůstu výnosu zrna 13,7 %. Varianta č. 5 v našem pokusu dosáhla navýšení výnosu zrna oproti kontrole o 10,7 %.

5.3 Ekonomická rozvaha

Cena kukuřice byla v posledních letech na volném trhu velmi turbulentní, proto je vhodné brát tuto kapitolu s rezervou, avšak je nasnadě pro praktické použití zvážit ekonomické okolnosti.

Jako vstupní hodnotu ceny kukuřice použijí měsíčník Státního intervenčního fondu s hodnotou 4 202 Kč.t⁻¹ (SZIF 2024).

Jako vstupní cenu použitého hnojiva LAD 27 použiji veřejný ceník společnosti Agro ZETA servis s.r.o. s hodnotou 5 620 Kč.t⁻¹ (Agro ZETA servis 2021).

Pro určení cen pomocných přípravků použiji veřejný ceník obchodu AGROKOP CZ (AGROKOP CZ 2024). Ceny za litr přípravku jsou následující (Tabulka č. 16).

Tabulka č. 16: **Ceny přípravků** (AGROKOP CZ 2024)

Přípravek	Cena Kč za litr
Arider	1283
Růst	1047
Květ a plod	1083
Smáčedlo	812

Ze vstupních cen jsem vypočítal celkové náklady na hnojení a ošetření pomocnými přípravky (Tabulka č. 17).

Tabulka č. 17: **Náklady na jednotlivé varianty pokusu**

Varianta	Přípravek	Dávka l(kg).ha ⁻¹	Cena	Celková cena za variantu na ha
1	Kontrola			843
	LAV 27	150	843	
2	Galleko Arider	0,5	641,5	2296,5
	Galleko smáčedlo	1	812	
	LAV 27	150	843	
3	Galleko Růst	0,8	837,6	2547
	Galleko květ a plod	0,8	866,4	
	LAV 27	150	843	
4	Galleko Arider	0,5	641,5	2043,6
	Galleko smáčedlo	1	812	
	LAV 27	105	590,1	
5	Galleko Růst	0,8	837,6	2294,1
	Galleko květ a plod	0,8	866,4	
	LAV 27	105	590,1	

5.3.1 Ekonomická rozvaha kukuřice pěstované na zrno

Z celkových cen ošetření na hektar můžeme vypočítat rozdíly nákladů na hektar oproti kontrole. Zároveň z rozdílů výnosů a ceny kukuřice vypočítáme rozdíly obrátů vůči kontrole. Z rozdílů cen ošetření a rozdílů obrátů vypočítáme nejdůležitější ekonomický ukazatel, a tím je rozdíl zisků na hektar u jednotlivých variant (Tabulka č. 18).

Tabulka č. 18: Ekonomické porovnání jednotlivých variant kukuřice pěstované na zrno

Varianta	Výnos zrna proti kontrole (t.ha ⁻¹)	Cena ošetření proti kontrole (Kč.ha ⁻¹)	Obrat proti kontrole (Kč.ha ⁻¹)	Zisk proti kontrole (Kč.ha ⁻¹)
2 Arider	-0,24	1453,5	-1008,48	-2461,98
3 Růst + Květ a plod	0,41	1704	1722,82	18,82
4 Arider (red. hnojení)	0,98	1200,6	4117,96	2917,36
5 Růst + Květ a plod (red. hnojení)	0,72	1451,1	3025,44	1574,34

Varianta 2 je z ekonomického porovnání ztrátová, což je zapříčiněno nižším výnosem zrna oproti kontrole.

Varianta 3 je ekonomicky srovnatelná s kontrolou. U této varianty velmi závisí na současné ceně kukuřice, neboť se zisk proti kontrole blíží nule.

Rozdíly výnosů u variant 4 a 5 jsou dost velké na to, aby byla ziskovost zachována i při výkyvu výkupních cen kukuřice a jeví se jako optimální forma ošetření do provozu pro pěstování kukuřice na zrno.

Při nečekaném nárůstu cen hnojiv, tak jak jsme viděli v minulosti, by tyto varianty mohli být i násobně ziskovější v porovnání s variantami se standardními dávkami minerálních hnojiv.

5.3.2 Ekonomická rozvaha kukuřice pěstované na siláž

Podobnou ekonomickou rozvahu můžeme aplikovat i pro kukuřici pěstovanou na siláž. Ačkoliv se siláž neobchoduje tak běžně jako zrno, je možné dohledat její ceny. Pro účely rozvahy budu jako vstupní cenu používat 2 200 Kč.t⁻¹ z veřejného ceníku společnosti AGROCOM HRUŠOVANY (AGROCOM HRUŠOVANY 2023).

V následující rozvaze použijeme stejné výpočty nákladů, ale obrat a zisk se bude odvíjet od rozdílu výnosu sušiny proti kontrole a součinu tohoto rozdílu s cenou siláže pro získání obrátu. Rozdílem obrátu a cenou ošetření oproti kontrole zjistíme zisk proti kontrole.

Tabulka č. 19: **Ekonomické porovnání jednotlivých variant kukuřice pěstované na siláž**

Varianta	Výnos sušiny proti kontrole (t.ha ⁻¹)	Cena ošetření proti kontrole (Kč.ha ⁻¹)	Obrat proti kontrole (Kč.ha ⁻¹)	Zisk proti kontrole (Kč.ha ⁻¹)
2 Arider	0,7	1453,5	1540	86,5
3 Růst + Květ a plod	1,68	1704	3696	1992
4 Arider (red. hnojení)	-0,77	1200,6	-1694	-2894,6
5 Růst + Květ a plod (red. hnojení)	-0,61	1451,1	-1342	-2793,1

Z ekonomického porovnání vyplývá, že varianta 2 je ekonomicky srovnatelná s kontrolou, a proto její využití v provozu není dostatečně odůvodněné.

Varianta 3 naproti tomu je z ekonomického hlediska velmi zisková a její použití bych tedy v provozu vřele doporučil.

Varianty 4 a 5 měly značně menší výnosové parametry, a proto ani ekonomicky nedávají smysl v provozech zaměřených na produkci siláže.

6 Závěr

Na základě provedených pokusů můžeme doporučit pomocné přípravky na bázi humínových látek a fluvokyselin do konvenčně hnojených produkčních ploch kukuřic pěstovaných na siláž.

V tomto případě ošetřené varianty vždy vykazovali nárůst výnosových parametrů.

Dále můžeme tyto přípravky doporučit i do raných ploch kukuřice pěstované na zrno s redukováným systémem hnojení.

V obou těchto případech došlo k lepšímu ekonomickému zhodnocení produkční plochy.

7 Seznam použité literatury

- Ageitos JM, Sánchez-Pérez A, Calo-Mata P, Villa TG. 2017. Antimicrobial peptides (AMPs): Ancient compounds that represent novel weapons in the fight against bacteria: Ancient compounds that represent novel weapons in the fight against bacteria. *Biochemical Pharmacology* 133:117-138. Available at <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S000629521630301X>.
- Agro ZETA servis. 2021.. Available at <https://agrozetaservis.cz/aktualni-cenik-zemedelskych-hnojiv> (accessed April 18, 2024).
- AGROCOM HRUŠOVANY. 2023.. Available at <https://www.agrocomhrusovany.cz/node/72603> (accessed April 18, 2024).
- AGROKOP CZ. 2024.. Available at <https://obchod.agrokop.cz/listova-hnojiva-a-ostatni> (accessed April 18, 2024).
- Argos P. 1990. An investigation of oligopeptides linking domains in protein tertiary structures and possible candidates for general gene fusion. *Journal of Molecular Biology* 211:943-958. Available at <https://eurekamag.com/research/007/012/007012476.php>.
- Benešová M et al. 2012. The Physiology and Proteomics of Drought Tolerance in Maize: Early Stomatal Closure as a Cause of Lower Tolerance to Short-Term Dehydration? *PLoS ONE* 7:5-10. Available at <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0038017> (accessed April 1, 2024).
- Bertoia LM, Burak R, Torrecillas M. 2002. Identifying Inbred Lines Capable of Improving Ear and Stover Yield and Quality of Superior Silage Maize Hybrids. *Crop Science* 42:365-372. Available at <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2135/cropsci2002.3650> (accessed April 27, 2024).
- Brant V, Fuksa P, Hák J, Jursík M, Krouhík M, Prokinová E, Škeříková M, Šmöger J, Zábranský P. 2020. Efektivní hospodaření s vodou a eliminace degradace půdy v pěstebních systémech kukuřice seté. *Agrární komora České republiky, Praha*.
- Brant V, Zábranský P, Škeříková M, Pivec J, Krouhík M, Procházka L. 2017. Effect of row width on splash erosion and throughfall in silage maize crops. *Soil and Water Research* 12:39-50. Available at <http://swr.agriculturejournals.cz/doi/10.17221/121/2015-SWR.html> (accessed April 12, 2024).
- Canellas LP, Olivares FL. 2014. Physiological responses to humic substances as plant growth promoter. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture* 1:3. Available at <https://doi.org/10.1186/2196-5641-1-3>.
- Clapham DE. 1995. Calcium signaling. *Cell* 80:259-268. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0092867495904085> (accessed April 3, 2024).
- Cooper M, Ghosh C, Leafgren R, Tang T, Messina C. 2014. Breeding drought-tolerant maize hybrids for the US corn-belt: discovery to product. *Journal of Experimental Botany* 65:6191-6204. Available at <https://academic.oup.com/jxb/article-lookup/doi/10.1093/jxb/eru064> (accessed March 31, 2024).
- Cramer GR, Urano K, Delrot S, Pezzotti M, Shinozaki K. 2011. Effects of abiotic stress on plants: a systems biology perspective. *BMC Plant Biology* 11:163. Available at <http://bmcplantbiol.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2229-11-163> (accessed March 31, 2024).
- ČSÚ. 2022.. Available at https://www.czso.cz/csu/czso/zemedelstvi_zem (accessed April 12, 2024).
- Danilovič M, Hnát A, Šoltysová B. 2021. Metodická příručka na uplatnenie integrovanej ochrany proti škodlivým organizmom pri pestovaní kukurice siatej. *Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum – Výskumný ústav agroekológie, Michalovce*.

Demarty MAURICE, Morvan CLAUDINE, Thellier MICHEL. 1984. Calcium and the cell wall. *Plant, Cell & Environment* 7:441-448. Available at <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-3040.1984.tb01434.x> (accessed April 3, 2024).

Diviš J. 2000. Pěstování rostlin: (učební texty pro obor provozní podnikatel a pozemkové úpravy a převody nemovitostí). Jihočeská univerzita, České Budějovice.

Diviš J. 2011. PĚSTOVÁNÍ KUKUŘICE K ENERGETICKÝM ÚČELŮM. *ACTA PRUHONICIANA*:27-31.

Eurostat. 2023.. Available at <https://doi.org/10.2908/TAG00093> (accessed April 12, 2024).

FAO. 2022.. Available at <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (accessed April 10, 2024).

Fuksa P, Hakl J, Šantrůček J. 2017. Vliv hybridu a výsevku na výnos silážní kukuřice. Available at <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/osivo-a-sadba-1/vliv-hybridu-a-vysevku-na-vynos-silazni-kukurice> (accessed April 2, 2024).

Galleko. 2024.. Available at <https://galleko.com/pripravky/arider/> (accessed April 17, 2024).

Galleko. 2024.. Available at <https://galleko.com/pripravky/kvet-a-plod/> (accessed April 17, 2024).

Galleko. 2024.. Available at <https://galleko.com/pripravky/rust/> (accessed April 17, 2024).

Galleko. 2024.. Available at <https://galleko.com/pripravky/smacedlo/> (accessed April 17, 2024).

Georgieva K, Mihov M, Ivanova N. 2017. MECHANISED TECHNOLOGY FOR GROWING AND HARVESTING CORN. *Mechanization in agriculture & Conserving of the resources* 63:228-231.

Gerke J. 2022. The Central Role of Soil Organic Matter in Soil Fertility and Carbon Storage. *Soil Systems* 6.

Greveniotis V, Zotis S, Sioki E, Ipsilandis C. 2019. Field Population Density Effects on Field Yield and Morphological Characteristics of Maize. *Agriculture* 9:1-11. Available at <https://www.mdpi.com/2077-0472/9/7/160> (accessed April 26, 2024).

Grillet L, Lan P, Li W, Mokkapati G, Schmidt W. 2018. IRON MAN is a ubiquitous family of peptides that control iron transport in plants. *Nature Plants* 4:953-963. Available at <https://doi.org/10.1038/s41477-018-0266-y>.

Grundon NJ. 1987. *Hungry crops : a guide to nutrient deficiencies in field crops*. Queensland Dept. of Primary Industries, Brisbane.

Guo W, Nazim H, Liang Z, Yang D. 2016. Magnesium deficiency in plants: An urgent problem. *The Crop Journal* 4:83-91. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S221451411500121X> (accessed April 3, 2024).

Hawkins E, Fricker TE, Challinor AJ, Ferro CAT, Ho CK, Osborne TM. 2013. Increasing influence of heat stress on French maize yields from the 1960s to the 2030s. *Global Change Biology* 19:937-947. Available at <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/gcb.12069> (accessed April 2, 2024).

Honsová H. 2013. Pěstování kukuřice na výrobu bioplynu. *CZ Biom*:1-2. Available at <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/pestovani-kukurice-na-vyrobu-bioplynu> (accessed April 11, 2024).

Hu X, Li Y, Li C, Yang H, Wang W, Lu M. 2010. Characterization of Small Heat Shock Proteins Associated with Maize Tolerance to Combined Drought and Heat Stress. *Journal of Plant Growth Regulation* 29:455-464. Available at <http://link.springer.com/10.1007/s00344-010-9157-9> (accessed April 2, 2024).

Hu X, Lu M, Li C, Liu T, Wang W, Wu J, Tai F, Li X, Zhang J. 2011. Differential expression of proteins in maize roots in response to abscisic acid and drought. *Acta Physiologiae Plantarum* 33:2437-2446. Available at <http://link.springer.com/10.1007/s11738-011-0784-y> (accessed April 1, 2024).

Hu X, Wu X, Li C, Lu M, Liu T, Wang Y, Wang W, Schönbach C. 2012. Abscisic Acid Refines the Synthesis of Chloroplast Proteins in Maize (*Zea mays*) in Response to Drought and Light. *PLoS ONE* 7:1-11. Available at <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0049500> (accessed April 1, 2024).

Chen K, Gao S, Wang C, Yuan Y, Zhao B, Zhou L, Niu K, Wang H, Zheng Y. 2023. Design and Analysis of a High-Precision Dynamic Compensation System for Seed Dropping Position in Corn Sowing Operations. *Applied Sciences* 13:1-12. Available at <https://www.mdpi.com/2076-3417/13/13/7741> (accessed April 14, 2024).

Chhaya, Yadav B, Jogawat A, Gnanasekaran P, Kumari P, Lakra N, Lal SK, Pawar J, Narayan OP. 2021. An overview of recent advancement in phytohormones-mediated stress management and drought tolerance in crop plants. *Plant Gene* 25:1-8. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2352407320300457> (accessed April 28, 2024).

Ipsilandis CG, Vafias BN. 2004. Plant Density Effects on Grain Yield per Plant in Maize: Breeding Implications. *Asian Journal of Plant Sciences* 4:31-39. Available at <https://www.scialert.net/abstract/?doi=ajps.2005.31.39> (accessed April 26, 2024).

Jacobsen JS, Jasper CD, Montana State University (Bozeman M). ES. 1991. *Diagnosis of Nutrient Deficiencies in Alfalfa and Wheat: EB (Montana State University (Bozeman, Mont.). Extension Service)).* Montana State University, Extension Service. Available at <https://books.google.cz/books?id=8NydGwAACAAJ>.

Janowska MK, Baughman HER, Woods CN, Klevit RE. 2019. Mechanisms of Small Heat Shock Proteins. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology* 11:1-15. Available at <http://cshperspectives.cshlp.org/lookup/doi/10.1101/cshperspect.a034025> (accessed April 2, 2024).

Jones JB. 2012. *Plant Nutrition and Soil Fertility Manual* 2nd edition.. CRC Press.

Khatamov BA, Fozilov GG. 2022. Harvesting technology of the corn in the form of husked cobs and machine for its operation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 1076:1-5. Available at <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/1076/1/012073> (accessed April 16, 2024).

Kirkby EA, Mengel K. 1976. The role of magnesium in plant nutrition. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* 139:209-222. Available at <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jpln.19761390208> (accessed April 3, 2024).

Kolver ES, Roche JR, Miller D, Densley R. 2001. Maize silage for dairy cows. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*:195-201. Available at <http://www.nzgajournal.org.nz/index.php/ProNZGA/article/view/2407> (accessed April 28, 2024).

Kopáčová O. 2007. *TRENDY VE ZPRACOVÁNÍ CEREÁLÍ S PŘIHLÉDNUTÍM ZEJMÉNA K CELOZRNNÝM VÝROBKŮM.* Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha.

Kutz M. 2007. *Handbook of Farm Dairy and Food Machinery.* William Andrew Publishing, Norwich. Available at <https://books.google.cz/books?id=1dQTPBKJyuMC>.

Liu Z, Kumari S, Zhang L, Zheng Y, Ware D, Harmon FG. 2012. Characterization of miRNAs in Response to Short-Term Waterlogging in Three Inbred Lines of *Zea mays*. *PLoS ONE* 7:1-13. Available at <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0039786> (accessed April 2, 2024).

Loučka R, Tyrolová Y. 2013. *Správná praxe při silážování kukuřice: certifikovaná metodika.* Výzkumný ústav živočišné výroby, Praha.

- Lumax. 2024.. Available at <https://www.syngenta.cz/product/crop-protection/herbicity/lumax> (accessed April 17, 2024).
- Marschner P. 2012. Mineral Nutrition of Higher Plants 3rd ed.. Elsevier, London. Available at https://home.czu.cz/storage/737/65060_Mineral-Nutrition-of-higher-plants-Marschner-2012.pdf (accessed April 3, 2024).
- Marton LC, Szieberth D, Csuros M. 2004. New method to determine FAO number of maize, *Zea mays* L. *Genetika* 36:83-92. Available at <https://doiserbia.nb.rs/Article.aspx?ID=0534-00120401083M> (accessed April 26, 2024).
- Mengel K, Kirby EA. 2004. Mengel, K. and Kirkby, E. A. Principles of plant nutrition. *Annals of Botany* 93:479-480. Available at <https://academic.oup.com/aob/article-lookup/doi/10.1093/aob/mch063> (accessed April 3, 2024).
- Ministerstvo zemědělství. 2024.. Available at <https://eagri.cz/public/app/sok/odrudyNouRL.do> (accessed April 26, 2024).
- Moudrý J, Jůza J. 1998. Pěstování obilnin. Jihočeská univerzita, České Budějovice.
- Novák D, Vrzal J. 1995. Základy pěstování kukuřice a jednoletých píceňin. Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR, Praha.
- Oktem AG, Oktem A. 2020. Effect of Humic Acid Application Methods on Yield and Some Yield Characteristics of Corn Plant (*Zea mays* L. *indentata*). *Journal of Applied Life Sciences International* 23:31-37. Available at <https://journaljalsi.com/index.php/JALSI/article/view/464> (accessed April 28, 2024).
- Pastorek Z, Kára J, Jevič P. 2004. Biomasa: obnovitelný zdroj energie. FCC Public, Praha.
- Piccolo A. 2002. The supramolecular structure of humic substances: A novel understanding of humus chemistry and implications in soil science: A novel understanding of humus chemistry and implications in soil science. *Advances in Agronomy* 75:57-134.
- Podar D, Maathuis FJM. 2022. Primary nutrient sensors in plants. *IScience* 25. Elsevier. Available at <https://doi.org/10.1016/j.isci.2022.104029>.
- Rožnovský J. 2014. Sucho na území České republiky. *Živa* 157:2-3.
- Římovský K, Hrabě F, Vítek L. 1989. Píceňinářství: polní pícniny. Vysoká škola zemědělská, Brno.
- Sene M, Vepraskas MJ, Naderman GC, Denton HP. 1985. Relationships of Soil Texture and Structure to Corn Yield Response to Subsoiling. *Soil Science Society of America Journal* 49:422-427. Available at <http://doi.wiley.com/10.2136/sssaj1985.03615995004900020030x> (accessed April 15, 2024).
- Shultz S. 2008. Corn. *Journal of Agricultural & Food Information* 9:101-114. Available at <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10496500802173905> (accessed April 10, 2024).
- Schapiro AL, Valpuesta V, Botella MA. 2009. Plasma membrane repair in plants. *Trends in Plant Science* 14:645-652. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1360138509002313> (accessed April 3, 2024).
- Scherer HW. 2001. Sulphur in crop production — invited paper. *European Journal of Agronomy* 14:81-111. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1161030100000824> (accessed April 7, 2024).

Schillmiller AL, Howe GA. 2005. Systemic signaling in the wound response. *Current Opinion in Plant Biology* 8:369-377. Available at <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1369526605000695>.

Schneekloth J, Andales A. 2017. Seasonal Water Needs and Opportunities for Limited Irrigation for Colorado Crops. Fact Sheet 4:1-3. Colorado State University, Fort Collins, USA. Available at <https://extension.colostate.edu/docs/pubs/crops/04718.pdf> (accessed April 2, 2024).

Simić M, Prodanović S. 2021. Good cropping practices and technologies to reduce the impact of natural hazards on maize production in Serbia. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, Rome. Available at <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/d2e6ba4f-fff2-4780-80ef-69fe16e96dcb/content> (accessed April 1, 2024).

Skládanka J et al. 2014. Pícninářství. Mendelova univerzita v Brně, Brno.

Sobotik M, Graf T, Himmelbauer M, Bodner G, Bohner A, Loiskandl W. 2018. In-situ Beschreibung des Wurzelsystems von Hopfen und Mais über Freilegung am Bodenprofil. *Die Bodenkultur: Journal of Land Management, Food and Environment* 69:121-130. Available at <https://www.sciendo.com/article/10.2478/boku-2018-0011> (accessed April 12, 2024).

Stellmach S, Braun LM, Wächter M, Esderts A, Diekhaus S. 2021. On load assumptions for self-propelled forage harvesters. *International Journal of Fatigue* 147:1-9. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0142112320306460> (accessed April 16, 2024).

SZIF. 2024.. Available at https://www.szif.cz/cs/CmDocument?rid=%2Fapa_anon%2Fcs%2Fzpravy%2Ftis%2Fzpravy_o_trhu%2F05%2F1712058124599.pdf (accessed April 18, 2024).

Thirunavukkarasu N, Hossain F, Mohan S, Shiriga K, Mittal S, Sharma R, Singh RK, Gupta HS, Wu K. 2013. Genome-Wide Expression of Transcriptomes and Their Co-Expression Pattern in Subtropical Maize (*Zea mays* L.) under Waterlogging Stress. *PLoS ONE* 8:1-11. Available at <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0070433> (accessed April 2, 2024).

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

Verlinden G, Pycke B, Mertens J, Debersaques F, Verheyen K, Baert G, Bries J, Haesaert G. 2009. Application of Humic Substances Results in Consistent Increases in Crop Yield and Nutrient Uptake. *Journal of Plant Nutrition* 32:1407-1426. Available at <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01904160903092630> (accessed April 28, 2024).

Vetsch JA, Randall GW. 2002. Corn Production as Affected by Tillage System and Starter Fertilizer. *Agronomy Journal* 94:532-540. Available at <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2134/agronj2002.5320> (accessed April 15, 2024).

Visser EJW. 2003. Flooding and Plant Growth. *Annals of Botany* 91:107-109. Available at <https://academic.oup.com/aob/article-lookup/doi/10.1093/aob/mcg014> (accessed April 2, 2024).

Výzkumná stanice Červený Újezd. 2024.. Available at <https://www.af.czu.cz/cs/r-6779-katedry-a-soucasti/r-8736-ostatni-pracoviste/r-8759-vyzkumna-stanice-cerven-y-ujezd> (accessed April 17, 2024).

Wang Y, Martins LB, Sermons S, Balint-Kurti P. 2020. Genetic and Physiological Characterization of a Calcium Deficiency Phenotype in Maize. *G3 Genes|Genomes|Genetics* 10:1963-1970. Available at <https://academic.oup.com/g3journal/article/10/6/1963/6026366> (accessed April 3, 2024).

Wilkinson SR, Welch RM, Mayland HF, Grunes DL. 1990. Magnesium in plants: uptake, distribution, function, and utilization by man and animals: uptake, distribution, function, and utilization by man and animals. Marcel Dekker.

Zimolka J. 2008. Kukuřice: hlavní a alternativní užitkové směry. Profi Press, Praha.

Zou X, Jiang Y, Liu L, Zhang Z, Zheng Y. 2010. Identification of transcriptome induced in roots of maize seedlings at the late stage of waterlogging. BMC Plant Biology 10:189. Available at <https://bmcplantbiol.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2229-10-189> (accessed April 2, 2024).

Zscheischler J, Estler M, Staudacher W, Gross F, Burgstaller G, Strey H, Rechmann T. 1989. Handbuch Mais: Umweltgerechter Anbau. Wirtschaftliche Verwertung4., vollst. überarb. Aufl. edition.. DLG-Verlag, Frankfurt am Main.