



Fakulta zemědělská
a technologická
Faculty of Agriculture
and Technology

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

FAKULTA ZEMĚDĚLSKÁ A TECHNOLOGICKÁ

Katedra techniky a kybernetiky

Diplomová práce

Porovnání technologií precizního zemědělství s konvenčními způsoby
při pěstování kukuřice na siláž

Autor diplomové práce:

Bc. Matěj Podhola

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Mgr. Pavel Olšan, Ph.D.

Konzultant diplomové práce:

Ing. Radim Kuneš, Ph.D.

České Budějovice
2024

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracoval pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích dne

Podpis

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá porovnáním precizního zemědělství a konvenčního hospodaření. Práce je zaměřená na setí a hnojení kukuřice, která se zpracuje na siláž. Pracovalo se na dvou pozemcích, každý pozemek byl obděláván různým způsobem hospodaření. Porovnávala se data z výnosů kukuřice, kvalita siláží a finanční nároky za osivo a hnojivo. Před samotným setím proběhly na obou pozemcích půdní rozborů s cílem zjistit stav a složení pozemků. Pozemek pojmenovaný „Hrobce“ byl obděláván variabilním setím a variabilním hnojením. Druhý pozemek pojmenovaný „Za Řeky“ byl obděláván konvenčním způsobem hospodaření. V práci je popsán přístroj Harvestlab 3000, který pomocí záření NIR v reálném čase určuje hodnoty sušiny, dusíkatých látek, škrobu, hrubé vlákniny, cukru a popelovin při sklizni sklizené kukuřice. Tato data byla mezi pozemky porovnána s cílem ověřit, který způsob hospodaření je pro pěstování kukuřice kvalitnější a výnosově efektivnější. Díky preciznímu hospodaření se se dosáhlo o 26,9 % vyššího výnosu a zároveň nižších nákladů, za osivo a hnojivo. Finanční úspora u osiva činila 5 % a u hnojiva 8 %.

Klíčová slova: precizní zemědělství, zemědělství 4.0, variabilní setí, variabilní hnojení, siláž

Abstract

This thesis deals with the comparison of precision farming and conventional farming. The thesis focuses on the sowing and fertilization of maize to be processed into silage. Two plots were worked on, each plot being farmed in a different way. Data on maize yields, silage quality and financial requirements for seed and fertiliser were compared. Before sowing, soil analyses were carried out on both plots to determine the condition and composition of the plots. The plot named „Hrobce“ was cultivated with variable seeding and variable fertilisation. The second plot, named „Za Řeky“ was cultivated by conventional farming. The paper describes the Harvestlab 3000 instrument, which uses NIR radiation to determine in real time the dry matter, nitrogen, starch, crude fibre, sugar and ash values of harvested maize. These data were compared between plots to verify which management practice is better for maize production and more yield efficient. Precision farming resulted in 26.9 % higher yields and lower seed and fertilizer costs. The financial savings were 5 % for seed and 8 % for fertiliser.

Keywords: precision agriculture, agriculture 4.0, variable seeding, variable fertilisation, silage

Poděkování

Rád bych poděkoval Ing. Radimovi Kunešovi, Ph.D. za cenné rady a odborné vedení mé diplomové práce. Velké díky náleží také Zemědělské společnosti Dubné, a.s., zejména agronomovi Ing. Lukášovi Podholovi za poskytnutí prostředků, cenných informací a zkušeností z terénu pro tvorbu diplomové práce. Další poděkování bych chtěl věnovat Ing. Zuzaně Pilsové, DiS. za korekturu mé diplomové práce.

Obsah

Úvod	7
1 Precizní zemědělství.....	9
1.1 Variabilita půdního bloku.....	11
1.1.1 Makrovariabilita	11
1.1.2 Mezovariabilita.....	11
1.1.3 Mikrovariabilita.....	11
1.2 Variabilní setí v precizním zemědělství	12
1.3 Variabilní hnojení v precizním zemědělství.....	12
1.4 Prostorová a časová variabilita.....	13
1.5 Půdní vzorkování.....	13
2 Popis technického principu GNSS	15
2.1 NAVSTAR – GPS.....	15
2.2 GLONASS	16
2.3 GALILEO.....	17
2.4 COMPASS (BeiDou)	18
3 Kukuřice setá na siláž.....	19
3.1 Kukuřice v osevním postupu.....	19
3.1.1 Výživa kukuřice	21
3.1.2 Kukuřice na siláž.....	21
3.1.3 Termín sklizně kukuřice na siláž.....	22
3.2 Silážování	22
3.2.1 Důležité aspekty při silážování	23
3.2.2 Dusání kukuřice siláže	23
3.2.3 Zakrývání	24
3.2.4 Silážní prostory	24
4 Metodika.....	27

4.1 Cíle práce.....	27
4.2 Materiál	27
4.2.1 Zemědělská společnost Dubné, a.s.....	27
4.2.2 Sklízecí řezačka John Deere 9600i.....	27
4.2.3 HarvestLab 3000	28
4.3 Metodika terénních pokusů	29
4.3.1 Půdní vzorkování.....	29
4.3.2 Setí.....	31
4.3.3 Hnojení	33
4.3.4 Sklizeň.....	35
5 Výsledky.....	39
5.1 Vzorky půdy	39
5.2 Vyhodnocení látek.....	41
5.2.1 Konvenční způsob	41
5.2.2 Precizní zemědělství.....	42
5.2.3 Porovnání dat z HarvestLab 3000	44
5.3 Porovnání ekonomické náročnosti za hnojiva a osiva.....	46
6 Diskuse	50
7 Závěr.....	53
Seznam použitých zdrojů	54
Literatura	54
Internetové zdroje.....	57
Seznam obrázků	59
Seznam grafů.....	60
Seznam tabulek	61
Seznam zkratk	62

Úvod

Precizní zemědělství je metoda, která se v poslední době začala díky technologickému pokroku více využívat. Už v pravěku, kdy se poprvé lidé snažili pěstovat si vlastní potravu, narazili na problém s variabilitou půdy. Postupem času, kdy se zemědělství stávalo rodinnou záležitostí a hlavním zdrojem obživy, se začaly dědit i informace o dané variabilitě pozemku. Každý zemědělec své pole dobře znal a věděl na kterém místě je půda výživnější a kde méně. Tyto informace začaly pomalu mizet s příchodem dalšího zemědělského pokroku, kdy se začaly pozemky sjednocovat a obhospodařovat zemědělskými podniky. V této době se pozemky opracovávaly konvenčním způsobem za využití plošného zpracování půdy na obsáhlých plochách. S technologickým zemědělstvím přišlo precizní zemědělství, které při zemědělských operacích zohledňuje již zmíněnou variabilitu pozemku.

Po mnohaletém provozování konvenčního způsobu zemědělství se narazilo na několik problémů s výnosem plodin a životností půdy. Jedním z problémů bylo utužování půdy, které je způsobeno neustálým přejezdem těžké zemědělské techniky. Tento problém má vliv na oba zmíněné faktory. Rostliny totiž nemají dostatek prostoru pro růst a přes utuženou půdu se nedostanou hlouběji k potřebným výživným látkám. S utužováním půdy je spojena i vodní eroze, při které se voda hromadí na povrchu místo toho, aby protékla do spodních vrstev. Dalším problémem je zmiňovaná variabilita půdy, která se na pozemku v různých jeho částech liší, a kvůli této neznalosti může docházet k nižším výnosům. Získat informace o variabilitě půdy při klasickém konvenčním způsobu hospodaření je velmi obtížné. Je totiž potřeba velkých investic do modernější technologie využívající technologie GPS (Globální polohovací systém), která je napojená na čidla zemědělských strojů.

V této diplomové práci bylo porovnáváno precizní zemědělství s konvenčními způsoby při pěstování kukuřice na siláž. Práce probíhala na dvou půdních blocích, každý měl odlišný způsob obhospodařování. Byla porovnána data z výnosu dané plodiny, která byla promítnuta do ekonomické stránky zohledňující náklady na osiva a hnojení. Na poli, kde se provedlo variabilní setí, proběhlo i variabilní hnojení. Tímto způsobem se docílilo přesnějšího rozdílu mezi těmito způsoby hospodaření. Pro variabilní setí se použil secí stroj Kvernerland Optima HD, který disponuje přihnojením pod patu, a pro konvenční způsob byl použit stroj Becker Aeromat 12. Dále se pracovalo s přístrojem HarvestLab 3000, který v reálném čase pomocí blízké infračervené spektroskopie (NIR) určil hodnoty sušiny, dusíkatých látek, škrobu, hrubé vlákniny, cukru a popelovin sklizené plodiny. Tato data byla mezi pozemky porovnána s cílem zjištění, který způsob hospodaření je pro kukuřici kvalitnější a výnosnější. Před samotným

setím proběhly na obou pozemcích půdní rozbory s cílem zjištění stavu a složení pozemků. Precizní způsob hospodaření vycházel z dat výnosových map, která byla sbírána po dobu tří let.

1 Precizní zemědělství

Precizní zemědělství představuje inovativní přístup k zemědělskému hospodaření, který ke zvýšení efektivity, optimalizaci zdrojů a snižování negativního vlivu na životní prostředí využívá moderní technologie. Klíčovým prvkem je individuální přístup ke každému poli a využití technologií jako je GPS, senzory, přesné dávkovací systémy a drony. Precizní zemědělství je spojené s využitím moderních informačních technologií, které umožňují lépe porozumět a efektivněji využívat variabilitu v rámci pole. Hlavním konceptem precizního zemědělství je systematické použití vstupů do pole pouze tam, kde je to opravdu potřeba, a to ve správném čase a na správném místě. Tato strategie umožňuje na základě konkrétních podmínek daného území v daném čase přizpůsobit různé zemědělské postupy, jako je hnojení, příprava půdy nebo setí. Klíčovou roli hraje GPS technologie, která umožňuje přesné sledování polohy strojů na poli, čímž optimalizuje jejich práci v souladu s místními podmínkami. Tím se dosahuje nejen úspory nákladů na vstupy, ale také lepšího monitorování výsledků zemědělské činnosti. Tímto přístupem jsou jednotlivé části pole vnímány jako heterogenní prostředí s vlastními prostorovými a časovými charakteristikami (Vaněk, 2003; Brant et al., 2020).

Zatímco tradiční zemědělství obvykle považuje pole za jednotný celek, precizní zemědělství se odlišuje tím, že rozpoznává variabilitu v produktivitě a potřebách hnojení mezi různými částmi pole. Tento přístup klade důraz na individuální charakteristiky každého úseku pole a podle těchto rozdílů přizpůsobuje zemědělské postupy. I když myšlenka precizního zemědělství není zcela nová a starověcí zemědělci byli schopni rozpoznat rozdíly v kvalitě a potřebách půdy na různých částech pole, rozsáhlost moderních farem činí identifikaci těchto variabilních oblastí složitější (Kumhála, 2007).

Technologie využívané v precizním zemědělství

GPS v precizním zemědělství

Globální polohový systém se stal klíčovým prvkem precizního zemědělství. Zemědělci mohou díky této technologii v reálném čase monitorovat polohu svých strojů na poli, což umožňuje přesnou navigaci a plánování. GPS také umožňuje vytvářet mapy, které zemědělcům poskytují cenné informace o různých aspektech pole, například o nerovnostech terénu či výnosovém potenciálu (Abiodun et al., 2023).

Senzory a jejich role

Senzory jsou důležitou součástí precizního zemědělství. Poskytují totiž data o půdě, plodech a stavu rostlin. Senzory mohou měřit vlhkost půdy, obsah živin, teplotu a další parametry, což umožňuje zemědělcům přesné monitorování podmínek na poli. Tyto informace slouží k vytváření individuálních strategií péče o jednotlivé části pole (Abiodun et al., 2023).

Přesné dávkování hnojiv a osiva

Díky senzorům a GPS je možné aplikovat hnojiva a osivo s maximální přesností. Namísto jednotné dávky pro celé pole mohou zemědělci upravit dávky na základě specifických potřeb každé části pole. To nejen šetří zdroje, ale také maximalizuje výtěžek a minimalizuje nadměrné používání chemikálií (Norberto et al., 2023).

Individuální přístup k poli

Precizní zemědělství umožňuje zemědělcům individuální přístup k jednotlivým částem pole. Analytická data poskytují informace o historii pole, půdních vlastnostech a různých faktorech ovlivňujících výnos. Tato data pomáhají zemědělcům optimalizovat své rozhodnutí a přizpůsobit péči o každou část pole podle konkrétních potřeb (Norberto et al., 2023).

Integrace dronů

Drony mají v precizním zemědělství stále větší význam. Jde o bezpilotní letouny, které mohou být vybaveny pokročilými senzory a kamerami, jež poskytují snímky pole s vysokým rozlišením. Drony umožňují rychlé a pravidelné monitorování stavu rostlin, odhalování chorob nebo škůdců a identifikaci oblastí s nedostatečným zavlažováním (Abiodun et al., 2023).

Internet a senzory na farmě

Senzory připojené k internetu umožňují farmářům sledovat stav zařízení, půdy a plodin v reálném čase. Tato data jsou následně přenášena do centrálního systému, kde mohou být analyzována a využita k okamžitému řízení farmy. Díky tomu přináší do precizního zemědělství další vrstvu konektivity a umožňuje farmáři být ještě lépe informován (Muhammad et al., 2023).

1.1 Variabilita půdního bloku

Z pohledu optimalizace agrotechnických opatření můžeme považovat půdní blok za základní klasifikační jednotku v precizním zemědělství. Při hodnocení půdního bloku můžeme analyzovat širokou škálu měřených a kalkulovaných parametrů, které slouží k optimalizaci následných technologických postupů při jeho zemědělském využití (Norberto et al., 2023).

1.1.1 Makrovariabilita

Makrovariabilita je klíčovým prvkem precizního zemědělství, který se zaměřuje na větší rozdíly a vzory ve vlastnostech půdy a plodin na velkých plochách polí. Zemědělský pohled se soustřeďuje na větší části půdního bloku, které sdílejí podobné vlastnosti a jsou obvykle klasifikovány do určitých tříd. Pokud jde o agrotechnické postupy a rozlišovací schopnosti používaných detekčních metod, makrovariabilita se pohybuje v rozmezí desítek až stovek metrů. Z časové perspektivy je tato variabilita dlouhodobě stabilní a její změny jsou spojeny s dlouhodobými vlivy prvků krajinného prostoru, jako jsou erozní procesy, vlivy rostlinných společenstev, hnojení a zpracování půdy. K získání komplexních dat o rozložení charakteristik polních ploch je kladen důraz na využití GPS, senzorů a mapování pole. (Brant et al., 2020).

1.1.2 Mezovariabilita

Mezovariabilita v precizním zemědělství odkazuje na střední úroveň variabilit v rámci pole. Jedná se o mezirozměrnou variabilitu, která se nachází mezi makrovariabilitou (velkými oblastmi pole) a mikrovariabilitou (malými částmi pole). Mezovariabilita se zaměřuje na střední měřítko pohledu na pole obvykle v rozsahu stovkách milimetrů až několik metrů. Pozorované změny probíhají v horizontu měsíců až jednoho roku. Tato úroveň variabilit je důležitá při přizpůsobování agrotechnických postupů konkrétním potřebám jednotlivých částí pole. Analýza mezovariability může zahrnovat zkoumání rozdílů ve struktuře půdy, vlhkosti, živinách a dalších faktorech, které mohou být významné při rozhodování o vhodných zemědělských postupech (Brant et al., 2020).

1.1.3 Mikrovariabilita

Mikrovariabilita v kontextu precizního zemědělství se týká drobných rozdílů nebo vzorů ve vlastnostech půdy, stavu plodin a dalších faktorech, a to na velmi malém měřítku obvykle čítající desítky až stovky milimetrů. V čase je velmi nestálá, jde o rychlé chemické reakce a fyzikální změny v časovém horizontu několika minut až měsíců. Tato úroveň variabilit je

velmi detailní a zaměřuje se na specifické mikroprostředí jednotlivých rostlin či malých částí pole. Mikrovariabilita může být způsobena různými faktory, jako jsou změny ve struktuře půdy, drobné nerovnosti terénu, různé úrovně vlhkosti nebo odlišné složení živin na malém území (Brant et al., 2020).

1.2 Variabilní setí v precizním zemědělství

Chceme-li přistupovat k pozemku a jeho částem individuálně je obvykle potřeba pro vytvoření aplikačních map a zón zvážit tři klíčové faktory – informace, které budou použity jako základ pro vytvoření zóny; postup, který bude aplikován při zpracování těchto informací; optimální počet zón, do kterých by měl být pozemek rozdělen (Silas et al., 2022).

Hospodaření zaměřené na individuální přístup zahrnuje několik klíčových kroků, mezi ně patří zpracování půdy, setí, hnojení a aplikace pesticidů. Variabilita půdních podmínek, a tím i výnosového potenciálu různých částí pozemku je obecně dobře známa. Tuto skutečnost jednoznačně podporují výnosové mapy, půdní charakteristiky a letecké snímky, které se zaměřují především na stav porostů a půdy. Při variabilní setí se v současné době pracuje s úpravou množství použitého počtu vysévaného osiva na jednotku plochy (Brant et al., 2020).

1.3 Variabilní hnojení v precizním zemědělství

Variabilní hnojení představuje revoluční přístup k aplikaci hnojiv, který využívá moderní technologie k optimalizaci výnosů plodin a minimalizaci environmentálních dopadů. Klíčové nástroje, jako jsou výnosové mapy, aplikační mapy, GPS a hnojení podle zón společně tvoří inovativní systém, který přináší farmářům významné výhody (Norberto et al., 2023).

Výnosové a aplikační mapy

Výnosové mapy slouží jako zásadní nástroj pro sběr dat o výnosech plodin na různých částech pole. Tyto mapy zachycují rozdíly v produkci plodin v závislosti na půdních charakteristikách, klimatických podmínkách a dalších faktorech. Aplikační mapy pak využívají tyto informace k vytvoření detailního obrazu o potřebách živin na celém poli (Muhammad et al., 2023).

GPS a lokální variabilita

Technologie GPS hraje důležitou roli v přesném mapování polí a určení geografické polohy každého bodu na poli. Tímto způsobem je možné identifikovat lokální variabilitu v půdních

vlastnostech a výnosech plodin. GPS umožňuje vytvoření přesných map, které slouží jako základ pro diferencovanou aplikaci hnojiv (Muhammad et al., 2023).

Hnojení podle zón a diferencovaná aplikace

Hnojení podle zón představuje strategii, při které jsou různým zónám na poli přiděleny specifické dávky hnojiv v závislosti na jejich potřebách. K tomu jsou využity informace z výnosových a aplikačních map. Diferencovaná aplikace hnojiv umožňuje přesně aplikovat potřebné množství živin v konkrétních oblastech pole, což výrazně snižuje nadměrnou spotřebu hnojiv a minimalizuje environmentální dopady (Abiodun et al., 2023).

1.4 Prostorová a časová variabilita

Prostorová variabilita půdy

Prostorová variabilita půdy se věnuje zkoumání změn vlastností půdy, jako je například hloubka půdy v různých částech pole. Tento jev může být pozorován například ve variabilitě výnosů jedné plodiny na daném území nebo v různých úrovních zpevnění půdy. Prostorová variabilita je způsobena různými faktory, včetně rozdílných podmínek půdy, rozdílné intenzity zemědělského zásahu nebo působením biotických faktorů, jako jsou mikroorganismy a další organismy v půdě (Lukas et al., 2011).

Časová variabilita půdy

Časová variabilita se na rozdíl od prostorové zabývá změnami vlastností v průběhu času. Tato proměnlivost je často způsobena fluktuacemi povětrnostních podmínek, které mají významný vliv na vývoj sledovaného jevu. Může například docházet ke změnám v množství nadzemní biomasy nebo v intenzitě napadení plodiny škodlivými organismy během určitého období (Lukas et al., 2011).

1.5 Půdní vzorkování

Pro prostorovou variabilitu pozemku je klíčová hustota a rozmístění odběrových bodů pro vzorkování. Čím více odběrových bodů použijeme, tím detailnější bude mapování variability, avšak náklady na provedení vzorkování budou vyšší. Naopak menší počet odběrových bodů může přinést úspory, ale může také přehlédnout některé významné rozdíly v mapování. V precizním zemědělství se obvykle provádí pouze jeden odběr na pozemek o rozloze 1 až 5 hektarů. Důležité je i vhodné rozmístění odběrových bodů, které se může lišit

podle znalosti prostorové variability pozemku. Jestliže je tato variabilita známá, rozmístění bodů se řídí podle této znalosti. Informace o variabilitě pozemku mohou pocházet například z výnosových map, topografických dat, leteckých nebo družicových snímků, nebo z měření elektrické vodivosti půdy. Provedení vzorkování půdy s využitím těchto informací je označováno jako cílené vzorkování (Neudert a Vojtěch, 2015).

2 Popis technického principu GNSS

Globální navigační satelitní systém (GNSS) je označení systému pro určování polohy. Systém se skládá ze soustavy družic rotující kolem planety a neznámého zařízení, většinou jde o uživatele s přenosným zařízením, které disponuje tímto systémem a může se k němu připojit. GNSS pracuje na principu měření vzdálenosti od pohyblivého bodu (družice) k neznámé pozici (uživatel). Ze změřené časové prodlevy mezi satelitem a uživatelem se vypočítá zeměpisná šířka, výška a délka. V současné době je možné se setkat se čtyřmi navigačními satelitními systémy. Jedním z nich je systém Spojených států amerických s názvem Navstar GPS (Navigation System with Time and Ranging-Global Position System), který byl nejprve využíván pro armádní účely, ale pak našel uplatnění i v civilním sektoru. Dalším satelitním systémem je evropský Galileo, ruský Glonass a čínský BeiDou (Steiner a Černý, 2006).

GNSS je dálkový systém, kde družice vysílají navigační zprávu se svým označením, časem vysílání a polohou. Pro určení polohy přijímače je třeba přijmout navigační zprávu alespoň od čtyř družic. Časová vzdálenost od družice k přijímači uvádí pomyslnou kulovou plochu. Na průsečíku kulových ploch se nachází přijímač. K určení polohy přijímače by stačily pouze tři družice, ale výsledná poloha by nebyla přesná. Tento problém se nachází v přijímači, který nedisponuje tak přesnými hodinami jako družice, které mají na palubě přesné atomové hodiny. Čtvrtá družice se tedy používá pro odstranění této nepřesnosti. Družice se nacházejí zhruba ve výšce 20 000 km nad zemským povrchem a planetu oběhnou jednou za 12 hodin (El-Rabbany, 2006).

2.1 NAVSTAR – GPS

NAVSTAR GPS původně vznikl pro armádní účely, ale v roce 1991 bylo rozhodnuto o jeho rozšíření i do civilního sektoru. Tato verze kvůli obavám o zneužití systému obsahovala vloženou chybu (úcelovou odchylku), která znemožňovala přesné určení polohy. Navigační systém NAVSTAR GPS hojně využívá armáda USA a členské státy Severoatlantické aliance (North Atlantic Treaty Organization, NATO). Systém dokáže pracovat za jakéhokoliv počasí, a to 24 hodin denně již od 90. let 20. století, kdy vznikl. Součástí navigačního systému jsou tři sektory – vesmírný, řídicí a uživatelský. Vesmírný sektor je tvořen 27 družicemi umístěnými na oběžné dráze ve výšce 20 200 km nad zemským povrchem a planetu obletí jednou za 11 hodin a 58 minut. Pouze 24 satelitů je plně aktivních, zbylé tři družice jsou záložní pro případ poruchy. Družice jsou rozmístěny na šesti kruhových drahách pod úhlem 55 °. Satelity si mezi sebou posílají informace složené ze dvou zpráv. První zprávou jsou dva pseudonáhodné kódy,

kteře slouží k vyrovnání vzdálenosti mezi družicemi, a druhý kód udává stav družice. Druhá zpráva obsahuje navigační zprávy, jež udávají stav, polohu a čas na družici. Řídící sektor složený z řídících a monitorovacích stanic, které jsou rozmístěny po celém světě. Jedna řídící stanice se nachází v USA na letecké základně v Coloradu. Vždy, když družice přeletí nad stanicí, dojde k vyhodnocení parametrů jejich drah a vypočtení korekce (Kumhála, 2007).



Obrázek 2.1: NAVSTAR – GPS (Space.skyrocket.de, 2023)

2.2 GLONASS

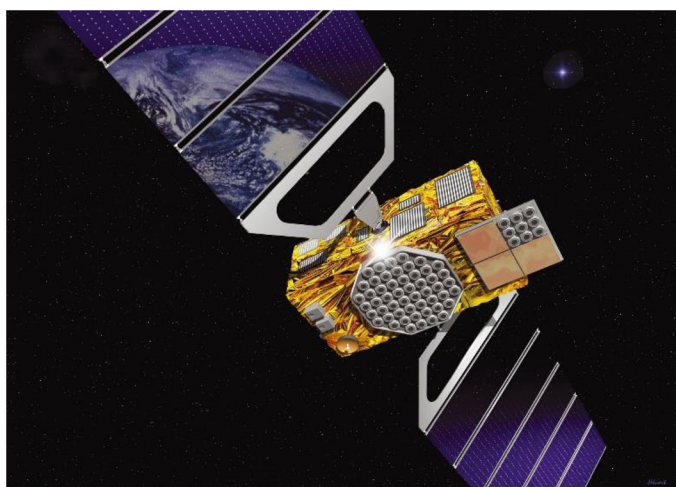
Systém GLONASS (Global Navigation Satalite Systém) je obdobou amerického systému NAVSTAR – GPS. Je to systém provozovaný a udržovaný ruskou armádou. Skládá se z 21 aktivních záložních 3 družic. Navigační systém byl vyvinut ruským kosmickým programem a uveden do provozu roku 1993. Družice jsou na rozdíl od amerického systému uspořádány ve třech drahách na oběžné dráze a vzájemně posunuty o 120° . Sklon družic je $64,8^\circ$ a nacházejí se ve výšce 19 100 km. Svou cestu kolem planety překonají za 11 hodin a 15 minut. Protože je výška nižší než u systému NAVSTAR GPS, lze družice zahlédnout i z povrchu Země. Stejně jako předešlý systém, i tento systém má monitorovací a řídící stanice. Hlavní stanice se nachází blízko Moskvy a další jsou rozmístěny po celém Rusku (Ternopol, Jenisejsk a Balkaš). Každý navigační systém má svůj dorozumivací jazyk, proto nemůže například systém NAVSTAR se systémem GLONASS spolupracovat (Kovář, 2016).



Obrázek 2.2: GLONASS (Kosmonautix.cz, 2016)

2.3 GALILEO

Galileo je Evropský navigační satelitní systém, který je plně dostupný pro civilní obyvatelstvo. Jelikož systém NAVSTAR GPS i ruský systém GLONASS jsou financovány armádou, může kdykoliv dojít k odpojení z důvodů národních zájmů. Motivem byla nezávislosti na těchto systémech vznikl evropský systém GALILEO, který dokáže s oběma systémy komunikovat a spolupracovat. Systém byl uveden do provozu roku 2008, i když první zmínky se objevovaly už roku 1999. Startovací etapou byl projekt EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service). Na projektu pracovaly tři agentury – Evropská kosmická agentura, Evropská komise a Evropská organizace pro bezpečnost letecké navigace. Tato verze však měla dosti omezené pokrytí. Vesmírná část se skládá z 27 družic, z toho jsou tři záložní. Planetu obíhají na třech oběžných drahách 23 222 km nad povrchem. Stejně jako u systému GLONASS jsou družice vzájemně posunuty o 120 °. Doba oběhu planety se u tohoto systému pohybuje okolo 14 hodin a 7 minut (Bezpalec, 2021).



Obrázek 2.3: GALILEO (ESA.int,2023)

2.4 COMPASS (BeiDou)

BeiDou-2 je čínský navigační systém též znám jako (COMPASS). Je to navigační systém vyvinutý a provozovaný Čínskou demokratickou republikou. První verze systému BeiDou se celým názvem nazývala BeiDou Satellite Navigation Experimental System. Systém začal fungovat roku 2001 a realita odpovídala názvu „experimentální“. Pokrytí zahrnovalo pouze Čínskou lidovou republiku a přilehlé okolí. Roku 2003 se na oběžnou dráhu vynesl třetí geostacionární satelit a roku 2004 se systém zpřístupnil civilnímu obyvatelstvu (Yang et al., 2019)

Na rozdíl od ostatních systémů COMPASS pracuje na obousměrné komunikaci mezi uživatelem a satelity. Uživatel pošle svou žádost o polohu k satelitům, ty následně pošlou data do řídicí stanice, kde dojde k vypočtení rozdílu času mezi uživatelem a satelitem. Z předchozích údajů je vypočtena 2D pozice uživatele. Dále se vyhodnotí pozice s mapovou databází, ze které je určena 3D poloha uživatele. Data stanice přešle zpět k družicím a ty je pošlou k uživateli, kde jsou pomocí programu zpracována, vyhodnocena a poloha uživatele je díky tomu určena. Také systém COMPASS se skládá z několika segmentů: kosmického, řídicího a uživatelského. Kosmický segment se skládá z 5 satelitů na geostacionární dráze ve výšce 35 800 km nad zemským povrchem, dále ze 3 satelitů na třech nakloněných geosynchronních drahách ve výšce 35 800 km a z 27 satelitů na střední oběžné dráze ve výšce 21 500 km. Řídicí segment se skládá z hlavní řídicí stanice, dvou stanic, které mají na starosti přenos zpráv k družicím, a třiceti monitorovacích stanic, jež mají za úkol výpočet korekce mezi družicemi, aby nedošlo ke srážce nebo vychýlení z požadované polohy. Uživatelský segment tvoří přijímače uživatelů (Bezpalec, 2021).

3 Kukuřice setá na siláž

Kukuřice je významná plodina, která se pěstuje na pěti světadílech. Po objevení Ameriky se společně s pšenicí a rýží stala nejdůležitější obilovinou ve výživě lidí i výkrmu zvířat. Jedná se o plodinu využívající se převážně v potravinářství, ale také v průmyslu a jako energetická plodina. Kukuřice je jednoletá rostlina a má mnoho variet. Jde například o kukuřici obecnou tvrdou, kukuřici koňský zub či kukuřici polozubovitou, tyto variety se pěstují na zrno i na siláž. V dnešní době převažují odrůdy kukuřice koňského zubu. Dále se pěstuje kukuřice pukancová – praskavá, kukuřice cukrová, kukuřice vosková, kukuřice škrobnatá, kukuřice pluhatá a mezi zvláštní variety se řadí kukuřice škrobocukrová a kukuřice pestrolistá, které se pěstují spíše jako okrasné rostliny kvůli jejich zbarvení listů do červena.

Rozdíl mezi kukuřicí na zrno a kukuřicí na siláž je v délce vegetační doby. Kukuřice na zrno má delší vegetační dobu a sklízí se ve žluté zralosti. Oproti tomu kukuřice na siláž se sklízí v mléčné voskové zralosti, tím pádem má kratší vegetační dobu (Lara and Saldivar, 2019; Zimolka, 2008; Loy and Lundy, 2019).

3.1 Kukuřice v osevním postupu

Kukuřice je plodina s agrotechnickými požadavky a vlastnostmi podobná okopaninám. Přijímá zvláště dobře hnojení organickými hnojivy. Během období metání lat až po mléčnou zralost má vysoké nároky na půdní vláhu. Při zhodnocování vlivu předchozí plodiny na hnojení kukuřice je nezbytné brát v úvahu specifické půdní a klimatické podmínky, které výrazně ovlivňují vodní i živinové aspekty půdy. Optimální volbou předplodin pro kukuřici jsou plodiny, které po sklizni hojně zanechávají posklizňové zbytky. Přepychovou předplodinou jsou jeteloviny a luskoviny, které zásobují půdu dusíkem a zanechávají v ní kvalitní zbytky po sklizni. Jestliže se uvažuje o využití jetelovin jako předplodinu pro kukuřici, je třeba zohlednit výrobní oblast. Předplodinou v teplejších oblastech se osvědčuje využití vojtěšky, zatímco v chladnějších a vlhčích oblastech je upřednostňuje jetel luční. Skvělou volbou jsou také okopaniny hnojené chlévským hnojem. Mezi další vhodné předplodiny patří i různé olejniny. Vzhledem k aktuální potřebě plodin na trhu se řadí kukuřice po jetelovinách, luskovinách a okopaninách jen ve výjimečných situacích. To znamená, že kukuřice je častěji řazena mezi dvě obiloviny jako plodina pro zlepšení. Tímto způsobem také slouží jako prvek pro přerušení sledu obilných plodin. V této situaci se je pšenice ozimá vhodnější předplodinou než ječmen jarní. Kukuřice zároveň často figuruje v osevních plánech jako náhradní plodina v případě poškození ozimu mrazem. Kromě toho se kukuřice na siláž i na zrno často využívá jako předplodina pro ječmen

jarní, který efektivně využívá předchozích půdních zdrojů. Posklizňové zbytky fungují jako skvělé hnojivo, ale mohou být také nežádoucím zdrojem infekce způsobené houbami rodu *fusarium*. Velké množství posklizňových zbytků na poli může způsobovat obtíže při zakládání porostu ječmene jarního, protože tyto zbytky mohou narušovat rovnoměrnost plošného výsevu osiva. Kukuřici lze úspěšně pěstovat i během několika sezon po sobě, ale zvyšují se tím nároky na agrotechniku a hnojení. Současnými praktikami s důrazem na tržní produkci obilovin a olejnin je častým jevem pěstování kukuřice po kukuřici na stejném pozemku v následujícím roce. V praxi je běžné monokulturní pěstování kukuřice po dobu dvou až tří let. Avšak při dlouhodobém pěstování kukuřice po sobě může dojít ke zvýšenému počtu škůdců. Mezi hlavní škůdce patří zavíječ kukuřičný (*Ostrinia nubilalis*) a bazlivec kukuřičný (*Diabrotica virgifera virgifera*) (Ruan et al., 2019; Zimolka, 2008).

V tradičním plánování plodin se kukuřice vysévá mezi dvěma obilninami, a to například v tomto postupu – pšenice ozimá – kukuřice – ječmen jarní. Další varianta zahrnuje dvouletý cyklus pěstování kukuřice po sobě – ječmen jarní – kukuřice na zrno – kukuřice na siláž – pšenice ozimá. Méně častým článkem osevního postupu je tento osevní postup – vojtěška – kukuřice na siláž/zrno – ječmen jarní nebo jetel – kukuřice na siláž. Rozdíl mezi kukuřicí na siláž a kukuřicí na zrno je v jejich vegetační době. Kukuřice na zrno se sklízí ve žluté zralosti, k čemuž je potřeba delší vegetační doba. V takových případech je vhodné za následné plodiny použít jarní plodiny. Při použití minimalizačních technologií zakládání porostů lze po kukuřici na zrno pěstovat i ozimou pšenici. Kratší vegetační dobou se vyznačuje kukuřice na siláž, protože se sklízí v mléčné voskové zralosti. Vhodnými následnými plodinami jsou jak ozimé obilniny, tak i jařiny (Zimolka, 2008; Tilden, 1980).

Tabulka 3.1: Termíny setí následných plodin (Zimolka, 2008)

<i>Předplodina</i>	<i>Následná plodina</i>	<i>Termín setí následné plodiny</i>
<i>Kukuřice na siláž</i>	Žito	15.9. – 5.10.
	Triticale	15.9. – 10.10.
	Pšenice ozimá	20.9. – 15.10.
	Pšenice jarní	20.3. – 10.4.
	Ječmen jarní	20.3. – 15.4.
	Oves	25.3. – 20.4.
	Mák	15.3. – 15.4.
	Hrách	25.3. – 20.4.
<i>Kukuřice na zrno</i>	Pšenice jarní	20.3. – 10.4.
	Ječmen jarní	20.3. – 15.4.
	Oves	25.3. – 20.4.
	Mák	15.3. – 15.4.
	Hrách	25.3. – 20.4.

3.1.1 Výživa kukuřice

Oproti ostatním plodinám má kukuřice vysoké tepelné nároky a efektivně využívá sluneční energii. Mladé rostliny kukuřice jsou odolné vůči suchu, což se projevuje svinutím listů, ale po dešťových srážkách se rychle vzpamatují. V pozdější fázi růstu, kdy fytohmota rapidně narůstá, je výnos kukuřice závislý na příjmu vody. Kukuřice je charakterizována velmi malým odběrem živin v počáteční vegetaci. Během prvního měsíce svého růstu spotřebuje kukuřice z jednoho hektaru 3,3-5,6 kg dusíku, zatímco v období před dosažením mléčné zralosti tuto hodnotu dusíku přijme za pouhý jeden den (Loy and Lundy, 2019).

3.1.2 Kukuřice na siláž

Kukuřice na siláž je pro zemědělský podnik velice důležitá, protože pomocí kukuřičné siláže se krmí zvířata v zimním období. Proto je brán veliký ohled na kvalitu siláže. Špatná kvalita siláže může znamenat nižší mléčnou užitkovost, tím pádem nižší zisky. Aby se mléčná užitkovost opět zvýšila, je nutné dokupovat kvalitní krmiva, což se ale odrazí na ekonomické stránce. Mezi hlavní sledované znaky a vlastnosti kukuřice patří – technologická kvalita, ranost a odolnost (Doležal, 2012).

Technologická kvalita:

ÚKZÚZ (Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský) používá pro předpověď kvalitativních parametrů siláží od roku 1999 near infra read spektroskopii (NIRS). Metoda je nedestruktivní, rychlá a stanoví více parametrů najednou. Sledované parametry jsou – škrob, kyselá detergentní vláknina, surový protein, neutrální detergentní vláknina, hrubá vláknina, cukr, dusíkaté látky a popeloviny.

Ranost:

Jsou tři základní ukazatele ranosti, z toho jeden hlavní a dva jsou pomocné.

- Doba do květu blizen – doba mezi setím a rozkvětem květu blizna vyjadřuje jeho ranost pomocí počtu dnů. Jedná se o pomocný ukazatel.
- Obsah suché hmoty zrna před sklizní – přibližný obsah suché hmoty stanovený ze vzorku zrn získaný z klasů během období těsně před sklizní. Jedná se o pomocný ukazatel.

- Obsah veškeré suché hmoty během sklizně – podle standardu ČSN 467007 určena prostřednictvím vzorku odebraného z pozemku během sklizně (Doležal, 2012).

Další hospodářské vlastnosti:

- Odolnost proti poléhání – stupnice od 1 do 9. Kořenové poléhání (vyvrácení rostliny v místě těsně nad zemí) v českých podmínkách nastává obvykle pouze sporadicky během vlhčích sezon, avšak může způsobit úbytky ve sklizni. Toto může být způsobeno buď morfologickým charakterem dané odrůdy dle genetického základu, anebo sníženou odolností této odrůdy vůči houbovým chorobám. Posuzuje se po polehnutí porostu a před sklizní.
- Snět kukuřice (*Ustilago maydis*) – Napadá rostliny v průběhu celé vegetace. Škody jsou zanedbatelné, protože se dá postiženou rostlinou zkrmovat. Snět se hodnotí v procentech z celého pozemku.
- Zlomené rostliny pod palicí v procentech – index udávající v procentech počet zlomených rostlin pod palicí. Zahrnuje veškeré příčiny zlomeniny (mykózy, napadení zavíječem, přirozený sklon k lámavosti).
- Výška rostlin a výška nasazení palic v centimetrech (Zimolka, 2008).

3.1.3 Termín sklizně kukuřice na siláž

Sklizeň silážní kukuřice závisí na mnoha proměnlivých faktorech. Není možné se omezit pouze na výběr konkrétního hybridu, protože ten představuje pouze jednu část požadavku. Je nezbytné brát v úvahu druh a typ půdy, hloubku orby, teploty a srážky během vegetačního období a také úroveň výživy a hnojení. Optimální doba sklizně má u silážní kukuřice klíčový dopad na její složení a kvalitu siláže. Pokud se sklízí příliš brzy, hrozí snížení obsahu škrobu a ztráta cenných silážních šťáv. To vede k nedostatečné strukturální hodnotě krmiva a nižší sušiny. Hlavním cílem při pěstování silážní kukuřice je dosáhnout optimálního výtěžku energie z jednotky plochy a maximální koncentrace energie v každém kilogramu sušiny. Množství uloženého škrobu pak závisí na kapacitě klásku, což zahrnuje počet řad, na počtu zrn v každé řadě a na hmotnosti tisíce zrn (Doležal, 2012).

3.2 Silážování

Kukuřice na siláž představuje významnou energetickou složku ve výkrmu skotu. Toto krmivo se používá po celý rok a často tvoří až 50 % celkové přijaté sušiny v krmné dávce. Protože je kukuřičná siláž hlavním zdrojem škrobu, má ve srovnání s jinými obilovinami nižší míru

rozkladatelnosti v bachoru. Díky čemuž se větší část škrobu z kukuřice dostává i do střevního trávicího traktu. Kukuřice určená pro výrobu siláže se řadí mezi krmiva, která lze snadno silážovat, protože obsahuje dostatek sacharidů rozpustných ve vodě (15–30 % v 1 kg sušiny) a má nízkou pufrační kapacitu (nízký obsah dusíkatých látek, bazických prvků a dusičnanů). V případě, že jsou dodrženy všechny technologické parametry, je většinou možné vytvořit kvalitní kukuřičnou siláž, aniž by bylo nutné přidávat jakákoli silážní aditiva. I přesto se aditiva často v siláži používají, a to například mikrobiální inokulanty. Hlavním cílem je minimalizovat ztráty během fermentace a zvýšit odolnost siláže vůči aerobním podmínkám. Pro kvalitní silážování při dělené sklizni kukuřice jsou tato aditiva nezbytná (Zimolka, 2008; Tilden, 1980).

3.2.1 Důležité aspekty při silážování

Proces tvorby kukuřičné siláže spočívá ve fermentaci rozpustných cukrů obsažených v biomase kukuřice za absence kyslíku. Během tohoto anaerobního procesu vznikají organické kyseliny, především kyselina mléčná a kyselina octová. Současně vzniká i menší množství alkoholu. Během fermentace dochází ke snížení hodnoty pH, která se pohybuje v rozmezí 3,7–4,4. Abychom zajistili kvalitní kukuřičnou siláž, je nezbytné věnovat náležitou pozornost mnoha klíčovým aspektům, především:

- Volbě vhodných odrůd s ohledem na využití
- Činiteli silážní zralosti
- Podílu palic na sušině celé rostliny
- Metodě sklizně a konzervace silážní hmoty
- Výběru a použití silážních aditiv
- Faktoru stravitelnosti organické hmoty
- Nejvhodnějšímu obsahu sušiny (28-34 %)
- Optimální délce řezanky

3.2.2 Dusání kukuřice siláže

Délka řezanky silážní kukuřice má klíčový vliv na úspěch následujícího procesu – dusání, které zásadně ovlivňuje výslednou kvalitu fermentačního procesu, prevenci tepelného poškození, úroveň ztrát a hygienickou jakost siláže. Při klasickém procesu silážování ve žlabech se doporučuje intenzita dusání podle objemové hmotnosti sušiny, která by měla být větší než $180\text{--}200\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Další prvek, který významně ovlivňuje kvalitu siláže, je doba dusání. Čím déle trvá dusání, tím je kvalita siláže snížena. Z hlediska naskladňování je třeba brát ohled na

rovnorné rozvrstvení (max. 30 cm) a následně hned dusat. Dusání několika vrstev najednou je nevyhovující a nedostatečné. Při využití dusacích zařízení s nižší hmotností je nezbytné zvýšit frekvenci přejezdů. Pro dusání silážovaných pícnin se obvykle doporučuje používat kolová vozidla o hmotnosti do 15 tun, přičemž vzdálenost kol od stěn by neměla být z důvodů bezpečnosti menší než 0,5 metru. Nedostatky v dusání siláže se projeví vizuálně až při odkrytí plachty, kdy je zjištěno, že během procesu došlo k tepelnému poškození, což souvisí se špatným dusáním lokálního místa (Doležal, 2012).

3.2.3 Zakrývání

Dokonalé a včasné zakrytí silážního prostoru je pro skladování siláže podstatný klíčový vliv na konečnou kvalitu siláže. Pokud je hlavním technologickým cílem dosažení anaerobiózy, je nezbytné zabránit přístupu vzduchu do úložného prostoru, protože přítomnost vzduchu je nežádoucí. Na kvalitu siláže má devastující účinek jakýkoliv průnik vzduchu nebo vody. Způsob zakrytí má také vliv na konečný účinek silážních aditiv, a v případě nedostatečného uzavření siláže může dojít ke snížení jejich efektivity. Veškerý zbývající vzduch, který zůstává v silážovaném materiálu kvůli špatné technologii, umožňuje vznik nežádoucí mikrobiální aktivity (Zimolka, 2008).

3.2.4 Silážní prostory

Silážní prostory neboli konstrukce, lze klasifikovat jako budovy a prostor pro dočasné skladování, což může zahrnovat nestlačené hromady, vaky, zabalené balíky nebo bloky lisované siláže. (Dwain and Vallentine, 1999)

Stabilní silážní stavby

Stavby mohou být buď vodorovné, či svislé, a patří mezi ně i jámy a nádrže pro silážní tekutiny. Betonové a železobetonové prvky staveb musí odolávat náročným podmínkám prostředí, musí být odolné proti mrazu a nepromokavé. Nátěry musí splňovat zdravotní standardy, pravidelně být kontrolovány a v případě potřeby být obnovovány. Prostory pro vjezd musí být izolovány od skladovacích oblastí pomocí kanálů nebo žlábků, které slouží k odvodu silážních tekutin a vody znečištěné těmito látkami do odpadové jímky. Žlaby bývají velkokapacitní s šířkou dosahující až 18 metrů, délkou mezi 40 a 60 metry a výškou 4 až 6 metrů. Obvykle jsou konstruovány s kapacitou 2000 až 5000 tun (Doležal, 2012).

Vodorovné silážní stavby

Dříve byly žlaby na siláž často zapouštěny do země, jejich maximální hloubka činila 2,5 metru a často se z nich neodváděly tekutiny. Tyto typy konstrukcí se v současnosti využívají jen zřídka. Modernější přístupy preferují nadzemní žlaby, které mohou být průjezdné (otevřené ze dvou stran), nebo neprůjezdné (otevřené jen z jedné strany). Stěny těchto silážních žlabů mohou být buď svislé, nebo skloněné, případně mohou v dolní části obsahovat štěrbinu pro odvod silážních tekutin, což ale může přinést problémy s přístupem vzduchu a následné zkáze siláže. Ve žlabech se sešikmenými stěnami je lepší dusání píce, zatímco svislé stěny usnadňují vyjímání siláže. Žlaby bývají umístěné vedle sebe tak, aby se ušetřilo co nejvíce stěn, a většinou mají svislé stěny bez odtokových štěrbin (Dwain and Vallentine, 1999).

Svislé silážní stavby

Věžová sila se obvykle zakládají v oblastech s méně příznivým klimatem. V našich podmínkách se od nich odpouští z několika důvodů. Jde totiž o technologie s vyššími náklady jak na investice, tak na provoz. Jejich efektivitu omezuje nízká rychlost při naskladňování, a také mají vysokou poruchovost vybíračů siláže. Do věží je možné naskladňovat pouze píci, a to v rozmezí mezi 30–45 % sušiny. U vlhčích silážích docházelo k problémům se silážními šťávami, které výrazně snižovaly kvalitu (Dwain and Vallentine, 1999).

Jímky na silážní tekutiny

Silážní tekutiny se skladují v jímkách podzemních či nadzemních. U podzemních jímek je kapacita různá a tekutina je přivážena žlaby nebo kanály. U nadzemní jímky je tekutina nejprve odváděna do podpovrchové nádoby s objemem 200 litrů, po naplnění je obsah přečerpán čerpadlem do nadzemní nádrže s objemem 2000 litrů. Když je nadzemní nádrž plná, její obsah je odvezen nákladním automobilem (Doležal, 2012).

Dočasné silážní prostory

Silážování krmiv do vaků, lisovaných balíků v dlouhých řadách, bloků lisovaných balíků a individuálně skladovaných balíků jsou poměrně nové technologie, které nevyžadují rozsáhlé skladovací prostory. Tyto technologie dosahují stejné, často i vyšší kvality než tradiční metody skladování siláží v horizontálních nebo vertikálních silážních stavbách. Umístění balíků a vaků je čistě na provozovateli. Stará metoda skladování na nezpevněných hromadách je stále využívána. Přestože tato technologie přináší nízké náklady, ztráty bývají vždy výraznější,

někdy jsou až příliš vysoké. Podmínkou je pouze pevná podložka a dostatečně odpovídající jímka pro silážní tekutiny. Výhodou tohoto skladování je absence staveb, umožňuje však skladování na vyhrazených místech v areálu firmy nebo přímo na poli (Dwain and Vallentine, 1999; Doležal, 2012).

4 Metodika

4.1 Cíle práce

Cílem diplomové práce bylo porovnání precizního zemědělství s konvenčními způsoby při pěstování kukuřice na siláž. Pokusy probíhaly na dvou půdních blocích, každý byl obhospodařován odlišným způsobem.

Cíle diplomové práce:

1. Porovnání výsledků půdních vzorků
2. Porovnání kvality kukuřičné siláže pomocí zařízení HarvestLab 3000
3. Porovnání výnosů kukuřičné siláže obou pozemků
4. Porovnání ekonomické náročnosti za hnojiva a osiva

4.2 Materiál

4.2.1 Zemědělská společnost Dubné, a.s.

Pokusy proběhly na pozemcích obhospodařované zemědělskou společností Dubné, a.s. Zemědělská společnost hospodaří na 3 000 hektarech zemědělské půdy. Společnost se zabývá rostlinou i živočišnou výrobou, prodejem a zpracováním produktů prvovýroby. Rostlinná výroba je zaměřena na pěstování obilovin, řepky, kukuřice, krmných plodin a plodin, které se využívají jako palivo do bioplynové stanice, jež je využita pro tvorbu elektrické energie a tepla. Živočišná výroba je zaměřena na produkci mléka, chov masného dobytka a výkrm býků. Chovaným plemenem je holštýnský skot a český strakatý skot. V chovu se nachází 850 kusů dojnic, 870 mladých jalovic, 360 kusů žirných býků a telata.

4.2.2 Sklízecí řezačka John Deere 9600i

John Deere 9600i

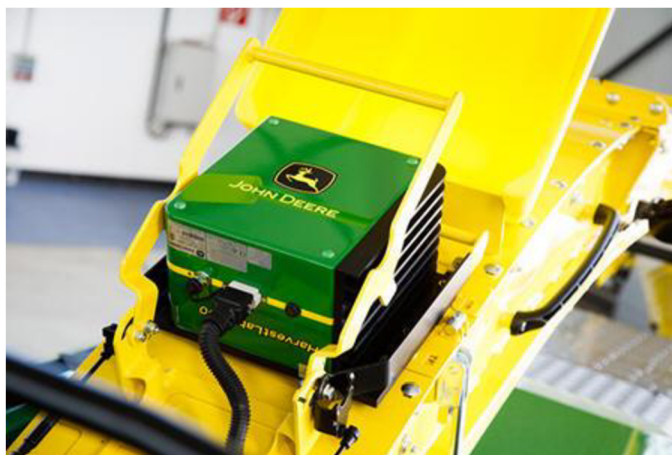
John Deere 9600i je sklízecí řezačka vyvinutá společností John Deere, která je určena především pro sklizeň kukuřice a jiných plodin. Tato sklízecí řezačka má vysoký výkon a je vybaven moderními technologiemi pro efektivní a precizní sklizeň (JohnDeere.com, 2023), (Strom.cz, 2023).

Tabulka 4.1: Technické parametry stroje John Deere 9600i (Lectura-specs.com, 2023).

<i>Parametry</i>	<i>Hodnoty</i>
<i>Výkon motoru</i>	552 kW
<i>Typ motoru</i>	6135HZ021
<i>Počet válců</i>	6
<i>Výrobce motoru</i>	John Deere
<i>Zdvihový objem</i>	18 l
<i>Hmotnost</i>	18 t
<i>Modelová řada</i>	9 000
<i>Rychlost jízdy</i>	40 km/h
<i>Přepravní délka</i>	6 m
<i>Přepravní výška</i>	3 m
<i>Přepravní šířka</i>	3,5 m
<i>Zadní pneumatiky</i>	620/70 R30
<i>Přední pneumatiky</i>	900/60 R42

4.2.3 HarvestLab 3000

HarvestLab 3000 je zařízení vyvinuté a vyráběné společností John Deere. Využívá se především pro poskytnutí detailních informací o kvalitě sklizně během procesu sklizně. Princip fungování HarvestLab 3000 spočívá v blízké infračervené spektroskopii (NIR). Zařízení využívá k analýze chemického složení rostlinné hmoty infračervené a blízké infračervené světlo. Při průchodu světla skrz vzorek sklizně HarvestLab 3000 registruje absorpci světla různými chemickými složkami, což umožňuje přesné stanovení obsahu vlhkosti, bílkovin, vlákniny a dalších důležitých parametrů (např. tuky, cukry a minerály) (JohnDeere.com, 2023; Strom.cz, 2023).



Obrázek 4.1- Ukázka HarvestLab, (JohnDeere, 2023)

4.3 Metodika terénních pokusů

Veškerá měření byla provedena na dvou pozemcích. Oba pozemky se nacházejí nedaleko obce Žabovřesky a skládají se z těžké jílovopísčité půdy. Pozemek zpracovávaný konvenčním způsobem je nazýván „Za Řeky“ a má výměru 22,4 ha. Druhý pozemek byl obhospodařovaný precizním zemědělstvím, je nazýván „Hrobce“ a má výměru 23,4 ha. Před samotným setím proběhly půdní rozbory s cílem zjistit rozdílnost složení půdy mezi pozemky. Sběr dat, rozbor a vyhodnocení zprostředkovala firma AGRO-LA, spol. s.r.o. Samotné setí na pozemku „Hrobce“ se uskutečnilo 18. dubna roku 2023. Jednalo se o variabilní setí s přihnojením pod patu. Dále proběhlo na pozemku variabilní hnojení podle aplikačních map. Posledním zásahem před samotnou sklizní bylo hnojení chlévskou mrvou. Druhý pozemek byl zaset a hnojen klasickým konvenčním způsobem. I na tomto pozemku proběhlo před sklizní hnojení chlévskou mrvou. Při sklizni byla získána data z výnosu plodiny. U obou pozemků byl při sklizni použit stejný typ samohodné sklízecí řezačky John Deere 9600i s převoznou laboratoří HarvestLab 3000. Pomocí zařízení HarvestLab 3000 byla vyhodnocena kvalita kukuřičné siláže v reálném čase.

4.3.1 Půdní vzorkování

Na každém pozemku byly provedeny tři odběry. Na pozemku „Hrobce“ byly odběry rozmístěny podle obrázku č. 4.2. Odběr vzorků se uskutečnil 2. 4. 2023. Čas pro odběr jednoho vzorku a následný přesun k dalšímu odběru se pohyboval v průměru 10 minut. Byla změřena hodnota pH pozemku, která činila 5,8 (kyselá). Další změřené hodnoty jsou popsány v tabulce 5.1. Pěstovanou předplodinou byla na tomto pozemku pšenice (evropská zimní).



Obrázek 4.2: Rozmístění odběrů – Hrobce (Agro-la, spol. s.r.o. Jindřichův Hradec)

Pozemek „Za Řeky“ se nachází 935 metrů západně od prvního pozemku. Půda je zde také těžká jílovotopísčitá, takže se dalo předpokládat, že je půda hodnotami podobná, což se projevilo i na výsledcích půdních rozborů. Rozmístění odběru je znázorněno na obrázku 4.3 a změřené hodnoty jsou popsány v tabulce 5.1.



Obrázek 4.3: Rozmístění odběrů – Za Řeky (Agro-la Jindřichův Hradec)

4.3.2 Setí

Konvenční hospodaření

Pozemek, který byl opracovávaný konvenčním způsobem hospodaření, byl kvůli vydatnějším dešťovým srážkám v dubnu zaset dříve než druhý pozemek. Setí proběhlo 4. 5. 2023 za slunečného počasí. Pro setí pozemku byla použita secí dávka $90\ 000\ \text{ks}\cdot\text{ha}^{-1}$. Pro setí byla použita souprava strojů John Deere 6210R se šestiválcovým motorem o zdvihovém objemu 6,8 litru, výkonem motoru 155 kW a hmotností 8 246 Kg v agregaci s pneumatickým secím strojem Becker Aeromat 12, který disponuje přihnojením pod patu. - Pro setí byla použita technologie navigačního systému a přijímače StarFire 6000 s vylepšeným signálem SF3, který dosahuje přesnosti $\pm 3\ \text{cm}$ mezi přejezdy. Souprava je zařazena do systému JDLink, který obsahuje přehled všech připojených strojů v podniku.



Obrázek 4.4: Souprava setí – Za Řeky (autor)

Precizní zemědělství

Setí pozemku „Hrobce“, který byl obděláván precizním zemědělstvím, se kvůli dešťovým přeháňkám přesunulo a uskutečnilo se tak 22.5.2023. Setí proběhlo za slunečného počasí. Pro setí byla použita souprava strojů John Deere 7720 se šestiválcovým motorem o zdvihovém objemu 6,8 litru, výkonem 185 kW a hmotností 7 726 Kg v agregaci se secím strojem Kverneland Optima HD TFprofi, který disponuje přihnojením pod patu. Souprava také disponuje satelitní navigací, přijímačem StarFire 6000 i systémem JDLink.



Obrázek 4.5: Souprava setí – Hrobce (autor)

U setí pozemku „Hrobce“ se vycházelo z výnosových a aplikačních map získaných z předešlého roku. Použitá secí mapa pro rok 2023 je zobrazena na obrázku č. 4.6. Byly stanoveny tři hodnoty secích jedinců podle třech výnosových zón. Do oblasti s nižším výnosem byl výsevек jedinců zvýšen na hodnotu 95 000 ks·ha⁻¹ a do oblasti s vyšším výnosem se naopak byl počet jedinců snížen na hodnotu 80 000 ks·ha⁻¹. Celkově bylo na pozemek spotřebováno 1 998 071 jedinců. Při konvenčním setí by bylo využito o 1 998 jedinců více.



Obrázek 4.6: Secí mapa – Hrobce 2023 (OneSoil)

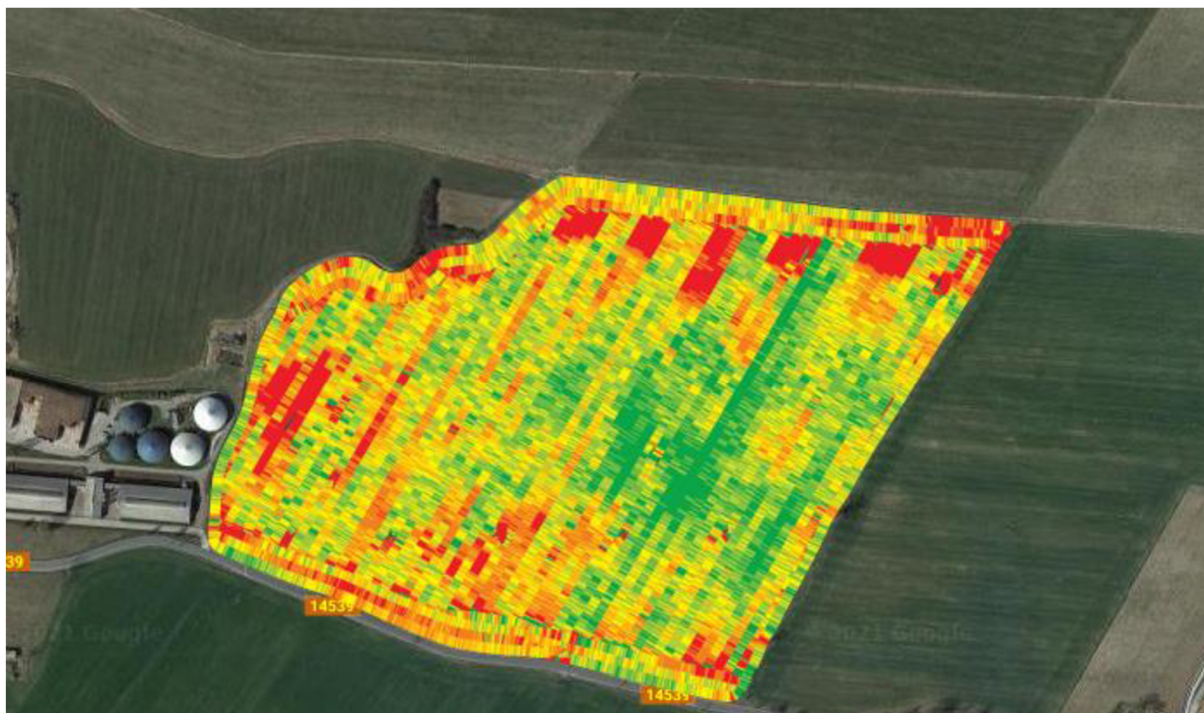
4.3.3 Hnojení

Konvenční hospodaření

Po setí pozemku „Za Řeky“ následovalo hnojení pozemku, a to konvenčním způsobem. Už při setí proběhlo přihnojení o dávce $100 \text{ Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ hnojiva YaraMila Mais. Hnojivo obsahovalo 18,6 % dusíku, 17 % oxidu fosforečného, 3,8 % oxidu hořečnatého, 14,3 % sírového, 0,15 % boru a 0,10 % zinku. Při hnojení byla použita souprava strojů John Deere 6210R v agregaci se secím strojem Becker Aeromat 12. Následně byl pozemek pohnojen chlévskou mrvou za pomoci dalších dvou souprav strojů. První souprava byla složena ze strojů John Deere 7270R se šestiválcovým motorem o zdvihovém objemu 6,8 litru, výkonem 199 kW a hmotností 10 816 Kg v agregaci s rozmetacím strojem Fliegl ASW 271 s rozmetacím stolem pro chlévskou mrvu. Rozhoz rozmetacího zařízení byl 12 metrů. Druhá souprava byla složena ze strojů John Deere 6210R se šestiválcovým motorem o zdvihovém objemu 6,8 litru, výkonem 155 kW a hmotností 8 246 Kg v agregaci s rozmetacím strojem Fliegl ADS 120 pro rozmetání chlévské mrvy. Rozhoz rozmetacího zařízení byl 12 metrů.

Precizní zemědělství

Pozemek obdělávaný variabilně byl přihnojen při setí, protože setí stroj disponoval variabilním přihnojováním pod patu. Zde byl rozdíl v secích dávkách. Pozemek byl rozdělen do tří zón, které se lišily hnojící dávkou. Vycházelo se z dat získaných ze sklizně z roku 2022, ze kterých byla zhotovena výnosová mapa (obrázek 4.7.). Výnosová mapa ilustruje, kde je půda úrodnější a kde méně. Zpracování výnosové mapy do podoby aplikační mapy zobrazuje hnojící zóny a následné stanovení hnojící dávky. Aplikační mapa je znázorněna na obrázku 4.8.



Obrázek 4.7: Výnosová mapa – Hrobce 2022 (JDLink)



Obrázek 4.8: Aplikační mapa pro rok 2023 – Hrobce (OneSoil)

Hnojení průmyslovým hnojivem YaraMila Mais proběhlo už při setí, protože souprava disponovala variabilním přihnojením pod patu. Byly stanoveny tři zóny, které se řídily podle výnosové mapy. Do oblastí s nižším výnosem se hnojící dávka zvýšila na hodnotu $120 \text{ Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ a do oblastí s vyšším výnosem se naopak hnojící dávka snížila na hodnotu $70 \text{ Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Cílem bylo dosažení vyrovnání stavu porostu a zefektivnění méně výnosových míst.

Následně byl pozemek pohnojen chlévskou mrvou za pomoci dalších dvou souprav strojů. jako u pozemku „Za Řeky“, tzv. byla použita souprava byla složena ze strojů John Deere 7270R se šestiválcovým motorem o zdvihovém objemu 6,8 litru, výkonem 199 kW a hmotností 10 816 Kg v agregaci s rozmetacím strojem Fliegl ASW 271 s rozmetacím stolem pro chlévskou mrvu. Rozhoz rozmetacího zařízení bylo 12 metrů, a druhou soupravou byly stroje John Deere 6210R se šestiválcovým motorem o zdvihovém objemu 6,8 litru, výkonem 155 kW a hmotností 8 246 Kg a rozmetacím stroj Fliegl ADS 120 pro rozmetání chlévské mrvy. Rozhoz rozmetacího zařízení bylo 12 metrů.

4.3.4 Sklizeň

Sklizeň pozemku obdělávaný konvenčním způsobem se uskutečnila 24. 9. 2023 za mírné oblačnosti. Pro sklizeň byla použita samochodná sklízecí řezačka John Deere 9600i s kalibrováním výnosometrem a namontovanou převoznou laboratoří HarvestLab 3000 od společnosti John Deere. Sklizeň pozemku „Hrobce“ obdělávaný variabilně se uskutečnila 3.10.2023. Pro sklizeň byla použita stejná samochodná sklízecí řezačka John Deere s namontovanou laboratoří HarvestLab 3000.

Seznam vzorců:

Výpočet spotřebovaných jedinců na pozemek opracovaný konvenčním způsobem.

Výpočet spotřebovaných jedinců na pozemek:

$$O_k = P_k \cdot S \quad [1]$$

Kde:

O_k -	Spotřebovaný jedinec na pozemek	[ks]
P_k -	Počet jedinců na 1 ha	[ks]
S -	Plocha pozemku	[ha]

Výpočet počtu jedinců spotřebovaný na 1 ha u konvenčního způsobu:

$$P_k = \frac{O_k}{S} \quad [2]$$

Kde:

P_k -	Počet jedinců na 1 ha	[ks. ha ⁻¹]
O_k -	Spotřebovaný jedinec na pozemek	[ks]
S -	Plocha pozemku	[ha]

Výpočet počtu jedinců spotřebovaný na 1 ha u precizního zemědělství:

$$P_p = \frac{O_p}{S} \quad [3]$$

Kde:

P_p -	Počet jedinců na 1 ha	[ks. ha ⁻¹]
O_p -	Spotřebovaný jedinec na pozemek	[ks]
S -	Plocha pozemku	[ha]

Výpočet ceny osiva spotřebovaného na 1 ha:

$$C_p = \frac{P_p}{P_k} \cdot Z \quad [4]$$

Kde:

C_p -	Cena za osivo spotřebované na 1 ha	[Kč. ha ⁻¹]
P_p -	Počet jedinců na 1 ha u precizního zemědělství	[ks]
P_k -	Počet jedinců na 1 ha u konvenčního způsobu	[ks]
Z -	Cena za 90 000 ks osiva	[Kč]

Výpočet finanční úspory za osivo na 1 ha mezi konvenčním a precizním způsobem:

$$F_{uo} = C_k - C_p \quad [5]$$

Kde:

F_{uo} -	Finanční úspora za osivo na 1 ha	[Kč. ha ⁻¹]
C_k -	Cena za osivo spotřebované na 1 ha u konvenčního způsobu	[Kč. ha ⁻¹]
C_p -	Cena za osivo spotřebované na 1 ha u precizního způsobu	[Kč. ha ⁻¹]

Výpočet spotřebovaného hnojiva na pozemek opracovávaného konvenčně:

$$h_k = d \cdot S \quad [6]$$

Kde:

h_k -	Spotřebované hnojivo	[Kg]
d -	Dávka hnojení	[Kg. ha ⁻¹]
S -	Plocha	[ha]

Výpočet ceny za spotřebované hnojivo u pozemku opracovávaného konvenčně:

$$s_k = h_k \cdot C_h \quad [7]$$

Kde:

S_k -	Cena za spotřebované hnojivo	[Kč]
h_k -	Spotřebované hnojivo	[Kg]
C_h -	Cena za 1 t hnojiva	[Kč]

Výpočet ceny hnojiva na 1 ha u pozemku opracovávaného konvenčně:

$$F_{nk} = \frac{S_k}{S} \quad [8]$$

Kde:

F_{hk} -	Cena hnojiva na 1 ha	[Kč. ha ⁻¹]
S -	Plocha	[ha]
S_k -	Cena za spotřebované hnojivo	[Kč]

Výpočet ceny za spotřebované hnojivo u pozemku opracovávaného precizním zemědělstvím:

$$s_p = h_p \cdot C_h \quad [9]$$

Kde:

s_p -	Cena za spotřebované hnojivo	[Kč]
h_p -	Spotřebované hnojivo	[Kg]
C_h -	Cena za 1 t hnojiva	[Kč]

Výpočet ceny hnojiva na 1 ha u pozemku opracovávaného precizním zemědělstvím:

$$F_{hp} = \frac{S_p}{S} \quad [10]$$

Kde:

F_{hp} -	Cena hnojiva na 1 ha	[Kč. ha ⁻¹]
s_p -	Cena za spotřebované hnojivo	[Kč]
S -	Plocha	[ha]

Výpočet finanční úspory za hnojiva na jeden hektar mezi konvenčním a precizním způsobem:

$$F_{uh} = F_{hk} - F_{hp} \quad [11]$$

Kde:

F_{uh} -	Finanční úspora za hnojiva	[Kč. ha ⁻¹]
F_{hk} -	Cena hnojiva na 1 ha u konvenčního způsobu	[Kč. ha ⁻¹]
F_{hp} -	Cena hnojiva na 1 ha u precizního způsobu	[Kč. ha ⁻¹]

5 Výsledky

Tato diplomová práce měla za cíl porovnat výsledky půdních vzorků u obou pozemků, včetně vlastnosti půdy, její vitality a složení. Druhým cílem bylo porovnat kvalitu kukuřičné siláže pomocí zařízení HarvestLab 3000 u konvenčního hospodaření a precizního zemědělství a zjistit, který typ hospodaření má na výslednou kvalitu siláže větší vliv. Dalším cílem bylo porovnat dva pozemky s různým typem hospodaření v kontextu výnosu materiálu v sušině a posledním cílem bylo porovnat ekonomickou náročnost za hnojiva a osiva u obou zmíněných typů hospodaření.

5.1 Vzorky půdy

Na pozemku "Hrobce", který byl obděláván precizním zemědělstvím, proběhly odběry půdy 2. dubna 2023. Výsledky z půdního vzorkování jsou zobrazeny v tabulce 5.1. Z výsledků plyne, že pH půdy na tomto pozemku se průměrně pohybovalo kolem 5,8 (kyselé). Celková rozloha pozemku činila 23,4 hektaru, a jako předplodina zde byla pěstována evropská zimní pšenice. Sklon pozemku byl 3 % a půda byla těžká jílovitopísčítá. Hořčík je nezbytný pro tvorbu chlorofylu, který je klíčový pro fotosyntézu. Vápník pomáhá ke stabilizaci buněčných stěn, účastní se buněčného dělení a rozvoje kořenů. Draslík reguluje vodní bilanci a zvyšuje odolnost rostliny vůči stresu. Fosfor je důležitý pro energetické procesy, kořenový růst a kvetení. Měď se podílí na fotosyntéze a metabolismu dusíku. Zinek reguluje růst rostliny. Železo je nezbytné pro tvorbu chlorofylu a transport kyslíku. Mangan podporuje fotosyntézu a aktivitu enzymů. (Hnojik.cz, 2023).

Tabulka 5.1: Hodnoty složení půdy (Agro-la Jindřichův Hradec)

<i>Ukazatel</i>	<i>Hrobce (mg. Kg⁻¹)</i>	<i>Za Řeky (mg. Kg⁻¹)</i>	<i>Obvyklá hodnota (mg. Kg⁻¹)</i>
<i>Hořčík</i>	256	345	20–500
<i>Vápník</i>	1 670	1 910	1 000 - 5 000
<i>Draslík</i>	237	366	100–500
<i>Fosfor</i>	52,4	75,3	5–50
<i>Měď</i>	7,3	10,3	0,5–10
<i>Zinek</i>	4,95	4,63	1–30
<i>Železo</i>	438,5	445,5	20–100
<i>Mangan</i>	79,3	73,6	5–100



Obrázek 5.1: Rozmístění odběrů – Hrobce (Agro-la Jindřichův Hradec)

Druhý pozemek „Za Řeky“ se nacházel 935 metrů severně od prvního pozemku. Půda zde byla také těžká jílovotopísčitá, takže se dalo předpokládat, že půda bude hodnotami podobná, což se projevilo i na výsledcích půdních rozborů.



Obrázek 5.2: Rozmístění odběrů – Za Řeky (Agro-la Jindřichův Hradec)

Přestože si jsou pozemky dle půdních rozborů velmi podobné, v určitých hodnotách se liší. Pozemek "Hrobce", který byl obdělávaný precizním zemědělstvím, se ukázal být hojnější na prvky zinek, mangan a síru. Je tedy možné, že na pozemku „Hrobce“ měly díky těmto prvkům rychlejší růst, obsahovaly více látek podporujících fotosyntézu, více aktivních potřebných enzymů a vitaminů. Tyto látky potlačují či zabraňují žloutnutí mezi žilami listů a žloutnutí mladých listů. Pozemek "Za Řeky", který byl obdělávaný konvenčním způsobem hospodaření, se podle výsledků ukázal hojnější na prvky hořčík, vápník, draslík, fosfor, měď a železo. Rostliny na tomto pozemku by tedy mohly mít tvorbu chlorofylu, stabilitu buněčných stěn, regulaci vodní bilance, kořenový růst a kvetení. Tyto látky potlačují nebo zabraňují žloutnutí mezi žilami listů, deformaci nových listů, slabému růstu, náchylnosti k chorobám, nízké produktivitě plodů a křehkosti stonků.

5.2 Vyhodnocení látek

5.2.1 Konvenční způsob

Pozemek "Za Řeky" obdělávaný konvenčním hospodařením s celkovou výměrou 22,4 ha se ukázal být méně výnosný než pozemek „Hrobce“. Celkový výnos v sušině byl 15,6 t·ha⁻¹. Jedním z významnějších měřených parametrů byl celkový výnos jako takový. Tento výnos obsahoval jak sušinu, tak i vlhkost. Celkový výnos byl 878,1 t, kde vlhkost představovala 60,2 % a sušina 39,8 %, tzn. celkový výnos byl 39,2 t·ha⁻¹. Dalším měřeným parametrem byl škrob. Změření procenta škrobu je pro podnik důležité, neboť se jím určuje energetická hodnota, kvalita krmiva a jeho průmyslové využití. Hodnota škrobu v kukuřici byla 35 %. Tato hodnota obsahu škrobu má potenciál poskytovat vyšší energetickou hodnotu při zkrmování zvířat. Další sledovanou hodnotou byl obsah surového popela. Bylo naměřeno 4,6 % surového popela, což odkazuje na nutriční hodnotu kukuřice. Dalším měřeným parametrem byl obsah surového proteinu. Tato data jsou ukazatelem nutriční hodnoty, jde zejména o obsah bílkovin v kukuřici. Ve sklizni bylo naměřeno 5,8 % surového proteinu. Kukuřice se tradičně nepěstuje pro obsah cukru, proto se ani neočekává vysoký obsah sacharidů. Ve sklizené hmotě bylo naměřeno 6,1 % sacharidů. Podíl kyselý detergentní vlákniny ve sklizené hmotě byl 21,7 %. Tato vláknina ukazuje na kvalitu krmiva, přesněji na její stravitelnost u zvířat. Nižší obsah kyselý detergentní vlákniny značí nižší obsah nerozpustné vlákniny, což znamená lepší stravitelnost pro zvířata. Další sledovanou hodnotou byla neutrální detergentní vláknina. Při sklizni bylo naměřeno 48,6 % neutrální detergentní vlákniny, která umožňuje posoudit

strukturální složení rostlinného materiálu a jeho vhodnost jako krmivo. Délka řezu kukuřice při sklizni byla 10,7 mm. Délka řezanky se určuje podle výsledného použití.



Obrázek 5.3: Výsledky – Za Řeky HarvestLab (autor)

5.2.2 Precizní zemědělství

Pozemek "Hrobce" s celkovou výměrou 23,4 ha byl obděláván precizním zemědělstvím. Z převozní laboratoře HarvestLab 3000 se potvrdil vyšší výnos na tomto pozemku. Hlavním sledovaným parametrem byl výnos v sušině. Celkový výnos v sušině byl 19,8 t·ha⁻¹. Dalším významným měřeným údajem byl celkový výnos, který popisuje jak obsah sušiny, tak i vlhkost materiálu při sklizni. Celkový výnos byl 1371,3 t, kde vlhkost představovala 66,2 % a sušina 33,8 %, celkový výnos byl tedy 58,6 t·ha⁻¹. Následující hodnotou byl škrob, jehož funkce je popsána v kapitole 5.2.1. Škrobu bylo naměřeno 23,9 %. Dalším sledovaným parametrem byl

surový popel. Při sklizni bylo naměřeno 5,1 % surového popela. Tento ukazatel vyjadřuje nutriční hodnotu kukuřice. Následující hodnotou byl obsah surového proteinu. Tato látka udává obsah bílkovin v kukuřici. Ve sklizni bylo naměřeno 7,2 % surového proteinu. Jak je zmíněno v kapitole 5.2.1., tak kukuřice není hlavním zdrojem sacharidů, proto naměřená hodnota 7,3 % sacharidů v kukuřici nebyla důležitým parametrem. Podíl kyselá detergentní vlákniny ve sklizené hmotě byl 25,4 %. Tato vláknina ukazuje na kvalitu krmiva, přesněji na její stravitelnost u zvířat. Další sledovanou jednotkou byla neutrální detergentní vláknina. Při sklizni bylo naměřeno 42,7 % neutrální detergentní vlákniny. Délka řezu kukuřice při sklizni byla 13,7 mm. Délka řezanky se určuje podle výsledného použití.

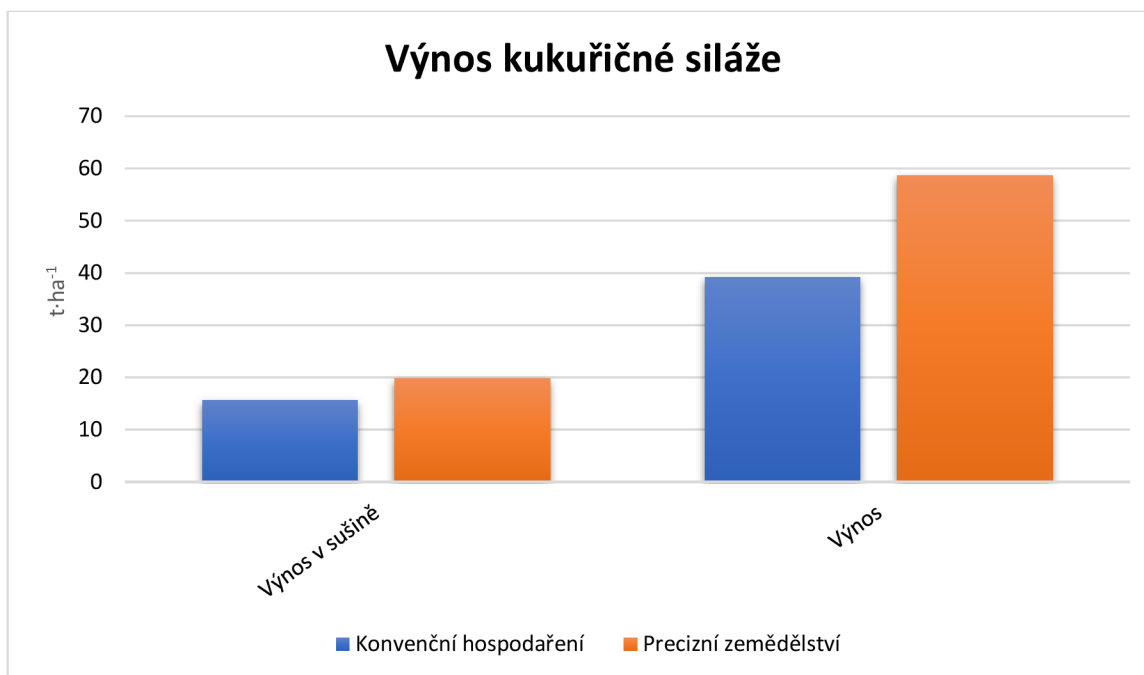


Obrázek 5.4: Výsledky – Hrobce HarvestLab (autor)

5.2.3 Porovnání dat z HarvestLab 3000

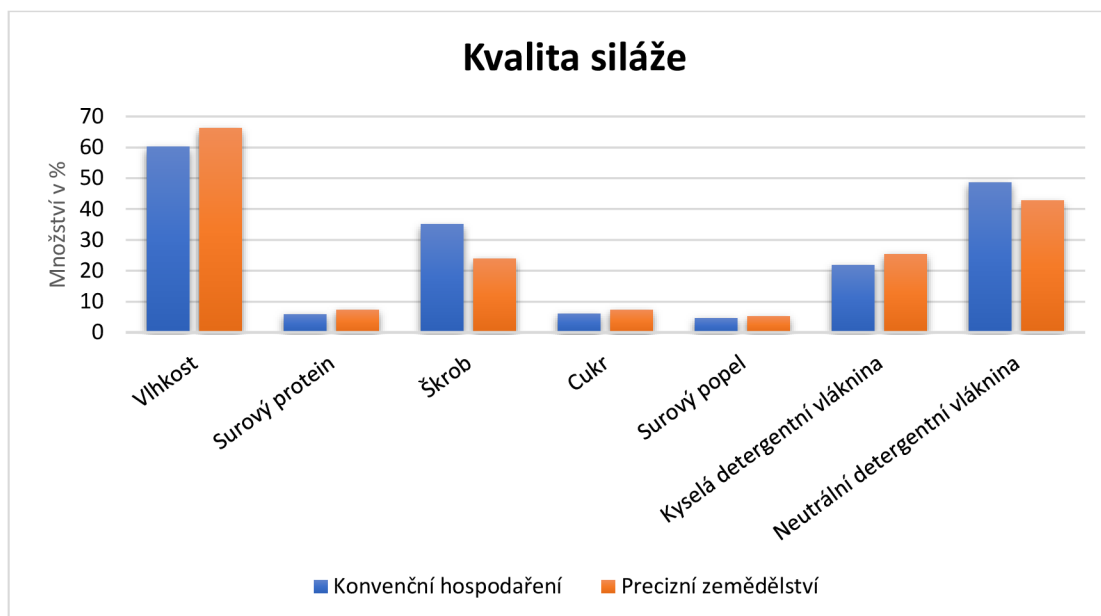
V rámci této studie byla porovnávána výnosnost dvou různých pozemků s rozdílným způsobem hospodaření. Výsledky naznačují, že pozemek "Hrobce" vykazuje vyšší výnos než pozemek "Za Řeky", kdy rozdíl výnosu dosáhl hodnoty $4,2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (26,9 %). V celkovém výnosu, kde je započítána sušina i vlhkost při sklizni, byl pozemek "Hrobce" výnosnější o $19,4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Graf 5.1: Výnos kukuřičné siláže



Kvalita siláže se ukázala být lepší u pozemku "Hrobce", kde kromě škrobu a neutrální detergentní vlákniny, byly všechny ostatní hodnoty vyšší. Dá se předpokládat, že siláž z tohoto pozemku bude více energeticky vydatnější.

Graf 5.2: Kvalita siláže



5.3 Porovnání ekonomické náročnosti za hnojiva a osiva

Setí

Konvenční hospodaření - "Za Řeky"

Při konvenčním hospodaření bylo spotřebováno 90 000 ks·ha⁻¹. Cena za osiva byla poskytnuta z účetní knihy zemědělská společnost Dubné, a.s. Cena za 90 000 jedinců byla 3 100 Kč.

Výpočet spotřebovaných jedinců na pozemek.

$$O_k = P_k \cdot S$$

$$O_k = 90\,000 \cdot 22,4$$

$$O_k = 2\,016\,000 \text{ ks}$$

Počet spotřebovaných jedinců na jeden hektar.

$$P_k = 90\,000 \text{ Ks} \cdot \text{ha}^{-1}$$

Cena osiva při spotřebě 90 000 jedinců.

$$C_k = 3\,100 \text{ Kč} \cdot \text{ha}^{-1}$$

Precizní zemědělství - "Hrobce"

Při precizním zemědělství se pracovalo se třemi hodnotami jedinců použitých při setí. Jednalo se o hodnoty 95 000, 90 000 a 80 000 ks. Podle aplikační mapy bylo spotřebováno 1 998 071 jedinců na pozemek.

$$O_p = 1\,998\,071 \text{ ks}$$

Výpočet počtu jedinců spotřebovaných na jeden hektar.

$$P_p = \frac{O_p}{S}$$

$$P_p = \frac{1\,998\,071}{23,4}$$

$$P_p = 85\,388 \text{ Ks} \cdot \text{ha}^{-1}$$

Výpočet ceny osiva na jeden hektar.

$$C_p = \frac{P_p}{P_k} \cdot Z$$
$$C_p = \frac{85\,388}{90\,000} \cdot 3\,100$$
$$C_p = 2\,941 \text{ Kč} \cdot \text{ha}^{-1}$$

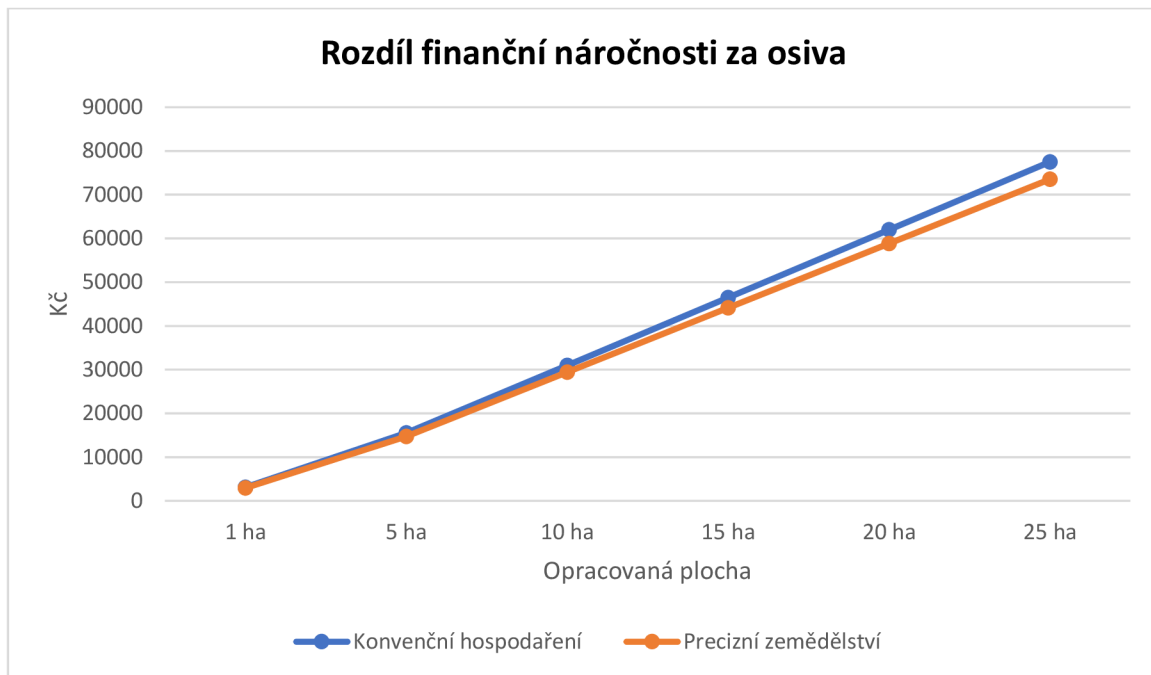
Finanční úspora na osivu

Výpočet finanční úspory za osivo na jeden hektar.

$$F_{uo} = C_k - C_p$$
$$F_{uo} = 3\,100 - 2\,941$$
$$F_{uo} = 159 \text{ Kč} \cdot \text{ha}^{-1}$$

Pozemek "Hrobce", a tedy precizní způsob hospodaření, se ukázal být finančně úspornější než konvenční způsob. Byla spočítána finanční úspora na osivu ve výši 159 Kč na jeden hektar.

Graf 5.3: Rozdíl finanční náročnosti za osiva



Hnojivo

Konvenční hospodaření - "Za Řeky"

Dávka průmyslového hnojiva u konvenčního hospodaření byla $100 \text{ Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Cena hnojiva byla poskytnuta z účetní knihy zemědělské společnosti Dubné, a.s. Cena za 1 tunu hnojiva činila 16 100 Kč.

Výpočet spotřebovaného hnojiva na pozemek 22,4 ha.

$$\begin{aligned}h_k &= d \cdot S \\h_k &= 100 \cdot 22,4 \\h_k &= 2\,240 \text{ Kg}\end{aligned}$$

Výpočet ceny za spotřebované hnojivo.

$$\begin{aligned}s_k &= h_k \cdot C_h \\s_k &= 2,240 \cdot 16\,100 \\s_k &= 36\,064 \text{ Kč}\end{aligned}$$

Výpočet ceny hnojiva na 1 ha.

$$\begin{aligned}F_{hk} &= \frac{s_k}{S} \\F_{hk} &= \frac{36\,064}{22,4} \\F_{hk} &= 1\,610 \text{ Kč}\cdot\text{ha}^{-1}\end{aligned}$$

Precizní zemědělství - "Hrobce"

Dávka hnojiva se u precizního způsobu měnila podle výnosových map. Hnojící dávka se pohybovala od 70 do $120 \text{ Kg}\cdot\text{Ha}^{-1}$. Celkem bylo spotřebováno 2 176 kg hnojiva na pozemek.

Spotřebované hnojivo na pozemek 23,4 ha.

$$h_p = 2\,176 \text{ Kg}$$

Výpočet ceny za spotřebované hnojivo.

$$s_p = h_p \cdot C_h$$
$$s_p = 2,176 \cdot 16\,100$$
$$s_p = 35\,034 \text{ Kč}$$

Výpočet ceny hnojiva na 1 ha.

$$F_{hp} = \frac{s_p}{S}$$
$$F_{hp} = \frac{35\,034}{23,4}$$
$$F_{hp} = 1\,497 \text{ Kč} \cdot \text{ha}^{-1}$$

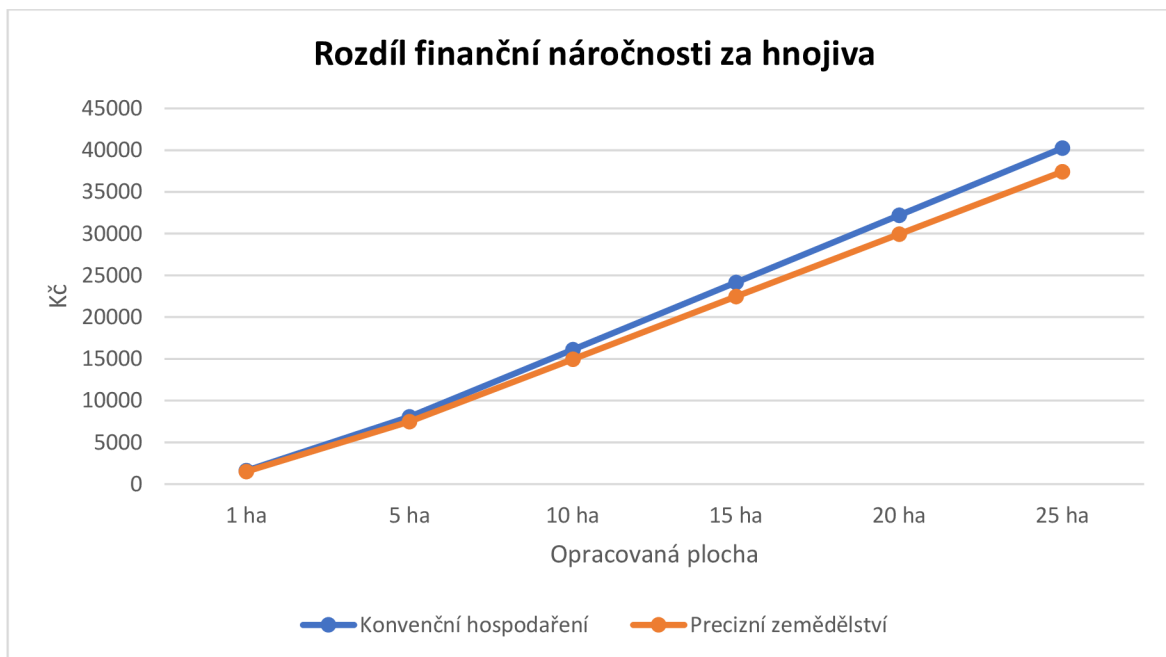
Finanční úspora za hnojiva

Výpočet finanční úspory za hnojiva na jeden hektar.

$$F_{uh} = F_{hk} - F_{hp}$$
$$F_{uh} = 1\,610 - 1\,497$$
$$F_{uh} = 113 \text{ Kč} \cdot \text{ha}^{-1}$$

Pozemek "Hrobce" obdělávaný precizním zemědělstvím dosáhl finanční úspory 113 Kč·ha⁻¹ na hnojivech oproti konvenčnímu způsobu.

Graf 5.4: Rozdíl finanční náročnosti za hnojiva



6 Diskuse

Z výsledků je patrné, že je rozdíl mezi precizním zemědělstvím s konvenčními metodami při pěstování kukuřice na siláž. Precizní způsob byl úspornější jak z hlediska použitého osiva, tak i použitých hnojiv. Experimenty navíc prokázaly zvýšenou úroveň některých sledovaných prvků v půdě.

Pozemek "Hrobce", obdělávaný precizním zemědělstvím, vykazoval vyšší koncentraci zinku, manganu a síry ve srovnání s druhým pozemkem. Toto zjištění může být výsledkem využití specifických předplodin na daném pozemku. Pozemek "Za Řeky", který byl obděláván konvenčními zemědělskými metodami, vykazoval ve srovnání s prvním pozemkem vyšší obsah hořčíku, vápníku, draslíku, fosforu, mědi a železa. Jednou z možných příčin výskytu vyšší koncentrace těchto látek by mohlo být použití odlišných předplodin na daném pozemku.

V práci Saleem et al. (2023) popisují, že minerální živiny přítomné v dostatečném množství v půdě podporují zdravý růst rostlin, zatímco jejich nedostatek podporuje abnormální růst. Pokud jsou navíc přítomny v nadměrných koncentracích, mohou se ukázat jako toxické pro zdraví rostlin. Každá minerální látka v rostlinách má specifické funkce, které nelze nahradit jinými. Některé prvky slouží jako základní stavební materiál pro vytváření organických látek, jde například o sacharidy, tuky a bílkoviny, zatímco jiné jsou nezbytné pro chemické procesy, které tyto organické látky vytvářejí. Tyto funkce jsou komplexní, rozmanité a často se liší mezi různými druhy rostlin. Proto se i požadavky různých plodin na živiny liší.

Jak uvádí autor Naz (2023) ve své práci. Správný přísun výživy je zásadní pro optimální vývoj, růst a reprodukci rostlin. Tyto živiny jsou získávány z tří hlavních zdrojů: půdy, vody a vzduchu. Kyslík, uhlík a dusík jsou přenášeny vzduchem, zatímco vodík a kyslík jsou přenášeny vodou. Ostatní minerální prvky jsou získávány z půdy. Transport živin probíhá od kořenů, kde jsou absorbovány, směrem k výhonkům a poté k listům, kde jsou dále využity pro fotosyntézu a další procesy. Je nezbytné, aby půda poskytovala dostatečné množství živin, aby byly splněny potřeby rostliny. Nedostatek nebo nadbytek živin může negativně ovlivnit růst a zdraví rostliny. Proto je důležité udržovat vyvážený přísun živin, aby se dosáhlo optimálního vývoje a produktivity rostlin.

Navzdory vyšší koncentraci látek na pozemku „Za řeky“, který byl obděláván konvenční metodou, bylo díky cílené aplikaci hnojiv dosaženo vyšších výnosů na pozemku „Hrobce“. Jak oba autoři vysvětlují, vyšší koncentrace těchto látek nemusí totiž nutně přinášet prospěch pro rostliny, ale mohou být škodlivé.

Na pozemku, který byl obděláván pomocí precizních metod zemědělství, zařízení HarvestLab 3000 ukázalo zvýšený podíl některých sledovaných parametrů, které poukazují na možnou vyšší kvalitu siláže a vyšší potenciál výživy pro hospodářská zvířata. V rámci experimentu bylo rovněž provedeno srovnání kvality siláže mezi pozemky. Výsledná data jsou zobrazena na grafu 5.2. Kvalita siláže byla lepší na pozemku, který byl opracován precizním zemědělstvím. Data se lišila v těchto hodnotách: surový protein – +1,4 %, škrob – -11,1 %, cukr – +1,2 %, surový popel – +0,5 %, kyselá detergentní vláknina – +3,7 % a neutrální detergentní vláknina – -5,9 %. Data ukazují, že v případě pozitivních hodnot jsou naměřené údaje vyšší než na pozemku „Za řeky“, zatímco u negativních hodnot jsou naměřená data nižší ve srovnání s pozemkem „Za řeky“. V experimentu bylo zjištěno, že pozemek obdělávaný precizním zemědělstvím má vyšší potenciál poskytnout kvalitnější siláž. Toho bylo docíleno pomocí variabilního hnojení a cílené aplikace hnojiv.

Autoři Rocha et al. (2022) ve své práci vysvětlují, že sledováním sběru dat během sklizně kukuřice má zásadní vliv na kvalitu a produkci mléka. Sledování výkonu stroje a kvality kukuřice v průběhu sklizně umožňuje zemědělcům, výživovým odborníkům a zakázkovým sklízečům optimalizovat kvalitu krmiva již při počátečních vstupech před sklizní. Pro dosažení tohoto cíle byl vyvinut systém hodnocení kvality v reálném čase. Tento systém umožňuje okamžité posouzení a úpravu procesu sklizně, což vede k lepšímu využití potenciálu kukuřice jako krmiva a v konečném důsledku k optimalizaci produkce mléka.

V experimentu bylo zjištěno, že pozemek obdělávaný precizním zemědělstvím má vyšší potenciál poskytnout kvalitnější siláž. Toho bylo docíleno pomocí variabilního hnojení a cílené aplikace hnojiv. Jak autor ve své práci vysvětluje, pomocí znalostí těchto veličin může farmář upravit cílené vstupy jako je hnojení a setí, a dosáhnout tak kvalitnějšího krmiva.

Vyšší výnos v sušině byl také naměřen na pozemku obdělávaný precizním zemědělstvím. Toho bylo docíleno variabilním hnojením a cílenou aplikací dané dávky hnojiva. Precizním zemědělstvím se dosáhlo zvýšení výnosu o 26,9 %. To potvrzuje hypotézu, kterou předložili ve své práci Nyeki and Nemenyi (2022), která se zaměřovala na výnos plodin v oblasti precizního zemědělství a jež potvrdila zvýšení výnosu plodiny, při současném snížení ekonomických vstupů. Na pozemku, kde bylo využito precizního zemědělství, byla zaznamenána úspora jak finančních, tak materiálových prostředků. Bylo docíleno finančních úspor za osiva ve výši 8 % a za hnojiva ve výši 5 %. Tato úspora byla dosažena díky variabilnímu hnojení a variabilnímu setí.

Autor Khan et al. (2023) ve své práci uvádí, že jednotná aplikace hnojiv na pole bez zohlednění variabilních faktorů může vést k neefektivnímu využití zdrojů a degradaci životního prostředí. V rámci precizního zemědělství se provádí odhad variabilit v různých oblastech plodiny a na poli pomocí sofistikovaných senzorů a technik. Tyto informace jsou následně využity k cílenému a efektivnímu zásobování plodin potřebnými živinami. Tento přístup přispívá ke zvýšení kvality plodin, maximalizaci výnosů a minimalizaci negativního dopadu na životní prostředí.

Zhaohui et al., (2022) navíc ve své práci uvádějí, že technologie variabilního výsevu s proměnlivou výsevní dávkou dokáže upravit výsevek podle prostředí pro plodiny, aby se zlepšil výnos plodiny a využití zdrojů. Sběr informací u systému založeného na senzorech probíhá současně s výsevem, což zvyšuje efektivitu provozu a snižuje provozní náklady. Klíčem technologie variabilního setí je založené na senzorech a nastavení výsevu podle ukazatelů charakterizujících úrodnost půdy, což zahrnující výnosové mapy.

Co se týká dalšího výzkumu v této oblasti, bylo by dobré zasetí obou pozemků ve stejný den. V této práci se totiž vyhodnocovaly pozemky, které byly kvůli počasí a vlhkosti půdy zasety v jiný čas, a to dokonce o 18 dní, což mohlo ovlivnit výsledná data. Dále by bylo dobré sledovat oba typy hospodaření po delší dobu a vyhodnotit následně data z více sezón. Optimální by bylo dosáhnout shodných meteorologických podmínek, složení půdy a podnebí, což lze ale nejlépe zajistit pouze v laboratorních podmínkách. Také by bylo dobré zvýšit počet odběrových bodů při odběrech půdních vzorků, avšak to může být omezeno dostupnými finančními prostředky. Za účelem dosažení ještě preciznějších měření by bylo vhodné zvážit využití bezpilotních letounů vybavených specializovanými kamerovými systémy.

7 Závěr

V práci byly porovnávány výsledky ze vzorků půdy, kvality kukuřičné siláže, výnosy kukuřičné siláže mezi pozemky a finanční nároky za osivo a hnojivo. V teoretické části práce bylo popsáno precizní zemědělství, polohovací systémy a princip obdělávání pozemků kukuřicí setou. V praktické části práce byly popsány operace, které proběhly na dvou pozemcích. Jednalo se o půdní vzorkování, setí, hnojení a použití výnosových a aplikačních map. Ve výsledcích bylo zjištěno, že pozemek obdělávaný precizním zemědělstvím se ukázal být méně finančně náročný, a přesto více výnosný. Zpracování půdních vzorků ukázalo, že pozemek obdělávaný precizním zemědělstvím je bohatší na látky zinek, mangan a síru. Pozemek zpracovávaný konvenčním způsobem se ukázal být bohatší na látky hořčík, vápník, draslík, fosfor, měď a železo. Kvalita kukuřičné siláže byla kvalitnější u pozemku opracovávaného precizním zemědělstvím, kde byl zjištěn vyšší obsah surového proteinu, cukru, surového popela a kyselých detergentních vláknin. Druhý pozemek měl vyšší obsah škrobu a neutrálních detergentních vláknin. Výnos v sušině byl stanoven na $19,8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ u precizního zemědělství a na $15,6 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ u konvenčního způsobu. Byl tedy zjištěn nárůst výnosu o 26,9 % u precizního zemědělství. Finanční nároky u precizního zemědělství za osivo byly vypočteny na hodnotu $2\,941 \text{ Kč}\cdot\text{ha}^{-1}$ a u hnojení na hodnotu $1\,497 \text{ Kč}\cdot\text{ha}^{-1}$. Finanční nároky u konvenčního hospodaření za osivo byly vypočteny na hodnotu $3\,100 \text{ Kč}\cdot\text{ha}^{-1}$ a u hnojení na hodnotu $1\,610 \text{ Kč}\cdot\text{ha}^{-1}$. To znamená, že precizní způsob hospodaření byl z hlediska ekonomiky úspornější u osiva o 5 % a u hnojiva o 8 %. I přes to, že precizní způsob hospodaření se zdá být výhodnější, jak z hlediska kvality, tak z ekonomického hlediska. Doporučoval bych v tomto směru provést další výzkumy.

Seznam použitých zdrojů

Literatura

1. Abiodun R. I., et al., 2023, Technology in Society, The disposition of data from precision agricultural technologies: What do young agriculturalists think? <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2023.102389>
2. Brant, V. & Kroulík, M., 2020. Implementace principů precizního zemědělství do rostlinné výroby 1st ed., AGRA Řisutry s.r.o: Kurent, s.r.o., ISBN 978-80-87111-81-9.
3. D.D. Loy, E.L. Lundy., 2019., Corn, 3st ed., Sergio O. Serna-Saldivar., ISBN 9780128119716. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811971-6.00023-1>
4. Doležal, P., 2012. Konzervace krmiv a jejich využití ve výživě zvířat 1st ed., Mendelova univerzita v Brně: Baštan, ISBN 978-80-87091-33-3.
5. Dwain, R.H. & Vallentine., 1999. Harvested forages, Chapter 14 – Field – Harvesting silage, pp. 325–337. <https://doi.org/10.1016/B978-012356255-5/50039-0>
6. Dwain, R.H. & Vallentine., 1999. Harvested forages, Chapter 17 – Processing and storing silage, pp. 325–337. <https://doi.org/10.1016/B978-012356255-5/50039-0>
7. El-Rabbany, A., 2006. *Introduction to GPS: The Global Positioning System: GNSS technology and applications series* 2nd ed., Michiganská univerzita: Artech House.
8. Khan, H. et al., 2023. Precision Agriculture, Chapter 2 - Soil spatial variability and its management with precision agriculture. Pp 19-36. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-18953-1.00008-8>
9. Kovář, P., 2016. Družicová navigace: od teorie k aplikací v softwarovém přijímači. České vysoké učení technické v Praze – nakladatelství ČVUT, Praha. ISBN 978-80-01-05989-0.

10. Kumhála, F., 2007. Zemědělská technika: stroje a technologie pro rostlinnou výrobu, V Praze: Česká zemědělská univerzita. ISBN 978-80-21317-01-7.
11. Lara, S.G. & Saldivar, S.O.S., 2019. Chapter 1 - Corn History and Culture. Chemistry and Technology, 2019(3)., Sergio O. Seren-Saldivar., pp.1-18., ISBN 9780128119716.
12. Lukas, V., et al., 2011. Mapování variability půdy a porostů v precizním zemědělství: metodika pro praxi, 1. vydání. Brno: Mendelova univerzita v Brně. ISBN 9788073755621.
13. Muhammad. J. et al., 2023. Precision agriculture, Chapter 13 - Precision agriculture technologies: present adoption and future strategies, pp. 231-250. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-18953-1.00011-8>
14. Naz, F., 2023. Chapter nine – Plant nutrition, transport, mechanism and sensing in plants. Pp 209–228. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-18675-2.00002-X>
15. Neudert, L. a Vojtěch, L., 2015. Precizní zemědělství: technologie a metody v rostlinné produkci. Brno: Mendelova univerzita v Brně. ISBN 9788075093110.
16. Norberto M. et al., 2023, Computers and Electronics in Agriculture, Filling the maize yield gap based on precision agriculture – A MaxEnt approach, <https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.107970>
17. Nyeki A., Nemenyi M., 2022. Crop Yield Prediction in Precision Agriculture., <https://doi.org/10.3390/agronomy12102460>
18. R. Dwain Horrocks, John F. Vallentine., 1999. Harvested forages., Academic press., pp 325-337., ISBN 9780123562555.
19. Rocha et al., 2022, Assessing kernel processing score of harvested corn silage in real-time using image analysis and machine learning, <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107415>

20. Ruan, Z. et al., 2019. Integrated Processing Technologies for Food and Agricultural By-Products, Chapter 3 – Corn., pp 59-72., <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814138-0.00003-4>
21. Saleem, S. et al., 2023. Chapter two – Plant nutrition and soil fertility: physiological and molecular avenues for crop improvement., pp. 23–49. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-18675-2.00009-2>
22. Silas Alves Souza, Lineu Neiva Rodrigues., 2022., Irrigation management zone strategies impact assessment on potential crop yield, water and energy savings, Computers and electronics in Agriculture., ISSN 0168-1699., <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107349>.
23. Steiner, I. a Černý, J., 2006. GPS od A do Z. V Praze: eNav., ISBN 802-39-7516-1.
24. Tilden Wayne Perry., 1980. Beef Cattle Feeding and Nutrition., pp 139-145., ISBN 9780125520508. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-552050-8.50015-7>
25. Vaněk, V. et al., 2003. Racionální použití hnojiv. In Racionální použití hnojiv zaměřené na setrvalý rozvoj a precizní zemědělství. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze ČZU. ISBN 80–213-1083-9
26. Yang, Y. et al., 2019. Introduction to the special issue on the Deidou navigation systém, 1–12
27. Zimolka, J., 2008. Kukuřice, hlavní a alternativní užitkové směry 1st ed., ČZU v Praze: Profi Press., ISBN 978-80-86726-31-1.
28. Zhaohui, D., 2022. Corn variable-rate seeding decision based on gradient boosting decision tree model., <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107025>

Internetové zdroje

1. Palla, M., 2012. Srovnání globálních navigačních satelitních systémů GPS, GALILEO, GLONASS. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. [online] [citováno 21. 3. 2023]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10563/23413>.
2. Space.skyrocket.de, (2023). GPS - 3(NAVSTAR – 3). [online] [citováno 21. 3. 2023]. Dostupné z: https://space.skyrocket.de/doc_sdat/navstar-3.htm
3. Kosmonautix.cz, (2016). Glonass – M č. 51. [online] [citováno 21. 3. 2023]. Dostupné z: <https://kosmonautix.cz/2016/02/glonass-m-c-51/>
4. Bezpalec, P., (2021). Lokalizace a navigace [online] [citováno 23. 3. 2023]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/231/05.html>
5. Eesa.int. (2023). Galileo satallites. [online] [citováno 23. 3. 2023]. Dostupné z: https://www.esa.int/Applications/Navigation/Galileo/Galileo_satellites
6. JohnDeere.com, (2023). HarvestLab. [online] [citováno 23. 11. 2023]. Dostupné z: https://sso.johndeere.com/oauth2/aus9lwzuo7OmgbV271t7/v1/authorize?client_id=0oau95tbhxraOuAKw1t7&nonce=07aa633a00e49301239e3aaecc9895e0dee4ff38d432f432bfd58c1a10e22d06&redirect_uri=https://salesmanual.deere.com/login&response_type=code&response_mode=query&scope=openid&state=/sales/salesmanual/en_NA/hay_forage/2019/feature/spfh/ams/ams_harvestlab_spfh8000.html
7. John Deere.com, (2023). Map – JohnDeere, Jdlink. [online] [citováno 23. 11. 2023]. Dostupné z: <https://signin.johndeere.com/>
8. OneSoil.ai, (2023). [online] [citováno 23. 11. 2023]. Dostupné z: <https://onesoil.ai/en/>
9. Strom.cz, (2023). HarvestLab 3000. [online] [citováno 23. 11. 2023]. Dostupné z: <https://www.strom.cz/zemedelska-technika/precizni-zemedelstvi/prijimace-a-displeje-1/harvestlab>

10. Lectura-specs.com, (2023). Technické specifikace – Jaguar 870 Claas. [online] [citováno 23. 11. 2023]. Dostupné z: <https://www.lectura-specs.com/en/model/agricultural-machinery/4wd-tractor-tractors-ohh-here/9600-1709284#:~:text=John%20Deere%209600%20Specifications%20%26%20Technical%20Data%20%282018-021%29,Pick-up%20width%3A%203.63m%20%E2%80%93%20Max.%20pick-up%20width%3A%204m>

11. Hnojik.cz, (2023). Výživa rostlin. [online] [citováno 9. 3. 2024]. Dostupné z: <https://hnojik.cz/vyziva-rostlin/>

Seznam obrázků

Obrázek 2.1: NAVSTAR – GPS	16
Obrázek 2.2: GLONASS	17
Obrázek 2.3: Galileo	17
Obrázek 4.1: Ukázka HarvestLab	29
Obrázek 4.2: Rozmístění odběrů – Hrobce	30
Obrázek 4.3: Rozmístění odběrů – Za Řeky	30
Obrázek 4.4: Souprava setí – Za Řeky	31
Obrázek 4.5: Souprava setí – Hrobce	32
Obrázek 4.6: Secí mapa – Hrobce	32
Obrázek 4.7: Výnosová mapa – Hrobce 2022.....	34
Obrázek 4.8: Aplikační mapa pro rok 2023 – Hrobce	34
Obrázek 5.1: Rozmístění odběrů – Hrobce	40
Obrázek 5.2: Rozmístění odběrů – Za Řeky	40
Obrázek 5.3: Výsledky – Za Řeky HarvestLab.....	42
Obrázek 5.4: Výsledky – Hrobce HarvestLab	44

Seznam grafů

5.1: Výnos kukuřičné siláže	45
5.2: Kvalita siláže	45
5.3: Rozdíl finanční náročnosti za osiva	47
5.4: Rozdíl finanční náročnosti za hnojiva	49

Seznam tabulek

Tabulka 3.1: Termíny setí následných plodin	20
Tabulka 4.1: Technické parametry stroje John Deere 9600i	28
Tabulka 5.1: Hodnoty složení půdy	39

Seznam zkratk

NIR	Blízká infračervená spektroskopie
GPS	Globální poziční systém
GNSS	Globální navigační satelitní systém
NAVSTAR	Časování a určování polohy navigačních signálů
NATO	Severoatlantická aliance
GLONASS	Globální navigační satelitní systém
EGNOS	Evropská geostacionární navigační překryvací služba
ÚKZÚZ	Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský
ČSN	Česká státní norma
ha	Hektar
ks	Kus
Kg	Kilogram
Kč	Koruna česká