

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

Využití kejdy v technologii pěstování kukuřice seté

Diplomová práce

Bc. Radek Hloušek

Pěstování rostlin

prof. Ing. Josef Pulkrábek, CSc.

© 2022 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Využití kejdy v technologii pěstování kukuřice seté" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 1. dubna 2022

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval panu prof. Ing. Josefu Pulkrábkovi, CSc. za příkladnou spolupráci a ochotu při mém psaní diplomové práce, za jeho velmi cenné rady a připomínky. Svému otci Jaroslavovi Hlouškovi za jeho podporu a za to, že mne v zaměstnání zastupoval v době, kdy jsem se věnoval studiu. Podniku Rýcholka s.r.o. za možnost realizovat pokusy. Panu Ing. Janu Bosákovi za jeho praktické rady a zkušenosti. Děkuji hlavně mé přítelkyni Mgr. Petře Teichmanové za její obětavost, trpělivost a podporu při studiu.

Využití kejdy v technologii pěstování kukuřice seté

Souhrn

Kukuřice setá je významnou plodinou s velmi dlouhou, bohatou a zajímavou historií. Z hlediska významu je ve světě plodinou číslo jedna. Z plodiny původně pěstované jen pro lidskou výživu se stala nepostradatelnou složkou krmivové základny a plodinou s mnohostranným hospodářským využitím.

Kukuřice je jednou z nejvhodnějších plodin pro využití statkových hnojiv, mezi které patří i kejda, kterou můžeme aplikovat v podzimním i jarním období, případně využít i k přihnojování během vegetace. Kukuřici je možné také hnojit dusíkatým hnojivem DAM 390, a to jak k základnímu hnojení před setím, tak i k přihnojení v průběhu vegetace.

V první části diplomové práce je zpracována problematika hnojiv, jejich popis, rozdělení a způsoby použití, především kejdy a DAMu. Dále se literární rešerše věnuje kukuřici seté, jejímu obecnému popisu, způsobům pěstování, sklizni, možnostem využití, problematice chorob a škůdců. Literární rešerši pak uzavírá kapitola věnující se pěstování kukuřice ve zranitelných oblastech a s tím související nutnost dodržování pravidel nitrátové směrnice.

Druhá část práce se věnuje experimentální stránce, kdy byl během let 2019, 2020 a 2021 založen poloprovodní pokus na pozemcích firmy Rýcholka s.r.o. Pokus měl čtyři varianty: první byla hnojena pouze kejdou, druhá kejdou a DAMem, třetí pouze DAMem a čtvrtá byla kontrola, tj. nehnojena vůbec. Snahou bylo ověřit výše uvedenými způsoby hnojení vliv na kvantitativní a kvalitativní parametry biomasy kukuřice, která byla následně vyhodnocena pomocí NIR technologie. Kejdou a DAMem se v podniku dlouhodobě hnojí, ale dopady tohoto způsobu hnojení nebyly nikdy detailně zkoumány a hodnoceny. Firma Rýcholka s.r.o. sídlí v katastrální oblasti Choustníkovo Hradiště okresu Trutnov a byla zvolena záměrně, jelikož v ní pracuji jako agronom. Ve všech třech pokusných letech byl hodnocen nejen výnos a kvalita zelené hmoty, ale v roce 2021 bylo sledování rozšířeno o vyhodnocení počtu zrn v palicích, průměrné hmotnosti palic, a také bylo snahou vysledovat rozdíly ve výnosu zrna v závislosti na způsobu hnojení jednotlivých variant a rozdíly přepočítat na finanční hodnotu.

Tříletými pokusy bylo mimo jiné zjištěno:

- Nejvyšší průměrný výnos biomasy byl u varianty hnojené kejdou – 70,91 t/ha.
- Nejnižší průměrný výnos měla kontrolní – 64,63 t/ha.
- Nejvyšší výnos biomasy měla v roce 2019 varianta hnojená kejdou – 79,3 t/ha.
- Nejnižší výnos biomasy měla v roce 2020 varianta kontrolní – 58,67 t/ha.
- Nejvyššího průměrného počtu zrna na palici měla varianta hnojená pouze kejdou – 570 ks.
- Nejnižšího průměrného počtu zrna na palici měla kontrolní – 515 ks.

- Nejvyšší průměrné hmotnosti zrn v palici dosáhla varianta pokusu hnojená kejdou společně s DAMem – 225 g.
- Nejnižší průměrnou hmotnost zrn v palici měla varianta kontrolní – 200 g.

Z výsledků práce lze odvodit, že při hnojení kukuřice kejdou lze snížit dávky hnojiva DAM 390, nebo se zaměřit na jiný způsob aplikace (zapravení do půdy např. společně s plečkováním), případně ho zcela vynechat. Dále se zaměřit na hnojení kejdou, a to i například systémem dělených dávek – první před setím a další jednu až tři aplikace během vegetace.

Klíčová slova: kukuřice setá, statková hnojiva, kejda, výnos biomasy, kukuřičná siláž, technologie pěstování

Utilization of slurry in maize growing technology

Summary

Maize is an important crop with a very long, rich and interesting history. In terms of importance, it is the number one crop in the world. From a crop originally grown for human consumption only, it has become an indispensable component of the feed base and a crop with versatile economic use.

Maize is one of the most suitable crops for the use of manure, including manure, which can be applied in autumn and spring, or used for fertilization during the growing season. It is also possible to fertilize corn with DAM 390 nitrogen fertilizer, both for basic fertilization before sowing and for additional fertilization during the growing season.

The first part of the diploma thesis deals with the issue of fertilizers, their description, distribution and methods of use, especially slurry and DAM. Furthermore, the literature search deals with sown maize, its general description, methods of cultivation, harvesting, possibilities of use, the issue of diseases and pests. The literature search concludes with a chapter on corn cultivation in vulnerable areas and the related need to comply with the rules of the Nitrates Directive.

The second part of the work is devoted to the experimental side, when during 2019, 2020 and 2021 a field trial was established on the land of Rýcholka s.r.o. The experiment had four variants: the first was fertilized only with manure, the second with manure and DAM, the third only with DAM and the fourth was the control, ie not fertilized at all. The aim was to verify the influence of the above-mentioned methods of fertilization on the quantitative and qualitative parameters of maize biomass, which was subsequently evaluated using NIR technology. Manure and DAM have been fertilizing the plant for a long time, but the effects of this type of fertilization have never been studied and evaluated in detail. The company Rýcholka s.r.o. is located in the cadastral area of Choustníkovo Hradiště in the Trutnov district and was chosen deliberately because I work in it as an agronomist. In all three experimental years, not only the yield and quality of green matter were evaluated, but in 2021 the monitoring was extended to evaluate the number of grains in sticks, average weight of sticks, and also to try to track differences in grain yield depending on fertilization methods and differences recalculated to financial value.

Three-year experiments have shown, among other things:

- The highest average biomass yield was for the slurry fertilized variant – 70.91 t/ha.
- The lowest average yield had a control variant – 64.63 t/ha.
- The highest biomass yield in 2019 was the variant fertilized with manure – 79.3 t/ha.
- The lowest biomass yield in 2020 had a control variant – 58.67 t/ha.

- The highest average number of grains per stick had the variant fertilized only with slurry – 570 pcs.
- The lowest average number of grains per stick had the control variant – 515 pcs.
- The highest average weight of grains in the mallet was achieved by a variant of the experiment fertilized with slurry together with DAM – 225 g.
- The lowest average weight of grains in the mallet had a control variant – 200 g.

From the results of the work it can be deduced that when fertilizing maize with manure, the doses of DAM 390 fertilizer can be reduced, or we can focus on another method of application (incorporation into the soil, eg together with hoeing), or omit it altogether. Furthermore, focus on manure fertilization, including, for example, a system of divided doses - the first before sowing and the next one to three applications during the growing season.

Keywords: maize sowing, manure, slurry, biomass yield, maize silage, growing technology

Obsah

1	Úvod	10
2	Vědecké hypotézy a cíle práce	11
2.1	Cíle práce	11
2.2	Vědecké hypotézy	11
3	Literární rešerše	12
3.1	Hnojiva	12
3.1.1	Popis	12
3.1.2	Rozdělení organických hnojiv	13
3.1.3	Statková hnojiva	14
3.1.4	Minerální hnojiva	18
3.1.5	Odpadní hmoty	19
3.2	Kejda	20
3.2.1	Popis	20
3.2.2	Uplatnění kejdy a její formy aplikace	23
3.3	DAM 390	24
3.3.1	Popis	24
3.3.2	Uplatnění DAMu a jeho formy aplikace	24
3.4	Kukuřice setá (<i>Zea mays L.</i>)	25
3.4.1	Úvod a historie	25
3.4.2	Význam a uplatnění	25
3.4.3	Morfologie a biologie	27
3.4.4	Agrotechnika pěstování kukuřice	28
3.4.5	Plevel	30
3.4.6	Škůdci a choroby kukuřice	34
3.4.7	Chemické složení kukuřice	38
3.4.8	Kukuřice na siláž	39
3.4.9	Kukuřice na zrno	42
3.4.10	Kukuřice na produkci bioplynu	42
3.4.11	Využití kukuřice v živočišné výrobě	43
3.4.12	Rizika spojená s pěstováním kukuřice v České republice	46
4	Metodika	51
4.1	Polní část pokusu	51
4.1.1	Charakteristika podniku a pokusného stanoviště	51
4.1.2	Agrotechnika pokusu	55
4.1.3	Klimatické a povětrnostní podmínky v době pokusu	58

5	Výsledky	60
5.1	Analýza řezanky kukuřice na siláž.....	60
5.2	Analýza počtu zrn v palici	64
5.3	Analýza průměrné hmotnosti zrn v palici	65
5.4	Finanční analýza výnosu zrna v závislosti na způsobu hnojení kejdou a DAMem	67
6	Diskuze	69
6.1	Struktura výnosů	69
6.2	Finanční analýza	70
6.3	Vyjádření k výzkumným hypotézám.....	71
7	Závěr	74
8	Literatura	76

1 Úvod

Kukuřice setá patří v současné době k jedné z nejpěstovanějších plodin nejen v České republice, ale i ve světě, kde patří společně s pšenicí a rýží mezi tři nejvýznamnější plodiny. Je pěstována jak na produkci zrna, tak k výrobě objemových krmiv (siláže) a řadí se mezi rozhodující krmné plodiny. Ve světě převažuje pěstování kukuřice na zrno, v České republice s ohledem na klimatické podmínky převažuje pěstování kukuřice na siláž. V současné době si nelze moderní zemědělskou výrobu bez této plodiny představit. Proto je v zájmu pěstitelů dosahovat co nejvyšších výnosů v požadované kvalitě. Dnes je v podmínkách České republiky kukuřice pěstována jako tzv. širokořádková plodina (s čímž souvisí i nutnost dbát na protierozní opatření) s meziřádkovou vzdáleností 70 nebo 75 cm, což při výsevku 80.000 – 90.000 jedinců na hektar odpovídá vzdálenosti rostlin v řádku 14 – 17 cm. Nárůst ploch osetých kukuřicí u nás je také spojen s rozšířením bioplynových stanic, kde je kukuřice využívána pro produkci bioplynu, ale toto není ten hlavní důvod, proč jsem se na tuto plodinu v diplomové práci zaměřil. Hlavním důvodem je to, že náš podnik chová 1.155 kusů skotu, z toho přibližně 600 kusů pro produkci mléka, z čehož vyplývá naše potřeba využívat tuto plodinu jako silážní. To, že je kejda a dusíkaté hnojivo DAM 390 nejen pro kukuřici velmi prospěšné, se všeobecně ví a víme to samozřejmě i my v našem podniku, kde s tím máme dlouholetou zkušenost. Nikdy jsme toto ale blíže nezkoumali a její prospěšný vliv neměli jakkoliv podložen. Proto jsem se na tento výzkum zaměřil již v bakalářské práci a tato diplomová práce na ni navazuje a snaží se ji rozšířit. Součástí tohoto výzkumu je poloprovozní pokus, který jsme založili na pozemcích naší farmy a opakovali ho tři po sobě jdoucí roky. Dalším cílem práce bylo vypracovat aktuální přehled odborné literatury zaměřený na kukuřici, statková a minerální hnojiva, jejich charakteristiku, rozdělení, význam a použití.

2 Vědecké hypotézy a cíle práce

2.1 Cíle práce

Vypracovat přehled odborné literatury zaměřený na význam a aplikaci statkových hnojiv, především kejdy včetně hnojení kukuřice na siláž dusíkem. Popsat možnosti využití kejdy v technologii pěstování kukuřice na siláž.

Na základě pokusu sledujícího vliv hnojení dusíkem vyhodnotit kvantitativní a kvalitativní parametry sklizené kukuřičné biomasy.

Shrnout možnosti hnojení kejdou ve zranitelných oblastech.

2.2 Vědecké hypotézy

Hypotéza 1

Využívaná technologie aplikace kejdy skotu ve společnosti Rýcholka s.r.o. je vhodná pro hnojení kukuřice na siláž.

Hypotéza 2

Ve společnosti Rýcholka s.r.o. lze kejdou skotu nahradit hnojení DAMem 390 a ušetřit náklady na minerální hnojiva.

3 Literární rešerše

3.1 Hnojiva

3.1.1 Popis

Hnojiva se obvykle aplikují do půdy za účelem zvýšení nebo udržení výnosů plodin, aby byla uspokojena rostoucí poptávka po potravinách. Aplikace anorganických hnojiv vede k vyšší akumulaci půdní organické hmoty a biologické aktivity v důsledku zvýšené produkce rostlinné biomasy a návratu organické hmoty do půdy ve formě rozpadajících se kořenů, odpadu a zbytků plodin. Při aplikaci organických hnojiv se zvyšuje obsah organického uhlíku v půdě, který je důležitým ukazatelem kvality půdy a produktivity plodin (Brar et al. 2015).

Hnojivem je látka způsobilá poskytnout účinné množství živin pro výživu kulturních rostlin a lesních dřevin, pro udržení nebo zlepšení půdní úrodnosti a pro příznivé ovlivnění výnosu či kvality produkce. Novela zákona č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech nabyla účinnosti dne 23. ledna 2009. Novela vyšla ve Sbírce zákonů ve formě zákona pod číslem 9/2009 Sb. Novelou zákona došlo k úpravě terminologie hnojiv. Pojem hnojivo nyní již zastřešuje všechny kategorie hnojiv: minerální, organická, organominerální i statková. Nově jsou definována hnojiva kapalná (minerální, organická, organominerální) a tekutá (statková), a také sedimenty. Pojem statkové hnojivo je upraven tak, že za úpravu statkového hnojiva není považována mechanická separace kejdy ani přidávání látek snižujících ztráty živin nebo zlepšujících účinnosti živin (Ministerstvo zemědělství 2009).

Velmi významným faktorem je samotná přítomnost živin v půdě, která bývá souhrnně označována jako stará půdní síla. Na výživě rostlin se stará půdní síla podílí více než přímé dodání živin v hnojivech. Stará půdní síla se vytváří pravidelným hnojením i střídáním plodin v rámci osevního sledu. Udržení půdní úrodnosti jako předpokladu zajištění stabilních výnosů a kvality zajistíme přiměřenou náhradou odebraných živin organominerálním hnojením a správnými agrotechnickými zásahy. Při disproporcích je potřeba minerálními hnojivy upravit obsah a poměr živin v půdě. Týká se to živin, které jsou vázány jílovitohumusovým komplexem či jílovými minerály v půdě a kterými je možné hnojit do zásoby. Je to fosfor (P), draslík (K) a hořčík (Mg) (Svobodová & Kasal 2020).

Snížit negativní dopad „průmyslově vyráběných minerálních hnojiv“ na životní prostředí, jejich větším nahrazením organickými hnojivy, je dobrou volbou. Většina zemědělců by však v rozvojových zemích chtěla místo organických hnojiv používat chemická hnojiva hlavně proto, že se obávají, že by mohli přijít o příjmy, pokud místo chemických hnojiv použijí organická hnojiva. Od tohoto okamžiku musí tvůrci politik najít strategie, které by motivovaly zemědělce k používání organických hnojiv namísto chemických hnojiv (Wang et al. 2018).

3.1.2 Rozdělení organických hnojiv

Pojem hnojiva je vymezen v zákonu č. 156/1998 Sb. ve znění zákona č. 308/2000 Sb. Za hnojiva jsou považovány látky obsahující živiny pro výživu kulturních rostlin a lesních dřevin, pro udržení nebo zlepšení půdní úrodnosti a pro příznivé ovlivnění výnosu či kvality produkce.

Hnojiva rozdělujeme podle tří základních hledisek:

Podle účinnosti	Podle původu	Podle skupenství
a) hnojiva přímá	a) hnojiva minerální	a) hnojiva tuhá
b) pomocné látky	b) hnojiva statková	b) hnojiva kapalná

- **Hnojiva přímá** jsou látky, které obsahují jednu nebo více rostlinných živin, zpravidla ve větším množství, a to buď v minerální, nebo organické formě. Rostlinám poskytují makro- nebo mikroživiny a patří mezi ně hnojiva minerální a statková.
- **Pomocné látky** neobsahují rostlinné živiny ve větším množství, rostlinám tedy nedodávají živiny, ale umožňují zlepšit výživu úpravou životního prostředí nebo ovlivňují metabolismus rostlin tak, že rostliny dovedou využít větší množství živin na tvorbu výnosu.

Dělí se na:

- **Pomocné půdní látky** – látky bez účinného množství živin, které půdu biologicky, chemicky nebo fyzikálně ovlivňují, zlepšují její stav nebo zvyšují účinnost hnojiv.
 - **Pomocné rostlinné přípravky** – látky bez účinného množství živin, které jinak příznivě ovlivňují vývoj kulturních rostlin nebo kvalitu rostlinných produktů.
- **Hnojiva minerální** zahrnují všechny hnojivé látky vyráběné mimo zemědělský závod. Jsou to produkty především chemického, báňského a stavebního průmyslu i jiných závodů, jako jsou humusárny a výroby očkovacích látek. Hlavními zástupci této skupiny jsou koncentrovaná minerální hnojiva, která dělíme na jednosložková a vícesložková.
 - **Hnojiva statková** jsou hnojiva, která se vyznačují velkým objemem, jsou produkována v zemědělské prvovýrobě a dělí se na:
 - **Hnojiva stájová**
 - chlévský hnůj
 - kejda
 - močůvka
 - hnojůvka

- **Hnojiva ostatní**

- komposty
- zelené hnojení
- sláma na hnojení
- ostatní organická hmota.

➤ **Hnojiva tuhá** – minerální hnojiva jednosložková nebo vícesložková, která se podle velikosti částic dělí na:

- prášková (převládají částice menší než 1 mm)
- zrnitá (částice zpravidla 1 - 4 mm) a podle způsobu výroby mohou být krystalická nebo granulovaná.

➤ **Hnojiva kapalná** mohou opět být jednosložková nebo vícesložková, vyrábějí se jako čiré roztoky nebo suspenze a mohou se dále dělit na minerální hnojiva kapalná beztlaká, nízkotlaká a vysokotlaká.

Obdobně je možné provést i rozdělení statkových hnojiv na tuhá (chlévký hnůj) a tekutá (močůvka, hnojůvka, kejda) (Hlušek 2004).

3.1.3 Statková hnojiva

Hnojiva statková jsou hnojiva, která se vyznačují velkým objemem, jsou produkována v zemědělské prvovýrobě a dělí se na:

hnojiva stájová

- chlévký hnůj
- kejda
- močůvka
- hnojůvka

ostatní

- komposty
- zelené hnojení
- sláma na hnojení
- ostatní organická hmota.

(Hlušek 2004).

Za **statkové hnojivo** je v citovaném zákoně považován hnůj, hnojůvka, kejda, sláma, jakož i jiné zbytky rostlinného původu vznikající v zemědělské prvovýrobě, nejsou-li dále upravovány. Jedná se o hnojiva, ve kterých hlavní složku tvoří organické látky rostlinného nebo živočišného původu (sacharidy, celulóza, hemicelulóza, lignin, aminokyseliny, bílkoviny, auxiny aj.), které nelze v souvislosti se zvyšováním půdní úrodnosti nijak nahradit. Kromě těchto látek statková hnojiva obsahují také živiny (N, P, K, Ca, Mg aj.). Hlavní jejich význam spočívá tedy v tom, že z nich v půdě vzniká humus a půdní zásoba živin. Proto Škarda (1982) označuje statková hnojiva za jeden z hlavních výrobních prostředků našeho zemědělství, a to prostředkem získaným z vlastních zdrojů, který po staletí zúrodňuje půdu a zvyšuje její produktivnost.

Statková hnojiva jsou hnojiva objemová. Mají nízkou koncentraci živin a používají se, jak uvádí Baier & Baierová (1985), ve velkých množstvích na jednotku plochy (v tunách až desítkách tun na hektar). Dalším jejich obecným znakem je, že jimi vracíme do půdy značnou část živin odebraných z půdy pěstováním a sklizní zemědělských plodin.

Hlušek et al. (2003) uvádějí, že v důsledku změn v hospodaření na orné půdě v 90. letech min. století došlo i k poklesu stavů hospodářských zvířat (hlavně skotu) a tím i produkce a aplikace statkových hnojiv. Průměrná hustota dobytčích jednotek na 1 ha zemědělské půdy v roce 1990 byla 0,82 a do roku 2001 poklesla v podstatě na polovinu. Pro srovnání je uvedena situace v evropských zemích.

Tab. 1 Průměrné počty DJ.ha⁻¹ zemědělské půdy v evropských zemích (Eurostat 2019)

Země	DJ.ha ⁻¹	Země	DJ.ha ⁻¹
Belgie	3,18	Německo	1,1
Dánsko	1,61	Portugalsko	0,61
Finsko	0,61	Rakousko	0,81
Francie	0,84	Řecko	0,65
Irsko	1,68	Španělsko	0,44
Lucembursko	1,37	Švédsko	0,65
Nizozemí	3,82	Velká Británie	1,02
EU	0,9		

Pravidelné dodávání organické hmoty do půdy je v našich podmínkách základem každé soustavy hnojení i každého hnojařského plánu. V minulosti bylo často kladeno rovnítko mezi statkovými hnojivy (jejich množstvím a jakostí) a množstvím a kvalitou půdního humusu. Opakovaně se prokazuje, že tak jednoduchý tento vztah není. Závisí na vlastnostech půdy a na způsobu hospodaření. Nově vstupující organické látky do půdy ve formě statkových hnojiv působí na řadu procesů v půdě výrazněji než stabilizovaný humus. V orných půdách je vstup organických látek do půdy závislý na intenzitě výroby. Se stupňováním rostlinné produkce vstupy rostou, ale jejich struktura se mění. Organické látky v půdě ovlivňují řadu půdních vlastností. Mají přímý vztah k dynamice půdního dusíku (mobilizace, imobilizace), mohou ovlivnit akumulaci dusíku v půdě po hnojení minerálními hnojivy, jsou primárním zdrojem humusu, stabilizují poměr C:N aj. V souvislosti s účinností různých zdrojů organických látek je důležitá jejich perzistence v půdě, jak ukazuje tabulka 2 (Novák et al. 1991).

Tab. 2 Perzistence hlavních organických zdrojů v půdě. Poločas rozkladu (= mineralizace)

Zdroj	Minimum	Maximum	Průměr
Kořenové exkrety	2 dny	5 dnů	3 dny
Odumírající kořínky	4 dny	18 dnů	7 dnů
Odpad	6 dnů	50 dnů	15 dnů
Posklizňové zbytky	1 měsíc	40 měsíců	16 měsíců
Chlévský hnůj	2 měsíce	20 měsíců	7 měsíců
Kejda	5 dnů	60 dnů	20 dnů
Zelené hnojení	1 měsíc	4 měsíce	2 měsíce
Průmyslový kompost	20 měsíců	50 měsíců	35 měsíců

Minimum a maximum jsou závislé hlavně na teplotě a vlhkosti půdy. Vodnaté zbytky (pícnin a okopanin) mají krátký, suché zbytky (obilovin, řepky aj.) dlouhý poločas rozkladu. Průmyslový kompost se rozkládá v souladu se stabilizací surovin a produktu. Z výše uvedených důvodů jsou statková hnojiva nenahraditelná. Jde hlavně o to, aby byla po vyprodukování efektivně využívána. O produkci statkových hnojiv rozhoduje především výroba stájových hnojiv a ztráty na hmotě, se kterými dochází i ke ztrátám živin, zejména dusíku (Novák et al. 1991).

Tab. 3 Porovnání vývoje obsahu přístupných živin v letech 1990 – 2018 dle druhu pozemku (ÚZEI 2019)

Druh pozemku	Cyklus zkoušení	Přezkoušená výměra (ha)	pH	Vážené průměry přístupných živin mg.kg ⁻¹			
				P	K	Mg	Ca
Orná půda	1990 - 1992	2 727 315	6,4	108	279	178	3 216
	2005 - 2010	2 696 398	6,2	90	239	185	2 999
	2013 - 2018	2 168 259	6,2	92	253	196	3 032
	rozdíl	-559 056	0	-16	-26	18	-184

Tab. 4 **Obsah mikroelementů v nejdůležitějších druzích statkových hnojiv v mg.kg⁻¹**
(Neuberg et al. 1990)

Hnojivo	B	Cu	Mn	Mo	Zn
Chlévský hnůj	5 – 30	4 - 15	30 – 200	0,05 – 2,4	20 – 90
Kompost	10 – 30	5 – 20	100 – 200	0,20 – 0,4	30 – 80
Kejda skotu	10 – 30	30 – 60	100 – 150	3,00 – 8,0	80 – 100
Kejda prasat	26	55	70	2,0	400
Sláma	2 – 6	2 – 6	20 – 120	0,20 – 0,8	15 – 40
Zelené hnojení	1 - 6	3 – 8	30 - 80	0,30 – 1,0	3 – 8

Význam používání statkových hnojiv

Statková hnojiva jsou univerzálními hnojivy. Obsahují kromě organických látek všechny rostlinné živiny a některé z nich i mikroorganismy a řadu biologicky aktivních látek. Jsou to hnojiva objemná s nízkým obsahem živin a vysokým obsahem vody a půda po delší dobu jimi nehnojená ztrácí svou úrodnost a klesají výnosy. Statková hnojiva umožňují lepší využití živin z minerálních hnojiv i z půdní zásoby. Statkovými hnojivy dodáváme do půdy asi 30 % N, P, K, Ca, Mg potřebných ke tvorbě výnosů. Jsou zdrojem živin, energie i uhlíku pro půdní mikroorganismy, podmiňující biologickou činnost půdy. Ovlivňují agrochemické vlastnosti půd, sorpční a iontovýměnné procesy v půdě. Humusové látky vykazují vysokou sorpční schopnost pro živiny (6 – 7x vyšší než koloidy minerální). Statková hnojiva dodávají půdě schopnost lépe jímat vodu a pomáhat tak rostlinám překonávat období sucha. Statková hnojiva ovlivňují další půdní vlastnosti, jako je tvorba drobtovité struktury, úprava poměru vzduchu a vody v půdě, zvýšení sorpční schopnosti a ústojčivosti půdy. Statková hnojiva mají příznivý vliv na obsah přijatelného fosforu v půdě a mohou působit pozitivně na detoxikaci cizorodých prvků (Hlušek 2004).

Organická hmota

I když je organická hmota přítomna v malém množství, má zásadní vliv na fyzikální a chemické vlastnosti půd. Jak se štěpí, uvolňuje živiny ve formě, kterou lze přijmout rostlinami a plodinami. Organická hmota také pomáhá vázat částice půdy dohromady a zlepšuje jejich kapacitu a zadržování vody. A co je důležitější, odpovídá za fyzikální a ekologickou stabilitu půdy. Když se do půdy přidá rostlinný materiál nebo zvířecí hnůj, nezůstává v původní podobě dlouho. Okamžitě je napaden řadou různých půdních organismů a prochází složitou sérií biochemických kroků vedoucích nakonec k jeho úplnému rozpadu (Gurung 1997).

Tab. 5 Průměrný přívod organických látek do orné půdy (Klír 2019)

Hnojiva, upravené kaly	Přívod	Org. látky	Uhlík	Dusík	Poměr C : N	Org. látky t/ha o.p.
	mil. t					
Hnůj, drůb. podestýlka	9,67	1,654	0,86	0,066	13	0,66
Kejda, suš. drůbeží trus	2,73	0,176	0,092	0,012	8	0,07
Digestát	7,54	0,332	0,173	0,04	4	0,13
Kompost	0,1	0,024	0,012	0,001	23	0,01
Upravené kaly	0,04	0,025	0,013	0,002	8	0,01
Sláma obilnin	1,96	1,568	0,815	0,01	83	0,63
Sláma luskovin	0,06	0,05	0,026	0,001	33	0,02
Sláma olejnin	2,34	1,872	0,973	0,016	59	0,75
Chrást, nať	1,62	0,162	0,084	0,006	13	0,06
Zelené hnojení	1,00	0,1	0,052	0,003	17	0,04
Přívod celkem	27,07	5,962	3,1	0,157	20	2,38
Potřeba		4,45				1,78
Bilance		1,512				0,6

3.1.4 Minerální hnojiva

Hnojiva minerální zahrnují všechny hnojivé látky vyráběné mimo zemědělský závod. Jsou to produkty především chemického, báňského a stavebního průmyslu i jiných závodů, jako jsou humusárny a výroby očkovacích látek. Hlavními zástupci této skupiny jsou koncentrovaná minerální hnojiva, která dělíme na:

jednosložková – obsahují jednu živinu jako hlavní. Mohou obsahovat také doprovodné ionty (např. Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , SO_4^{2-} , Cl^-), popř. mikroelementy. Dělí se na hnojiva dusíkatá, fosforečná, draselná, vápenatá a hořečnatá.

vícesložková – hnojiva s obsahem minimálně dvou nebo více hlavních živin, mohou obsahovat doprovodné ionty a mikroelementy. Podle obsahu živin se dělí na hnojiva

- dvojitá s obsahem 2 hlavních živin (NP, NK, PK)
- trojitá (plná)
- mikrohnojiva
- s obsahem mikroelementů
- zvláštní skupinu tvoří hnojiva se sírou

Podle způsobu výroby rozlišujeme vícesložková hnojiva **smíšená** (vyrábí se mechanickým mísením jednosložkových hnojiv a nacházejí se buď v práškové formě, nebo se granulují) a **kombinovaná** (vyrábí se chemickými pochody z původních surovin) (Hlušek 2004).

3.1.5 Odpadní hmoty

Lidskou činností vzniká velké množství produktů, které slouží k přímé spotřebě, případně k dalšímu zpracování. Je skutečností, že s vyšší životní úrovní se také zvyšuje množství odpadů, které mohou nepříznivě ovlivňovat životní prostředí. Zemědělská výroba byla vždy charakteristická tím, že bylo snahou hospodářů využít i vedlejší produkty (plevy, chrást aj.) (Vaněk et al. 2016).

Zvláštní pozornost je věnována komunálním odpadním vodám, jejich charakteristikám a nezbytnému čištění. Diskutuje se také o ohledech na životní prostředí a lidské zdraví při opětovném použití odpadních vod, zejména v zemědělství (Abu-Zaid 1998). Využívání odpadních vod v zemědělství se vyskytuje častěji kvůli nedostatku vody a růstu populace (Carr et al. 2004).

V posledních desetiletích došlo v mnoha zemích prvního světa k významné změně ve složení městských organických odpadních produktů, a to díky čistším technologiím. Společenské vnímání organického městského odpadu je však stále negativnější, což vede k rozšířenému prosazování spalování (Poulsen et al. 2013).

Odpadní hmoty využívané v zemědělství

Jednou ze základních priorit zastávaných Evropskou unií (EU) v rámci společné zemědělské politiky je udržitelný rozvoj zemědělství. V intencích tohoto principu je preferováno mimo jiné využívání obnovitelných zdrojů v zemědělství. Mezi tyto zdroje lze řadit také některé odpady, které se za určitých podmínek dají využít v zemědělství, neboť mají takové vlastnosti, které je k tomuto předurčují. Také odpadová politika EU potlačuje ukládání odpadů na skládky, podporuje bránění vzniku odpadů, jejich minimalizaci, recyklaci a využití.

V rámci Plánu odpadového hospodářství České republiky je jednou z priorit využití odpadů, které vykazují obsah organické hmoty, nebo mohou sloužit jako zlepšující materiál, na zemědělskou půdu. Jedná se zejména o:

- upravené kaly z čistíren odpadních vod,
- sedimenty z rybničních ploch a nádrží,
- masokostní a kostní moučky,
- digestáty vzniklé při anaerobní digesci s výrobou bioplynu (Budňáková 2005).

3.2 Kejda

Kejda je směsí tekutých a tuhých výkalů v poměru 2:1 s příměsí zbytků krmiv a technologické vody 25 %. Svým původem a složením je kejda určena ke hnojení. Zúrodňuje půdu, zvyšuje její produktivnost, a to v kombinaci se slámou, zeleným hnojením či v trojkombinaci těchto komponent. V současné době představují odpady z živočišné výroby v České republice produkci cca 9 milionů tun kejdy. Jde o produkci, na níž se podílí z 50 % chov prasat, ze 45 % chov skotu a z 5 % chov drůbeže (Stupka et al. 2013).

Rozvoj intenzivní živočišné výroby přispěl k vyšším standardům technologií v zemědělství. V průmyslových farmách je rozšířen systém živočišné výroby bez podestýlky, který je zodpovědný za tvorbu živočišného odpadu ve formě kejdy. Obrovské množství zvířecích exkrementů vyžaduje řádné hospodaření s cílem chránit životní prostředí (Smurzyńska et al. 2016).

3.2.1 Popis

Dle Metodiky pro zavádění výsledků výzkumu do zemědělské praxe je kejda směs tuhých výkalů a moče s velmi rozdílným podílem vody, popř. s nežádoucí příměsí zbytků krmiva (suspenze pevných výkalů v moči a technologické vody) (Neuberg 1985).

Obecně hnojení kejdou zvyšuje výnosy pěstovaných rostlin, koncentraci organického uhlíku a celkového dusíku v půdách (Gonet & Debska 2006).

Zvířecí kal obsahuje rostlinné živiny, které jsou nezbytné pro rostlinnou výrobu. Intenzivní živočišná výroba však může vést k přebytku rostlinných živin na farmách a v důsledku toho k vypouštění nebo emisím do životního prostředí (Hjorth et al. 2011).

Tab. 6 Průměrná denní a roční produkce kejdy dle druhů zvířat (kg /t/DJ) (Šprysl 2001)

Druh hosp. zvířete	Denní produkce (kg)	Roční produkce (t)
Skot	50	18 - 22
Telata	65	24
Prasata	40 – 70	15 - 26
Drůbež	50 - 100	18 - 36

Tab. 7 Roční produkce kejdy, obsah organických látek (OL) a živin v kejdě (Vaněk et al. 2016)

Kejda	Roční produkce (t/DJ/rok)	Obsah živin v čerstvém stavu (%)						
		sušina	OL	N	P	K	Ca	Mg
Skotu	21	7,8	6	0,32	0,07	0,4	0,14	0,04
Prasat	19	6,8	5,3	0,5	0,13	0,19	0,24	0,04
Drůbeže	31	11,8	8,1	0,96	0,28	0,32	0,94	0,06

Tab. 8 Průměrná roční produkce statkových hnojiv a technologických vod¹⁾, při průměrné spotřebě steliva, v přepočtu na jednu dobytčí jednotku (1 DJ = 500 kg živé hmotnosti) (Příloha č. 1 k vyhlášce č. 377/2013 Sb.)

Druh a kategorie zvířat	Ustájení s produkcí kejdy nebo drůbežního trusu				Ustájení s produkcí hnoje, bez produkce močůvky				
					hluboká podestýlka		pravidelný odklíz chlívské mrvy		technologické vody ⁵⁾
	neřaděná kejda, drůbeží trus		řaděná kejda ²⁾ , vč. technologických vod ³⁾		stelivo	hnůj ⁴⁾	stelivo	hnůj ⁴⁾	
t/rok	% suš.	t/rok	% suš.	kg/den	t/rok	kg/den	t/rok	t/rok	
Telata	19	7,4	23,7	5,9	7,9	13,3	6	12,7	1
Jalovice, býci	13,5	10,5	15,4	9,2	8,5	11,8	6	11	1
Krávy dojené	14,4	10	20	7,2	8,5	12,4	6	11,6	5,6
Skot bez tržní produkce mléka					8,5	11,5			
Předvýkrm prasat	21	6,5	29	4,7	15	18,9	12,5	18,1	5
Výkrm prasat, prasníčky	12	8	16	6	8	9,6	3,5	8,2	4
Prasnice	10	6,9	15	4,6	6	8,1	2,3	7	4,5
Ovce, kozy					7	7,8	5,5	7,4	
Koně					6	7,2	3	6,3	
Drůbež - čerstvý trus	9,4	28							0,8
- uleželý trus	6,3	32							0,8
- sušený trus	2,8	73							0,8
-podestýlka					2,1	5,9	0,8	5,5	0,8

¹⁾ Technologické vody vznikající v souvislosti s procesem dojení, při napájení zvířat a očištění stájí.

²⁾ Při odlišném obsahu sušiny se produkce kejdy úměrně přepočte.

³⁾ Technologické vody z dojírny, mléčnice a přilehlých prostor (roční produkce 4,2-5,6 t/DJ, tj. 15-20 litrů na krávu a den) mohou být skladovány samostatně. Technologické vody vznikající při očištění stájí a při napájení zvířat (roční produkce 0-1,4 t/DJ, tj. 0-5 litrů na krávu a den) jsou skladovány společně s kejdou.

⁴⁾ Při odlišné spotřebě steliva se produkce hnoje úměrně přepočte (1 kg steliva na 1 DJ za den = 0,3 t hnoje na 1 DJ za rok).

⁵⁾ Technologické vody s obsahem 1 % sušiny a 0,9 kg dusíku na tunu (N/t).

Tab. 9 Průměrný přívod živin¹⁾ ve statkových a organických hnojivech (Příloha č. 3 k vyhlášce č. 377/2013 Sb.)

Hnojiva		Průměrný obsah sušiny %	Průměrný přívod živin		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
			kg/t		
Statková hnojiva					
Hnůj skotu	telata, jalovice, býci	22	6,5	4	7,6
	krávy dojené	22	6,9	4	7,6
	směs hnoje od více kategorií skotu	22	6,7	4	7,6
	skot bez tržní produkce mléka	22	5,6	2,1	5,7
Močůvka skotu a hnojůvka		1,3	1,5	0,2	2,1
Hnůj prasat	předvýkrm	24	5,5	8,8	7
	výkrm, prasničky, prasnice	24	8,5	8,8	7
Močůvka prasat a hnojůvka		1,2	2,2	0,5	2,1
Hnůj koňský		30	5,2	3,5	8,7
Hnůj ovcí a koz		32	8,9	5,4	17,7
Kejda skotu	telata	5,9	3,7	1,5	3
	jalovice, býci	9,2	3,9	1,9	3,8
	krávy dojené	7,2	3,8	1,6	3,1
	směs kejdy od více kategorií skotu	7,3	3,9	1,6	3,1
	tekutá část po separaci (fugát)	5,8	3,9	1,6	3,2
	tuhá část po separaci (separát)	21	4,2	1,7	2,5
Kejda prasat	předvýkrm	4,7	3,1	2,5	2
	výkrm, prasničky	6	4,8	3,1	2,6
	prasnice	4,6	4	2,4	1,5
	směs kejdy od více kategorií prasat	5,3	4,3	3	2,1
	tekutá část po separaci (fugát)	3,4	4,1	2,4	2
	tuhá část po separaci (separát)	27	6,6	9,7	2,9
Drůbeží trus	čerstvý	28	18,5	12,8	8,9
	uleželý	32	19	14,6	10,2
	sušený	73	35	33,3	23,2
	s podestýlkou	42	20,4	18,8	15,2
Hnůj králíků		29	7,9	6,2	10,4
Kejda králíků		18	4,1	4,1	4,2
Silážní šťávy ředěné		2,1	1,3	0,7	2,5
Organická hnojiva					
Kompost ze statkových hnojiv		40	5,5	4,5	6,1
Digestát ze zemědělské BPS		5,8	5,3	1,6	3,5
Tekutá část po separaci digestátu (fugát)		3,9	5,1	1,4	3,4
Tuhá část po separaci digestátu (separát) nebo tuhý digestát		23	6,8	3	4,5

¹⁾ Přívod živin ve statkových hnojivech je uveden k termínu jejich použití, tedy po odpočtu ztrát živin ve stájích a při skladování statkových hnojiv. Při odlišném obsahu sušiny u tekutých statkových hnojiv se obsah živin úměrně přepočte. Pokud je k dispozici rozbor obsahu živin, použijí se hodnoty tohoto rozboru.

3.2.2 Uplatnění kejdy a její formy aplikace

V intenzivní živočišné výrobě, je produkce kejdy ve větší míře vnímána jako cenný zdroj živin pro rostliny. Nesprávná aplikace hnojiv a jiného organického materiálu při hnojení půdy může způsobit ohrožení životního prostředí, včetně čistoty vod a půdy (Gaj et al. 2018).

Správně vyrobená a ošetřená kejda je velmi významným zdrojem rostlinných živin, při správné aplikaci zvyšuje půdní úrodnost. Aplikace kejdy na povrch půdy, zejména při použití širokého rozstříku nebo aplikačních děl, je spojena s významnou ztrátou živin, zejména ve formě amoniaku. Proto je vhodná aplikace, nebo alespoň následné zaorání, kejdy do půdy. Vhodné technické prostředky pro přesnou aplikaci snižují úniky živin a zápachu.

Nejpoužívanější aplikátory

K použití kejdy pro obohacení jiného materiálu, nebo pro aplikaci hnojiva přímo do půdy, slouží kejdovač. Kejdovače od různých výrobců mohou mít odlišné typy aplikátorů. Tyto prvky mají zajistit rovnoměrnou aplikaci, která vede k lepšímu využití kejdy.

- Hadicové kejdovače
- Rozstříkovací kejdovače
- Povrchové kejdovače
- Aplikační děla (Tutsch 2020).

3.3 DAM 390

3.3.1 Popis

Jedná se o vodný roztok dusičnanu amonného a močoviny, s průměrným obsahem 30 hmotnostních % dusíku, z toho 1/4 N nitrátového, 1/4 N amonného a 1/2 N amidového. Objemová hmotnost je $1,3 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}$, 100 l hnojiva tedy obsahuje 39 kg N. Je složen ze 42,2 % NH_4NO_3 a 32,7 % $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$.

V seznamu povolených hnojiv je toto hnojivo zaregistrováno od různých, našich i zahraničních, výrobců s různými názvy výrobků, i když se jedná o zcela identický výrobek, co se týká chemického složení.

Z Německa se k nám dováží:

AHL 27 % N Kapalné dusíkaté hnojivo DAM

AHL 28 % N Kapalné dusíkaté hnojivo DAM

AHL 30 % N Kapalné dusíkaté hnojivo DAM.

3.3.2 Uplatnění DAMu a jeho formy aplikace

DAM má korozivní účinky, je silně agresivní na měď, její slitiny a beton, slabě agresivní je na uhlíkatou ocel. Odolná je nerezová ocel, polyetylén, PVC a sklolaminát. Je to čirá kapalina, netěká, nevyžaduje tlakové nádoby. Používá se neředěný k základnímu hnojení obilovin na jaře i na podzim. K přihnojování obilovin během vegetace se používá rovněž koncentrovaný roztok. Je zde sice určité nebezpečí popálení rostlin, ale jeho ředění s vodou poškození rostlin většinou snížilo. S ohledem na možné popálení rostlin ho není vhodné používat k brzkému jarnímu přihnojování ozimů, zvláště v období nízkých teplot, a dále u obilovin po vymetání, kdy je nebezpečí poškození klasu a vrchních listů. Dále je vhodný k přihnojování kukuřice, brambor a ozimé řepky. K cukrovce, vojtěšce a jeteli se nedoporučuje za vegetace pro nebezpečí silného popálení listů. Před setím se doporučuje použití s herbicidy, čímž přináší úsporu času, práce a nákladů. Slouží také jako složka při výrobě kapalných vícesložkových hnojiv. K aplikaci je možno použít všechny aplikátory, které jsou upravené k aplikaci DAM 390 (vyměněny součástky z barevných kovů a ocelové nádrže za sklolaminátové). Účinnost hnojení můžeme při základním hnojení zvýšit včasným zapravením do půdy nebo vláčením (Hlušek 2004).

3.4 Kukuřice setá (*Zea mays L.*)

3.4.1 Úvod a historie

Kukuřice je jednou z nejintenzivnějších plodin, ve smyslu agrotechnickém má blíže k okopaninám než k obilninám. To platí i v nárocích na stanovištní podmínky. Z hlediska nároku na vodu se řadí k velkým spotřebitelům (po pšenici a slunečnici), ale mnohem lépe s ní hospodaří (vzhledem k produkci hmoty) (Neuberg & Hrozinková 1990).

Kukuřice (*Zea mays L.*) pochází z trávy teosinte (*Zea mays L. spp Mexicana*) ze západní polokoule v době asi před 7.000 až 10.000 lety. Kukuřice byla široce pěstována domorodými Američany (např. to byla první plodina v Severní Dakotě) v USA během let 1600 a 1700 (Hallauer & Carrena 2009).

3.4.2 Význam a uplatnění

Význam kukuřice pro lidstvo je zřejmý z toho, že se dnes pěstuje v pěti světadílech. Objevením Ameriky se stala plodinou celého světa a spolu s pšenicí a rýží je nejdůležitější obilninou ve výživě lidí, dnes i významnou krmnou, průmyslovou a energetickou plodinou. Z porovnání osevních ploch, celkové sklizně a výnosů těchto tří hlavních obilnin vyplývá, že kukuřice je nejen nejproduktivnější, ale poskytuje zároveň nejlepší předpoklady pro další růst svých výnosů. Kdyby se totiž pěstovala kukuřice v podmínkách jako rýže (uměle zavlažovaná), byla by její celková sklizeň přibližně dvojnásobná (Zimolka 2008).

Významná část produkce kukuřice se používá ke krmení zvířat, další část se využívá jako surovina nového oboru fytoenergetiky, ať už při produkci bioplynu či bioetanolu. Kukuřice se objevuje v kulinářství k přípravě corn-flaků, popcornu. Dále zmínku o kukuřici můžeme najít v oblasti papírnictví, farmacii, škrobárenství, gumárenství, barev a laků, kosmetice, využívá se při výrobě coca-coly a samozřejmě whisky (Kintl 2019).

Využití

Kukuřice se běžně krmí hospodářským zvířatům, vyrábí se z ní široká škála produktů pro potraviny, snídaňové cereálie a dále je využívána v průmyslu a pivovarnictví (Dowswell et al. 1996).

Při rozhodování, jaký hybrid vybrat, je nutné se soustředit především na účel využití. Existují dva základní užitkové směry pěstování kukuřice: na siláž a na zrno. I když využití na siláž hodně převažuje, trendem je zvyšování ploch kukuřice pěstované na zrno. Vedlejšími směry jsou využití pro produkci obnovitelných zdrojů (bioplyn, bioetanol), v potravinářství a v průmyslu (Loučka et al. 2015).

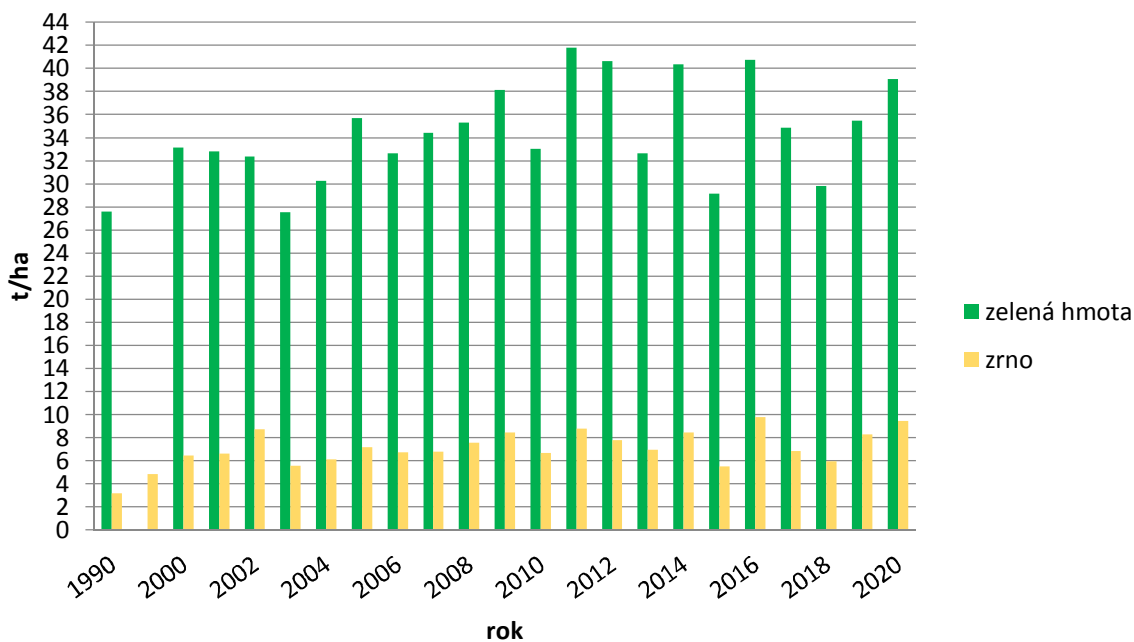
Označování kukuřice číslem FAO

Pro lepší orientaci se u každého hybridu kukuřice uvádí i tzv. číslo FAO. Tento údaj udává přibližnou délku vegetace dané kukuřice. Čím je číslo nižší, tím potřebuje rostlina k dozrání méně dnů. Podle ranosti se doporučují pro bramborářskou oblast nejranější hybridy

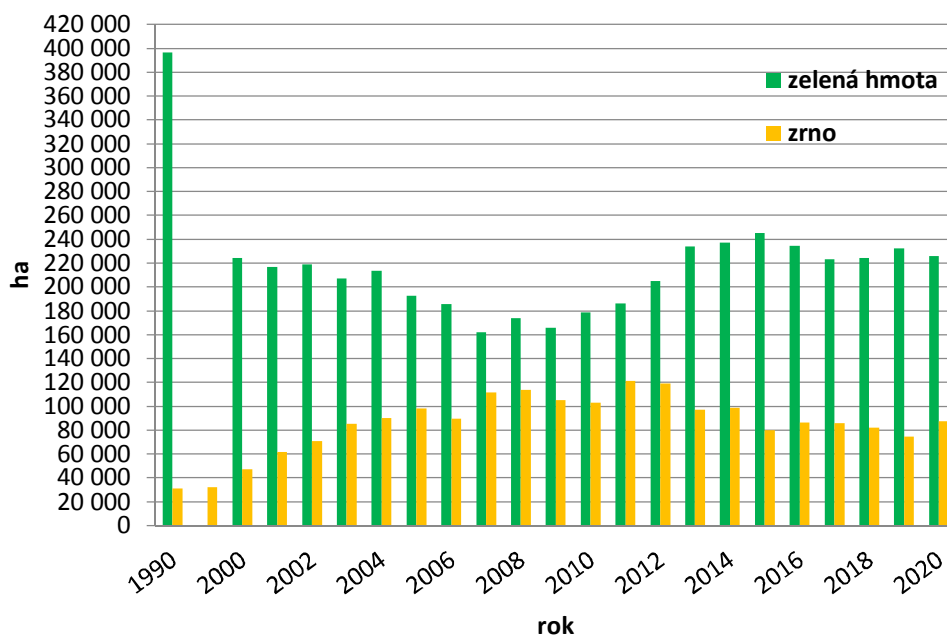
(FAO 160 – 250), pro řepařskou hybridy skupiny FAO 250 – 300, v teplejší řepařské i hybridy pozdější. V kukuřičné oblasti lze pěstovat hybridy skupiny FAO 300 – 400 (Šuk et al. 1998).

Obecně se doporučuje zasít v jednom podniku hybridy v rozmezí cca třiceti jednotek FAO. Je to z důvodu sklizně, aby v den rozjetí silážní linky nebyly na všech polích stejně zralé hybridy, ale aby dozrávaly s postupující sklizní (Tyrolová & Výborná 2008).

Graf 1 Výnos zelené hmoty a zrna (v t/ha) v České republice v letech 1990 až 2020 (ČSÚ 2020)



Graf 2 Výměra kukuřice na siláž a na zrno (v ha) v České republice v letech 1990 až 2020 (ČSÚ 2020)



Z grafu 1 je patrný pozvolný nárůst průměrných výnosů zelené hmoty v 1. dekádě 21. století (z 30 na 40 t/ha), který lze přičíst jak zvyšování úrovně pěstování, tak novým hybridům. Zvýšený výnosový potenciál silážní kukuřice je však v posledních letech výrazně limitován průběhem počasí a zejména pak nedostatkem srážek.

Opačný trend lze pozorovat ve vývoji ploch kukuřice na zrno. V letech 1990 až 2000 činila průměrná výměra 33.000 ha (27.000 – 45.000 ha). V posledních 20 letech pak osevní plochy oscilují okolo 90.000 ha (70.000 – 110.000 ha). Průměrné výnosy zrnové kukuřice se v posledních dvou dekádách pohybují na úrovni 7 t/ha a oproti roku 1990 jsou více než dvojnásobné. Podobně jako u silážní kukuřice jsou však výrazně ovlivněny ročníkem. Celková roční sklizeň kukuřice na siláž se od devadesátých let až do současnosti pohybovala v rozmezí 5,9 – 10,5 mil. tun. Sklizeň zrna se postupně navyšovala z 140.000 t až na 1 mil. t; v posledních pěti letech je na úrovni okolo 600.000 t (Fuksa 2020).

Tab. 10 Porovnání ploch kukuřice v České republice (v ha) (Český statistický úřad)

Plodina	1980	2008	2018	2020
Kukuřice na siláž	281 981	179 777	223 829	234 742
Kukuřice na zrno	24 304	107 899	82 127	78 643

Přibližně 60 % celosvětové produkce je určeno pro krmivářský sektor. Také více než polovina kukuřičné výměry je pěstována v Číně, USA, Brazílii a EU. Významné množství kukuřice, konkrétně 144 milionů tun, je použito pro výrobu bioetanolu, který je zdrojem obnovitelné energie a 100 % bio (Soare & Dobre 2016).

3.4.3 Morfologie a biologie

Jedná se o jednodomé robustní trávy vysoké nejčastěji 1 – 3 m s listy plochými a širšími než 4 cm. (Kubát et al. 2002).

Kukuřice je rostlina jednodomá, má samčí i samičí květenství na jedné rostlině. Samčí květenství je lata a nachází se na vrcholu rostliny. Klásky jsou dvoukvěté, jeden z nich je přisedlý, druhý je na stopce. Samičí květenství je tvořeno palicí, což je přeměněný klas, jehož vřeteno je ztlustlé, v jeho jamkách sedí klásky seskupené do podélných řad. Kukuřice je rostlina cizosprašná. Kořenový systém je svazčitý, druhotně vyrůstají kořeny i na nejnižších kolénkách stébla (Capouchová 2018).

Plodem kukuřice je obilka. Je různé velikosti, tvaru i barvy a podle těchto znaků rozlišujeme tyto convariety:

kukuřice obecná (*Z. m. convar. indurata* STURT., syn. *Z. m. convar. Vulgaris* KORN.)

kukuřice koňský zub (*Z. m. convar. indentata* STURT., syn. *Z. m. convar. dentiformis* KORN.)

kukuřice pukancová (*Z. m. convar. everta* STURT., syn. *Z. m. convar. microsperma* KORN.)

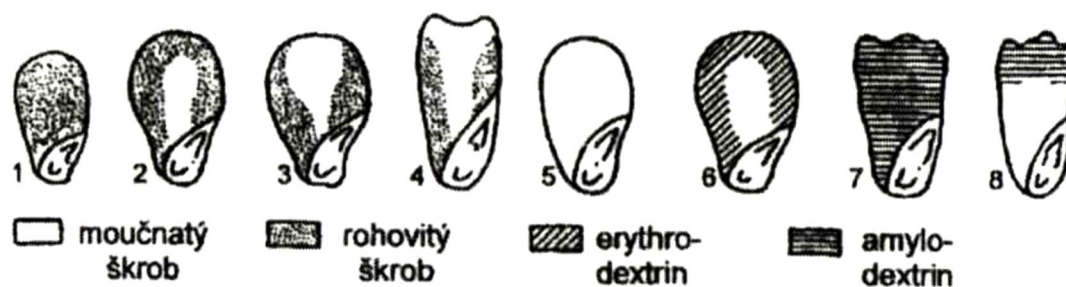
kukuřice cukrová (*Z. m. convar. saccharata* STURT.)

kukuřice škrobnatá (*Z. m. convar. amylacea* STURT.)

kukuřice polozubovitá (*Z. m. convar. aorista* GREBENŠČ., syn. *Z. m. convar. semiidentata* KULESCH.)

kukuřice vosková (*Z. m. convar. ceratina* GREBENŠČ.)

kukuřice pluchatá (*Z. m. convar. tunicata* STURT, syn. *Z. m. convar. cryptosperma* BONAF.)



1 microsperma 3 aorista 5 amylacea 7 saccharata
2 vulgaris 4 dentiformis 6 ceratina 8 amylosaccharata

Obr. 1 Stavba zrna různých forem kukuřice

Dnes je kukuřice pěstována ve více státech než jakákoli jiná plodina. Největšími pěstiteli kukuřice jsou Spojené státy americké, Brazílie, Čína a země Evropské unie. Ve Spojených státech amerických se ročně vypěstuje polovina veškeré kukuřice, což ročně překračuje dohromady objem vypěstované pšenice, rýže, žita, ova, krup i čiroku (Kintl 2019).

3.4.4 Agrotechnika pěstování kukuřice

Do osevního postupu by kukuřice, vzhledem k velkým požadavkům na dusík, měla být zařazována po zlepšujících plodinách, zvláště luskovinách. Také zařazení po okopaninách hnojených organickými hnojivy je vhodné. V klimaticky vhodných plochách je její pěstování výhodné po krmných plodinách zaoraných (po 1. seči) nebo po ozimé mezplodině. Nejčastěji se kukuřice zařazuje po hustě setých obilovinách. Podíl kukuřice v osevním postupu by neměl překročit 10 %. Po kukuřici následují nejčastěji obiloviny. Ozimé jen tehdy je-li čas na přípravu půdy a dodržení agrotechnického termínu setí. Kukuřici je možné pěstovat i v monokultuře. Na podzim se zpracování půdy řídí podle předplodiny a může mít více variant. Po obilovině je to zpravidla podmítka a orba, kterou se zapraví chlévský hnůj a P K hnojiva. Podle půdy a podmínek je možné zvážit minimalizaci zpracování nebo variantu bez orby. Jarní příprava půdy spočívá především v urovnání pozemku, omezení ztráty vody a ve snížení zaplevelenosti pozemku. Kypření před setím se provádí jen do hloubky výsevu. Nevýhodou je přitom přílišné rozdrobení půdy, zvýšení náchylnosti k erozi a tvorbě půdního škraloupu a poškození půdní struktury. Termín setí závisí na teplotě půdy (obvykle počátkem května). Na ha se vysévá přesný počet klíčivých zrn, který se v závislosti na hybridu pohybuje

od 60 do 110 tisíc jedinců na 1 ha. Průměrná redukce počtu rostlin od setí do sklizně je 15 - 20 %. S tím je potřebné u výsevu počítat. Obvykle se volí vzdálenost řádků 0,70 - 0,75 m. Při pěstování na siláž je možné volit i vzdálenost řádku 0,50 m. Hloubka výsevu se pohybuje od 50 - 80 mm, a to podle půdy a velikosti kalibrovaného zrna. Proti vyhrabávání a vyzobávání ptáky se doporučuje hloubka setí 6 - 9 cm (Moudrý 2016).

Kukuřice přijímá velké množství živin. Při hnojení se vychází z průměrné spotřeby živin v kg na 1 tunu zrna a odpovídající zbývající části rostlin:

25 - 30 kg N; 4,5 - 7,0 kg P; 23 - 29 kg K; 4,5 - 7,5 kg Ca a 3,6 - 6,0 kg Mg.

Kukuřice výborně využije všechny formy organického hnojení. Podle druhu předplodiny může být před setím aplikována kejda (až 30 m³. ha⁻¹) a chlévský hnůj (30 - 50 t/ha). Vhodné je i zelené hnojení nebo rozdrčená sláma s dávkou 30 - 40 kg N/ha při zaorání. Dobře je využívána i močůvka, která je do půdy vpravována speciálními zařízeními (meziřádkové, botkové apod.). Na základě různých let a hybridů byla stanovena u přímého hnojení naturální produkce na úrovni 25 kg zrna na 1 kg NPK. Draselná a fosforečná hnojiva je nejlépe zapravovat na podzim při zpracování půdy. Dusíkatá hnojiva aplikujeme na jaře jednorázově před setím nebo volíme dělení dávky na dávku před setím a v době vegetace do fáze 5. - 7. listu (Moudrý 2016).

Tab. 11 **Vliv dávky dusíku na výnosové parametry kukuřice – na půdách dobře zásobených živinami** (Vaněk et al. 2016)

Dávka N kg N/ha	Počet palic kusy/m ²	Počet zrn v palici		Hmotnost 1000 semen		Výnos zrna	
		kusy	%	g	%	t/ha	%
0	8,95	302	100	265	100	7,17	100
109	9,07	369	122	293	110	9,8	137
159	9,06	382	126	300	113	10,38	145
209	9,03	396	131	294	110	10,5	146

Druhy sklizně kukuřice

- **Sklizeň celých rostlin kukuřice** – jedná se o klasickou sklizeň, kdy se získá řezanka z celé rostliny.
- **Sklizeň se zvýšeným strništěm** – při tomto způsobu sklizně se kukuřice poseká ve výšce 30 – 50 cm. Tímto jednoduchým způsobem se získá energeticky koncentrovanější krmivo než při sklizni celých rostlin.
- **Sklizeň metodou LKS** (Lieschen Kolben Schrott) – z rostliny jsou vylomeny a hrubě pošrotovány celé palice i s listy.

- **Sklizeň metodou CCM** (Corn Cob Mix) – jedná se o krmivo s vysokým energetickým obsahem, a to směs zrna a části vřetene.

- **Sklizeň vlhkého zrna**

V posledních letech je velmi oblíbenou metodou konzervace tzv. vlhké zrna kukuřice. Při této metodě skladování je kukuřičné zrna sklizeno kombajnem přibližně tři týdny před plnou zralostí, když má zrna vlhkost 30 – 40 %. Zrna je pak možné konzervovat jako:

- **Šrotované vlhké zrna** lisované do PE vaku nebo naskladněné do železobetonových i ocelových sil.
- **Mačkané (krimpované) zrna**
Vlhké zrna je namačkáno (krimpováno) mačkačem a silážováno většinou v PE vacích.
- **Vlhké zrna konzervované louhováním** (soda grain)
Při tomto způsobu konzervace se smíchá louh sodný se zrnem a vodou. Proběhne bouřlivá exotermická reakce. Obaly zrna popraskají, na povrchu zrna se vysráží škrob a louh se přemění na bikarbonát sodný. Louhování je možné uskutečnit v míchacím voze. Takto ošetřené zrna je možné uchovat 3 – 6 měsíců.
- **Skladování vlhkého zrna** v atmosféře oxidu uhličitého.
- **Vlhké zrna ošetřené organickými kyselinami** a uskladněné v aerobních podmínkách (Tyrolová & Výborná 2008).

3.4.5 Plevel

Nezanedbatelné ztráty na výnosech kukuřice způsobují plevel. Celosvětově jsou plevel považovány za stěžejní problém zemědělské výroby. Jedno ze základních rozdělení plevelů je podle délky jejich života. Plevel rozdělujeme na jednoleté druhy, které prožívají pouze jedno vegetační období, a druhy víceleté (vytrvalé), které mají vegetačních období více. Vytrvalé druhy jsou dále rozdělovány podle převažujícího způsobu rozmnožování (Winkler & Chovancová 2019).

Plevel jsou nežádoucí rostliny, které hrají velmi důležitou roli v různých ekosystémech, a mnohé z nich způsobují obrovské přímé a nepřímé ztráty. Mezi tyto ztráty patří interference s pěstováním plodin, ztráta biologické rozmanitosti, ztráta potenciálně produktivních pozemků, ztráta pastvin a živočišné výroby. Vzhledem k tomu, že plevel způsobuje téměř 45 % celkových ztrát, je třeba snahy o omezení hrozby zaplevelení a

zachování produkce. Likvidace plevelů odebírá téměř jednu třetinu celkových nákladů na produkci polních plodin (Gnanavel & Natarajan 2014).

Úspěch integrovaného řízení zaplevelení závisí na sladění strategií kontroly s konkrétním problémem plevelů v poli. To vyžaduje nejen informace o tom, jaké druhy plevelů a kolik z těchto plevelů je v dané oblasti přítomno, ale také znalosti o distribuci plevelů v celé oblasti a o stádiu jejich vývoje. Doporučení pro kontrolu plevele obvykle poskytují informace o vhodných metodách zpracování půdy a o výběru herbicidů (Buhler & Hartzler 1997).

Informace týkající se výskytu plevelů, které se obvykle zakládají na těchto poznatcích, nejsou dostatečně podrobné, aby optimalizovaly účinnost těchto strategií. Informace o populacích plevelů lze zlepšit zvýšenou kontrolou výskytu plevelů na poli. Na tuto činnost však během jarní sezóny vlivem četnosti polních prací nezbývá tolik prostoru (Karlen et al. 2001).

Kukuřice má v počátečních obdobích růstu velmi slabou konkurenční schopnost proti plevelům. Vzhledem k tomu, že je pěstována v širokých řádcích, trvá poměrně dlouho, než dojde k zapojení porostu. Teprve od té doby mohou rostliny kukuřice účinně konkurovat vzcházejícím plevelům (Smutný & Winkler 2008).

Plevelné spektrum a konkurence plevelů v kukuřici seté

O způsobech regulace zaplevelení porostů kukuřice se rozhoduje již při volbě předplodiny a zjištěném stupni jejího zaplevelení. Je nutno počítat s dlouhověkostí semen plevelů v půdě, ale přitom i s tím, že nejintenzivněji vzcházejí plevele v následných dvou letech po vysemenění (Vrzal et al. 1995).

Plevelné spektrum v porostech kukuřice seté bývá poměrně úzké (Jursík 2020).

Snížení výnosů kukuřice je výsledkem konkurenceschopnosti plevelů. Nejčastěji se vyskytující plevelné druhy v kukuřici seté jsou merlík bílý, ježatka kuří noha, laskavec ohnutý, pýr plazivý, opletka obecná, pětour maloluborný, rdesno blešník, pcháč oset, pelyněk černobýl, béry, bažanka roční. Konkurenceschopnost plevelů v příjmu živin závisí mimo jiné na jejich druhu a stádiu vývoje, stupni napadení hlavní plodiny, míře absorpce a době trvání období růstu, množství dostupných forem živiny v stanovišti, způsobu zpracování půdy a povětrnostních podmínkách během vegetačního období (Glowacka 2011).

Metody regulace zaplevelení

Metody, které se při regulaci zaplevelení používají, můžeme podle charakteru používaných prostředků rozdělit do skupin:

- Metody nepřímé (preventivní)
- Metody přímé – fyzikální (mechanické, termické), chemické, biologické. (Soukup 2005).

➤ **Metody nepřímé**

Cílem nepřímých (preventivních) opatření, je eliminace zdrojů zaplevelení a zamezení šíření plevelů na dosud nezaplevelená stanoviště. Patří sem především problematika čistoty osiva a statkových hnojiv z pohledu potenciálních zdrojů semen plevelů. Druhá skupina preventivních opatření má za cíl vytvořit vhodné agroekologické podmínky pro růst pěstované plodiny a tím konkurenčně oslabit škodlivost plevelů. Sem patří především význam osevních postupů (plodiny a střídání plodin) a zpracování půdy (Smutný et al. 2018).

➤ **Metody přímé**

○ **Fyzikální (mechanické, termické)**

Rostoucí obavy z používání pesticidů a neustále rostoucí přechod na ekologické zemědělství byly hlavními faktory, které poháněly výzkum v oblasti fyzikálních a mechanických metod regulace plevelů v Evropě. Řada výzkumů se zaměřila na optimalizaci použití tepelných a mechanických metod odstraňování plevele jako je plamen, brány, kartáčové plečky, okopávání. Nyní se zkoumají nové metody, jako je robotické odstraňování plevelů pro širokořádkové plodiny (Melander et al. 2005).

Druhé složení a populační hustoty plevelných společenstev orné půdy odrážejí agronomické postupy. Trend na snižování zpracování půdy u kukuřice mění prostředí, kde se plevele obhospodařují, přežívají a množí se. Přechod od systémů zpracování půdy, které zahrnují rozsáhlé narušení půdy, k systémům, které minimalizují narušení půdy, způsobí velké změny v dynamice populace plevelů. Tyto změny často snižují účinnost postupů kontroly plevele. Snižená účinnost herbicidů zpomalila přijímání konzervačního zpracování půdy, protože mnoho systémů pro konzervaci půdy se při řízení plevele silně spoléhá na herbicidy (Buhler 1995).

○ **Chemické**

Účelem moderních průmyslových herbicidů je potlačovat plevel. Druhy plevelů, které dnes konkurují kulturním plodinám, jsou důsledkem historické minulosti a souvisejí s historií vývoje plodin a zemědělských postupů. Chemická ochrana proti plevelům začala před více než stoletím anorganickými sloučeninami a přešla do věku organických herbicidů. Cílený výzkum herbicidů vytvořil stálý proud úspěšných produktů. Ukázalo se však, že je obtížnější najít účinné látky. Rostoucí regulační a ekonomický tlak však průmysl úplně změnil, což ztěžuje hledání úspěšného herbicidu. Velkým problémem se stala také odolnost vůči herbicidům, která zvyšuje obtížnost hubení plevelů (Kraehmer et al. 2014).

Chemická ochrana proti plevelům je rychlá, efektivnější, ovšem časově náročnější a pracnější, než např. přímé metody regulace. Chemickou ochranu proti plevelům navrhuje mnoho výzkumníků. Úspěch chemické regulace závisí na několika faktorech; nicméně podmínky, za kterých se plevel vyskytl, načasování aplikace a fáze nežádoucích plodin jsou důležité při chemické ochraně. Velmi důležitý z hlediska účinnosti herbicidů proti nežádoucím plevelům je také termín aplikace (Tahid et al. 2009).

Strategie herbicidní regulace plevelů v kukuřici byly až doposud postaveny na třech základních aplikačních termínech (preemergentní, časně postemergentní a postemergentní) (Jursík & Soukup 2019).

Výběr preemergentního nebo postemergentního herbicidu, který má největší účinnost, může být pro pěstitele kukuřice obtížný a je vysoce závislý na spektru plevelů. Rozhodnutí dále mohou komplikovat povětrnostní podmínky před a po aplikaci herbicidu, protože ovlivňují jeho účinnost (Stewart et al. 2012).

Obrovské zvýšení výnosů plodin spojené se „zelenou“ revolucí bylo možné částečně díky objevu a použití chemikálií pro hubení plevelů. Obavy z možného dopadu pesticidů na lidské zdraví a životní prostředí však vedly k zavedení nových postupů registrace pesticidů, včetně sledování obsahu cizorodých látek v potravinách. Tyto nové předpisy snížily počet syntetických pesticidů dostupných v zemědělství. Proto bude možná nutné přehodnotit současná pravidla, kdy se spoléhá téměř výlučně na chemikálie pro hubení plevelů. Objevují se a vyvíjejí se nové pesticidy, včetně pesticidů na bázi přírodních produktů, které nahradí sloučeniny ztracené v důsledku nových registračních požadavků (Dayan et al. 2009).

Termíny aplikace herbicidů:

Preemergentní herbicidní ošetření

- při velmi časném setí kukuřice (dlouhá doba od setí do vzejití kukuřice),
- ve vyšších a pro růst kukuřice méně příznivých polohách (taktéž obvykle dlouhá doba od vysetí do úplného vzejití porostu),
- v podnicích s velkou výměrou kukuřice (rozložení pracovních operací),
- na pozemcích s velmi vysokou intenzitou zaplevelení jednoletými plevele, kde hrozí vysoká konkurence plevelů již na počátku vegetace (Jursík & Soukup 2009).

Časné postemergentní ošetření

Rozumíme jím ošetření po vzejití kukuřice až do fáze 2. až 3. listu (někdy i déle), přičemž o termínu aplikace rozhoduje především fáze plevelů, které by měly být už vzešlé, avšak neměly by mít vytvořeny více než 4 pravé listy (trávy max. 2 – 3 listy) (Jursík 2020).

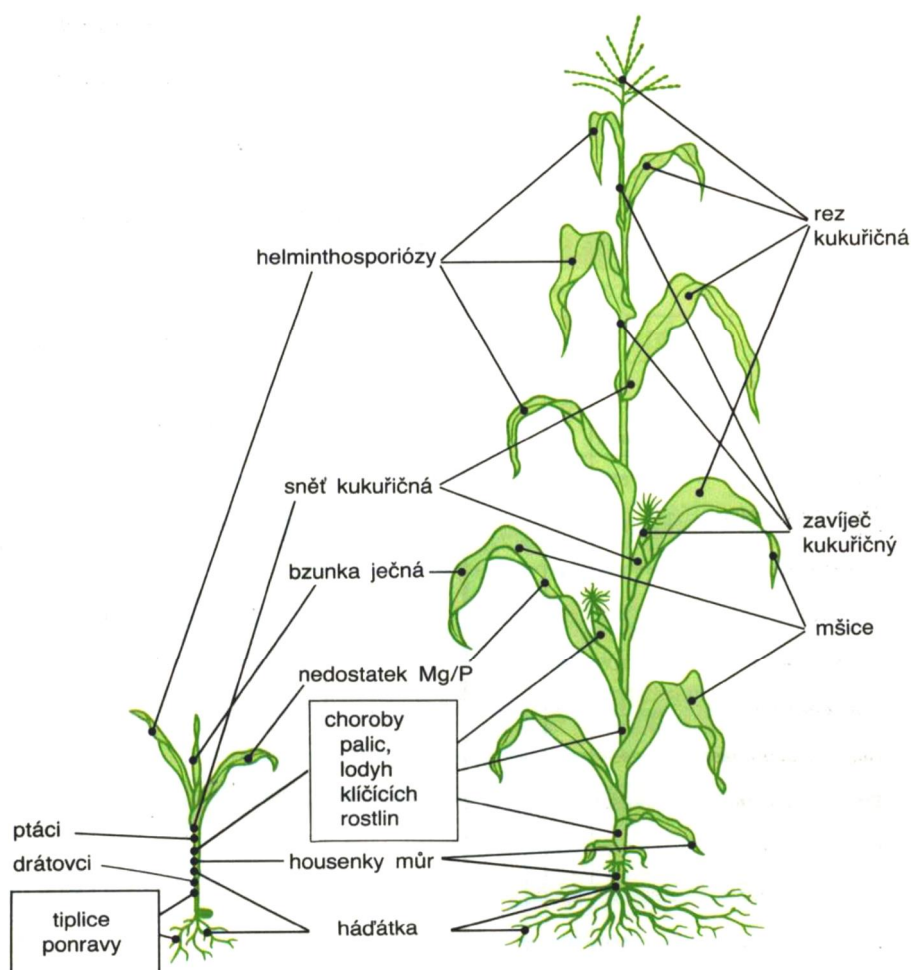
Postemergentní ošetření

Plevele lze velmi spolehlivě hubit až do fáze zhruba 6. listu kukuřice (dvouděložné plevele do čtyř až osmi pravých listů, plevelné trávy do počátku odnožování). Kukuřice je však poměrně citlivá na většinu postemergentně aplikovaných herbicidů v případě, že není dodržena doporučená růstová fáze (Smutný & Winkler 2008).

○ Biologické

Biologické metody regulace zaplevelení využívají negativních interakcí mezi rostlinami (i plevelnými) a jejich antagonisty (viry, bakterie, houby, hmyz, roztoči, hlísti apod.) (Soukup 2005).

3.4.6 Škůdci a choroby kukuřice



Obr. 2 Původci poškození rostlin kukuřice (Häni et al. 1993)

Škůdci kukuřice

Bázlivec kukuřičný (*Diabrotica virgifera*)

Bázlivec kukuřičný byl poprvé v Evropě detekován na počátku devadesátých let v Srbsku. Od té doby se brouk rozšířil do více než 15 evropských zemí (Wesseler & Fall 2010). Je jedním z nejdůležitějších druhů škůdců kukuřice v několika zemích střední a východní Evropy (Rozen & Ester 2010).

Bázlivec kukuřičný je brouk z čeledi mandelinkových, původem ze Severní Ameriky. Do Evropy byl tento brouk zavlečen koncem osmdesátých let 20. století. Hlavní škody působí larvy na kořenech kukuřice. Napadené rostliny poléhají nebo jsou výrazně deformované, často ohnuté do tvaru husího krku a za větru se vyvracejí a odumírají. U silně napadených porostů mohou ztráty dosahovat 80 – 100 %, obvykle se však pohybují v rozmezí 10 – 15 % (Kořínková-Seifertová 2014).

Zavíječ kukuřičný (*Ostrinia nubilalis*)

V minulosti byl zavíječ kukuřičný pokládán za škůdce, který způsoboval škody pouze v teplejších oblastech na kukuřici pěstované na zrno. V současné době se škodlivé působení tohoto motýla významně rozšířilo a jeho škodlivé výskyty se objevují téměř na všech lokalitách s kukuřicí. Zavíječ kukuřičný je polyfágním druhem a běžně se vyskytuje na různých větších bylinách (slunečnice, lebedy, merlíky apod.), ale kukuřice je pro něj velmi výhodnou hostitelskou rostlinou. V podmínkách České republiky má tento škůdce kukuřice jen jednu generaci za rok. Housenky zavíječe kukuřičného způsobují přímé škody svým žírem ve stéblech a v palicích kukuřice, čímž dochází k redukci výnosu. Nepřímé škody způsobují tím, že poškozená místa jsou přednostně infikována houbovými chorobami, převážně různými druhy rodu *Fusarium* (Rotrekl 2011).

Bzunka ječná (*Oscinella frit*)

Dospělci této leskle černé mušky jsou 2 mm dlouhé a v přírodě snadno unikají pozornosti. Larva je apodní, acephální, 4 – 5 mm velká, průhledná s bělavým zabarvením. Světelnědává kukla je asi 3 mm velká. Bzunka má tři generace do roka. Přezimují larvy, které se na jaře kuklí v období, kdy se teplota pohybuje okolo 12 °C. Na kukuřici způsobuje výrazné deformace malých rostlinek, které odumírají. Později způsobují larvičky poškození listů a zpomalení vývoje rostlin (Kazda 2011).

Ochrana kukuřice proti hlavním škůdcům

Prvním krokem pro zvládnutí ochrany kukuřice je moření osiva proti chorobám a škůdcům, kteří by mohli již ve velmi raných fázích růstu významným způsobem negativně ovlivnit vývoj celé rostliny, a tím také konečný výnos. Další možností navýšení jistoty dobrého zdravotního stavu porostu již od samého počátku, zejména klíčících a vzcházejících rostlin, je insekticidní ochrana proti hlavním půdním škůdcům, kterými jsou drátovci – larvy kovaříků, a také larvy bázlivce kukuřičného, jejichž škodlivost každoročně nabývá na významu (Kocurek 2015).

A právě bázlivec kukuřičný (*Diabrotica virgifera*) a zavíječ kukuřičný (*Ostrinia nubilalis*) patří k nejzávažnějším škůdcům kukuřice. Ochrana proti oběma škůdcům zůstává nadále ne zcela vyřešena z několika důvodů. V první řadě je to nemožnost aplikovat insekticidy ve vysokých porostech pozemní technikou a druhým problémem je, po zákazu neonikotinoidů na moření osiva kukuřice, malý výběr registrovaných insekticidních látek. Doporučované střídání plodin je v důsledku politických a ekonomických tlaků posledních desetiletí (podpora obnovitelných zdrojů energie, dovoz levných potravin, drastické snížení živočišné výroby) velmi obtížně realizovatelné. Rovněž ve světě používané způsoby eliminace škod způsobených oběma škůdci pěstováním geneticky modifikovaných hybridů jsou v podmínkách Evropské unie nerealizovatelné a biologická ochrana je zatím možná pouze u obaleče kukuřičného s využitím dravých vosiček *Trichogramma* (Kuthan 2014).

Bt kukuřice a integrovaná ochrana proti škůdcům – evropská perspektiva

Praktická ochrana proti škůdcům kukuřice zahrnuje chemickou ochranu, biologickou ochranu a agrotechnická opatření, jako je orba a střídání plodin. Možnost ochrany proti škůdcům, která je k dispozici od roku 1996, jsou odrůdy kukuřice, které jsou geneticky upraveny. Dnes dostupné GM odrůdy kukuřice exprimují jeden nebo několik genů z *Bacillus thuringiensis* (*Bt*), které se zaměřují na zavíječe kukuřičného nebo bázlivce kukuřičného. Výhodou pěstování *Bt* kukuřice jsou zjednodušené farmářské operace, vysoká účinnost hubení škůdců, zlepšená kvalita zrna a ekologické přínosy. Mezi nevýhody patří riziko vývoje rezistence u cílových populací škůdců, riziko propuknutí sekundárních škůdců a zvýšená administrativa v souladu s licenčními dohodami. Pěstitelé, kteří chtějí pěstovat *Bt* kukuřici v Evropské unii (EU), se často potýkají s problémem, že je zamítnuto povolení. Pro komerční pěstování je v současné době povolena pouze jedna transformace kukuřice *Bt* (MON810) a některé vnitrostátní orgány pěstování zakázaly. V každém případě je *Bt* kukuřice vysoce specifickým nástrojem, který účinně reguluje hlavní škůdce a umožňuje kombinaci s dalšími preventivními opatřeními řešení dalších zemědělských problémů, včetně problémů se sekundárními škůdci (Meissle et al. 2011).

Choroby kukuřice

S rostoucí osevní plochou kukuřice rostou také nároky na plánování osevního postupu, zvyšuje se tlak chorob a obecně se dá říci, že rostliny kukuřice jsou vystaveny vyššímu tlaku stresujících faktorů. Mezi ty nejdůležitější v posledních letech řadíme teplotní stres (teplo, nebo naopak chlad), stres způsobený suchem (nedostatek vláhy a živin), mechanický stres (krupobití), radiační stres (sluneční záření), ale také stres způsobený napadením škůdci a chorobami (Czakó 2015).

Virové choroby

Virová mozaika kukuřice

Virovou mozaiku kukuřice způsobuje virus *Sugar-cane mosaic virus* (dále jen *SCMV*). Patogen *SCMV* patří do skupiny RNA virů a je schopný napadat až 250 druhů rostlin. Kromě zmíněné kukuřice napadá např. proso, čirok, třtinu. Virus je přenosný mechanicky při poranění, mšicemi a infikovanými obilkami. V polních podmínkách se nejvýznamněji uplatňuje přenos viru mšicemi (Tóth & Kmoch 2016). Příznakem jsou symptomy mozaiky (dlouhé chlorotické pruhy), které se nejdříve objevují na nejmladších listech u základu listu a postupně se rozšiřují na celou listovou čepel. Napadená kukuřice může zpomalovat svůj růst a vývoj (Víchová 2020). Možnosti ochrany proti *SCMV* jsou především na úrovni šlechtění nových hybridů rezistentních proti tomuto patogenu, dále likvidace zdrojů infekce, tj. infikovaného výdrolu a přenašečů. Vhodné je spojit ochranu proti přenašečům s ošetřením proti zavíječi nebo bázlivci kukuřičnému (Tóth & Kmoch 2016).

Houbové choroby

Obecná snětivost kukuřice

Obecná snětivost kukuřice je způsobena patogenem *Ustilago maydis*. V současné době se jedná o nejrozšířenější chorobu kukuřice nejen v České republice, ale i v ostatních oblastech světa, kde se kukuřice pěstuje. Jedná se o saproparazitického patogena (může se živit jak odumřelou, tak živou organickou hmotou), který může infikovat kukuřici po celou vegetační dobu. Patogen přezimuje v polních podmínkách na posklizňových zbytcích kukuřice. Příznakem obecné snětivosti kukuřice jsou velmi zřetelné deformované útvary - hálky (tumory) dorůstající v průměru od několika centimetrů do velikosti dětské hlavy. Nejdůležitějším opatřením pro snížení výskytu tohoto patogena je důkladné zapravení posklizňových zbytků orbou, omezení pěstování kukuřice a dodržování osevních postupů (nepěstovat kukuřici na stále stejných pozemcích) (Tóth & Kmoch 2016).

Obecná listová spála kukuřice

Může být způsobena více patogeny patřící do třídy hub vřeckovýtrusných (*Ascomycetes*). Zdrojem infekce jsou napadené zbytky listů kukuřice, na nichž houba přetrvává. K infekci dochází za vlhkého a teplého počasí konidiami, které jsou přenášeny na rostliny větrem a dešťovými kapkami. Příznaky se podle druhu patogena mohou lišit: dlouhé protáhlé šedožluté skvrny, vyskytující se hlavně v jejich horní polovině u špičky a pak na bázi. Při silném napadení se listy třepí na úzké pruhy a celá rostlina zasychá, nebo jsou skvrny menší, ostřeji ohraničené a poněkud jinak zbarvené. Často se vyskytují skvrny s rovnoběžnými okraji, oranžově až červenožlutě zbarvené, s patrnými soustřednými pruhy, dále na listech patrné drobné, protáhlé nebo nepravidelné skvrny, jakoby vodou promáčené. V ochraně proti patogenům způsobujícím spálu kukuřice by na prvním místě měla být volba hybridu. U tolerantních hybridů probíhá tvorba skvrn na listech a šíření choroby pomaleji. Dále je důležité podpořit rozklad posklizňových zbytků rozmělněním a dostatečným zapravením do půdy. Rovněž potřebné podpořit růst kukuřice a omezit stres rostlin např. utužením půdy. Správný osevní postup je dalším možným způsobem ochrany kukuřice (Tóth & Kmoch 2016).

Rzivost kukuřice

Rzivost kukuřice je způsobena patogenem *Puccinia sorghi*, který patří do třídy stopkovýtrusných hub (*Basidiomycetes*) a řádu rzí (*Uredinales*). Jedná se o tzv. heteroecickou rez (rez, u níž se vyskytují všechna vývojová stadia a pro svůj cyklus vyžaduje hostitele a mezihostitele). Typickým příznakem rzivosti kukuřice jsou skořicově zbarvené kupky spor protáhlého tvaru nacházející se podélně na listech. Velmi účinnou možností ochrany je šlechtění a pěstování rezistentních hybridů kukuřice (Tóth & Kmoch 2016).

Fusariózy kukuřice

Bělorůžová hniloba obilek kukuřice a růžová hniloba stébel kukuřice, padání a spála klíčnicích rostlin kukuřice, hniloba kořenů kukuřice jsou způsobeny druhy rodu *Fusarium*. Tyto

patogeny patří do oddělení vřeckovýtrusných hub (*Ascomycota*). Houby rodu *Fusarium* jsou saprofyty, ale za určitých podmínek mohou být parazité rostlin. Přezimují pomocí mycelia v posklizňových zbytcích. Kromě snižování výnosů biomasy jsou houby rodu *Fusarium* schopny produkovat tzv. mykotoxiny. Potraviny a krmiva z kontaminované produkce mohou způsobit, závažná akutní a chronická onemocnění lidí a zvířat. Ochrana spočívá v dokonalém zapravování posklizňových zbytků orbou, použití odolných odrůd, využití fungicidů ve formě postřiku nebo moření osiva (Tóth & Kmoch 2016).

Antraknózová listová spála

Způsobuje ji patogen *Colletotrichum graminicola* (teleom. *Glomerella graminicola*). Tento patogen patří do oddělení vřeckovýtrusných hub (*Ascomycota*). Houba přežívá v posklizňových zbytcích a v napadených obilkách, které jsou zdrojem primárních infekcí. Infekce rostlin je vyšší za vlhkého počasí po horké a suché periodě. První příznaky vyvolané původcem antraknózové spály kukuřice se mohou objevit již na mladých rostlinách kukuřice, které zakrsávají a postupně usychají. Hypokotyl napadených rostlin je zahnědlý. Po rozříznutí odnožovacího kolénka lze pozorovat kruhovitě uspořádané hnědavé skvrny. Kořeny mohou černat. Na spodních listech vzniká zcela nenápadná drobně tečkovitá skvrnitost. Při raném napadení stébla dochází téměř vždy k předčasnému dozrání. Může docházet i k lámání rostlin. Infekce souvisí s poškozením stébla škůdci. Nejpodstatnější škody působí při napadení kořenových krčků. Příznaky jsou zřetelné nejčastěji až ve fázi začátku zrání. Pozdní typ infekce se projevuje nad palicemi odumíráním vrcholů rostlin. Ochrana spočívá ve výběru odolných hybridů, dobrém zapravení posklizňových zbytků do půdy, vyrovnané výživě, správném osevním postupu, optimální hustotě porostu a ochraně proti škůdcům. Případně lze do kukuřice proti houbě použít vhodné fungicidy (Tóth & Kmoch 2016).

Rhizoctonia spp.

Houba rodu *Rhizoctonia*, přežívá ve formě sklerocií v posklizňových zbytcích i několik let. Na osivu přetrvává v podobě trvalého mycelia. Mycelium houby je lososově růžové a později šedne. Způsobují při klíčení kukuřice mokvání a hnědnutí hypokotylu a kořenů. Ve fázi vzcházení vyvolávají padání vzcházejících rostlin. V průběhu vegetace se vyskytují na kořenech a patách rostlin od fáze kvetení. Při napadení odumírají hlavní a rosné kořeny (často od konců). Na kořenech a stéblech se může objevit tmavá až černá skvrnitost. V některých případech dochází k lámání stébla na jeho bázi. Ochrana kukuřice proti *Rhizoctonia* spp. spočívá v agrohygieně, vyrovnané výživě a fungicidním moření osiva (Tóth & Kmoch 2016).

3.4.7 Chemické složení kukuřice

Kukuřice patří mezi sacharidová krmiva. Obsah dusíkatých látek není velký a liší se v různých částech rostliny. V následující tabulce č. 12 jsou uvedeny průměrné obsahy živin.

Tab. 12 **Obsah některých živin v jednotlivých částech rostliny kukuřice** (Tyrolová & Výborná 2008)

	Dusíkaté látky (%)	Tuk (%)	Vláknina (%)
Celá rostlina	7 – 8	3 – 4	18 – 20
Rostlina bez klasu	5 – 7	1,1 – 1,3	31 – 33
Klas	8 – 10	5 – 7	7 – 9
Zrno	9 – 11	4 – 5	4 – 5

3.4.8 Kukuřice na siláž

Počátky výroby

Výroba siláže je pravděpodobně více než 3.000 let stará. Starověcí Egypťané a Řekové skladovali obilí a celé píce v silech. Důkazem o historii siláže jsou nástěnné malby v muzeu v Nepálu ukazující sklizeň celozrnných obilnin a jejich ukládání do malého kamenného sila. Kirstein (1963) zmínil, že v troskách Kartága byla nalezena sila, což dokazuje, že pícniny zde byly silážovány kolem roku 1200 před našim letopočtem (Siefers 2000).

Současnost

Bez kukuřice si v současné době již nedovedeme intenzivní živočišnou výrobu představit. Díky vyšlechtěným hybridům s širokou škálou čísla FAO je možné si u osivářských firem vybrat vhodný hybrid prakticky pro každou výrobní oblast. Kukuřice je pěstována především kvůli siláži, která je jednou z hlavních položek krmných dávek pro skot (Tyrolová 2021).

Co je silážování?

Jak uvádí Šantrůček & Hakl (2011) silážování je konzervování čerstvé nebo zavadlé píce v anaerobním (bez přístupu vzduchu) prostředí s pH (stupeň kyselosti) 3,8 – 5,2. Správné zhutnění krátké řezanky píce v silážním prostoru (silážní žlaby, vaky) spolu s omezením výměny plynů mezi atmosférou a silážní hmotou musí vést spolu s produkcí CO₂ (vyprodukovanou respirací píce a mikrobiální činností) k vytvoření anaerobního prostředí a kvalitně zdařilým silážím. Konzervovaná píce je stabilizována kyselinou mléčnou – produktem mléčného kvašení sacharidové složky píce – nebo dodaných přípravků, případně pomocí chemických přísad.

Použití konzervačních přípravků je nutné, abychom potlačili nežádoucí mikroorganismy (jejich výskyt ovlivňují technologické podmínky sklizně), aby byla zajištěna dobrá kvalita krmiva a aby ztráty výživné hodnoty krmiva byly sníženy na minimum (Hanson & Möhring 2019).



Obr. 3 Ukázka silážního žlabu



Obr. 4 Silážování prováděné pomocí plastových vaků

Do rozhodování o optimálním termínu sklizně vstupuje mnoho různorodých faktorů, jako jsou pěstitelské a stanovištní poměry, zvolený hybrid a také organizace práce. Za optimální termín sklizně lze považovat stav, kdy je dosaženo maximálního výnosu energie a škrobu z jednotky plochy, maximální koncentrace energie ve sklizené hmotě, a to vše za předpokladu dokonalé silážovatelnosti sklizené kukuřice. Velmi důležité přitom je, v jakém stavu je zbytek rostliny, který je bezprostředně odpovědný za zdárný průběh silážních procesů. Zbytek rostliny musí být zdravý a asimilující až do fyziologické zralosti (Kulovaná 2001).

Silážní kukuřice patří ke snadno silážovatelným plodinám, přesto se požaduje, aby byla sklizena v optimální vegetační zralosti (mléčně vosková až počátek voskové zralosti, resp. stav mléčné čáry v zrnu), kdy se optimální obsah sušiny silážované biomasy pohybuje v rozmezí 28 až 34 %, resp. 35 %. Obsah sušiny pod nebo nad toto rozmezí není vhodný, neboť při nižším obsahu dochází k uvolňování silážních tekutin, tedy zvýšení ztrát živin, a při extrémně vyšším obsahu sušiny se u tradičních technologií sklizně zvyšuje požadavek na zkrácení délky řezanky i pod 10 mm, resp. se zvýší náročnost na stupeň narušení zrna pomocí corn crackerů (Doležal 2016).

Vlastní proces silážování:

- příprava sila
- pečlivé vyčištění silážního prostoru
- odstranit loňskou siláž
- zabránit přenosu zeminy a prachu z pneumatik
- navážet vrstvy silné maximálně 15 – 20 cm po celé ploše jámy
- věnovat pozornost dusání z důvodu vytěsnění vzduchu
- zakrytí jámy silážní plachtou a položení zátěže.

Co se děje v silážní jámě?

1. ETAPA: PRODÝCHÁNÍ (3 – 24 hodin)

- + bakterie, kvasinky a plísně spotřebují kyslík
- + bakterie za přítomnosti kyslíku rozloží škrob na jednoduché cukry
- pokud je tato etapa příliš dlouhá, cukry se dále přemění na CO₂, vodu a teplo, rozklad cukrů znamená definitivní ztrátu energie
- bílkoviny se rozkládají na aminokyseliny.

2. ETAPA: FERMENTACE (15 – 20 dní)

- + mléčné bakterie mění rozpustné cukry na kyselinu mléčnou
- + pH zůstává < 4
- při pH > 4,5 se aktivují nežádoucí bakterie k přeměně cukrů na kyselinu octovou, která zhoršuje chutnost krmiva a snižuje jeho příjem
- při pH > 4 se také zvyšuje aktivita bakterií máselného kvašení, tvoří se kyselina máselná.

3. ETAPA: STABILIZACE (4 – 6 dní)

- + pH < 4
- + silo je stabilní, procesy fermentace byly ukončeny
- + hmota siláže je homogenní (stejnorodá) se shodným pH.

Při sklizni a úpravě pokosu, ale i samotném silážování píce dochází v závislosti na celé řadě technologických faktorů k velmi variabilním **ztrátám netto energie**. Tyto ztráty se mohou podle pohybovat v rozmezí od 6 do 40 % (Doležal 2012)!

Tab. 13 Ztráty netto energie při silážování (Doležal 2012)

Zdroje ztrát	Hodnocení	% Ztrát
Respirace	Nevyhnutelné	1 – 2
Ztráty na poli	Závislé na technologii (Lze regulovat)	1 – 20
Prosakování	Podle technologie	0 – 7
Fermentací	Nevyhnutelné	4 – 10
Nežádoucím kvašením	Lze regulovat	0 – 10
Aerobní změny (Při skladování)	Lze předejít	0 – 10
Aerobní změny (Při vybírání)	Lze předejít	0 – 10
Celkové ztráty		6 - 40

3.4.9 Kukuřice na zrno

Kukuřice se pěstuje také na zrno, přičemž tento produkt se využívá rovněž jako krmivo, dále jako surovina pro výrobu různých potravin či se také konzumuje přímo. Kukuřičné zrno je díky svému obsahu bílkovin využíváno v potravinářském průmyslu. Ke sklizni se přistupuje ve žluté zralosti. Základní složkou zrna je škrob, jehož obsah se obvykle pohybuje v rozpětí 65 – 75 %, což je zpravidla více než u jiných plodin; např. 60 – 70 % u pšenice, 54 – 67 % u ječmene, či okolo 16 % u brambor. Obsah sušiny v zrně by měl dosahovat hodnot 60 až 62 %. Je-li to nutné, lze termín sklizně i posunovat. Výnos se pohybuje kolem 4 – 7 t/ha. Sklízecí mlátička s odlamovacím adaptérem oddělí nejprve celé palice s listeny. Stébla jsou zachycena kuželovitými válci a až po šetrném odlomení palic rychle stržena dolů. Po výmlatu zrna jsou vřetena s listeny rozhozeny po poli. Vymlácené zrno je uloženo v zásobníku (Křepelka 2012).

3.4.10 Kukuřice na produkci bioplynu

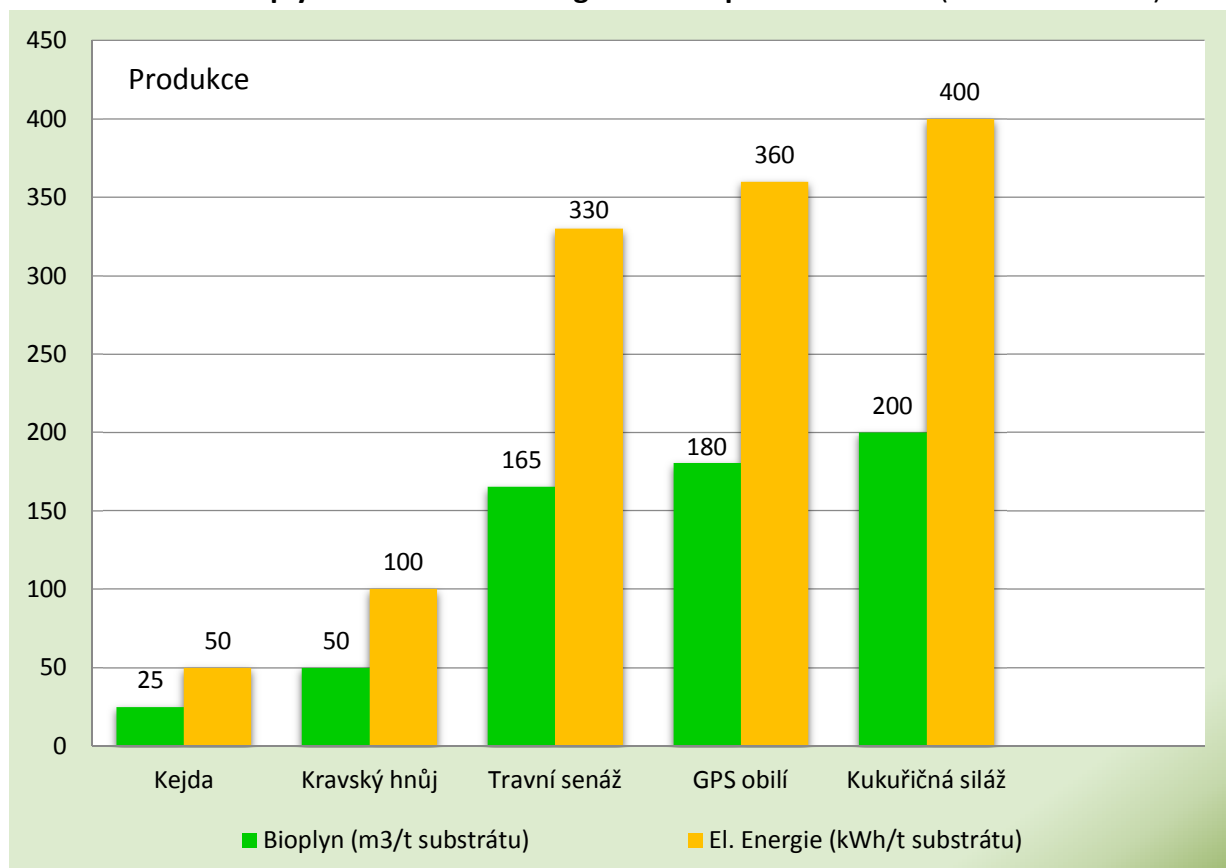
Kukuřice patří k velmi výkonným plodinám s mnohostranným využitím. Z celosvětového hlediska svými výnosy předčila dříve výnosnější pšenici. V současnosti u nás i v zahraničí stoupá význam kukuřice pro pěstování na výrobu bioplynu (Honsová 2019).

Silážní kukuřice je v současné době v Evropě i v České republice nejvýznamnější cíleně pěstovanou plodinou pro produkci bioplynu. Její předností je značný výnosový potenciál,

vysoká výtěžnost bioplynu z jednoho kilogramu sušiny a snadná konzervovatelnost umožňující kontinuální využití hmoty v bioplynových stanicích (Fuksa 2020).

Možnosti produkce bioplynu jsou rozmanité, včetně zmírnění změny klimatu, snížení závislosti na fosilních palivech a diverzifikace příjmů zemědělských podniků (Herrmann 2012).

Graf 3 **Produkce bioplynu a elektrické energie dle vstupních substrátů** (Procházka 2013)



Z grafu 3 je patrné, že největší potenciál pro výrobu bioplynu má kukuřičná siláž. Přednost kukuřice je ve schopnosti zajistit vysoký výnos homogenní hmoty u jednotky plochy pro maximální efektivitu a stabilitu při výrobě elektřiny.

3.4.11 Využití kukuřice v živočišné výrobě

Bez kukuřice si v současné době již nedovedeme intenzivní živočišnou výrobu představit. Díky vyšlechtěným hybridům s širokou škálou čísla FAO je možné si u osivářských firem vybrat vhodný hybrid prakticky pro každou výrobní oblast. Kukuřice je pěstována především kvůli siláži, která je jednou z hlavních položek krmných dávek pro skot. Aby se vyprodukovala siláž co nejkvalitnější, je třeba dodržet spoustu zásad. Ale základem celého procesu je sklídit ji v ten správný čas (Tyrolová 2021).

V průběhu posledního desetiletí došlo k vývoji mlékárenských systémů s cílem ziskového využívání kukuřičné siláže a dalších doplňkových krmiv ve spojení se zvýšeným

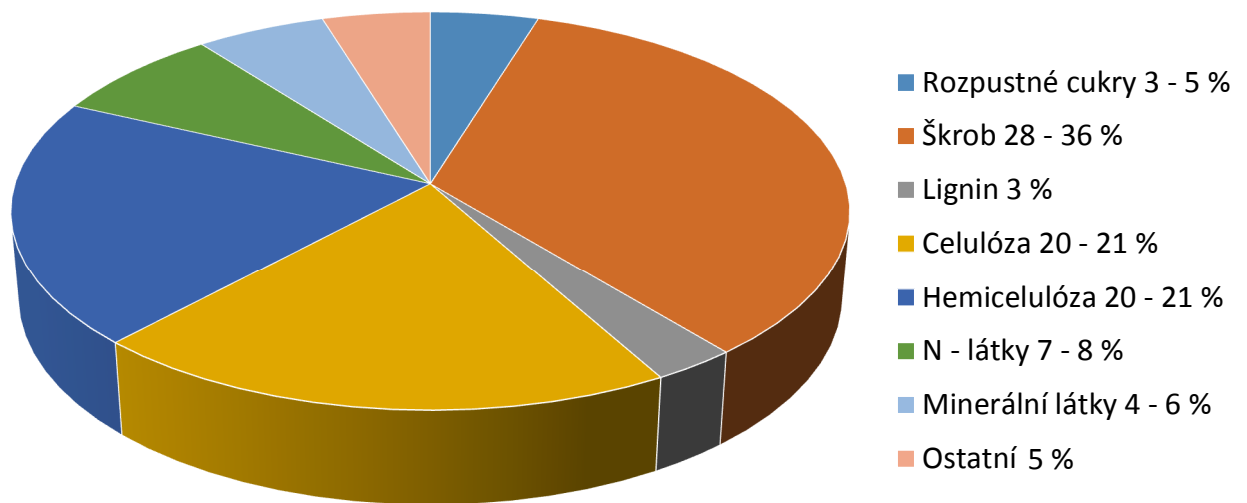
využíváním kukuřičné siláže. Pokud je kukuřičná siláž používána v doporučených úrovních krmení, poskytuje levný zdroj škrobu a vlákniny, které dobře doplňují pastviny po většinu roku. Vyrovnávání dietních nedostatků bílkovin, minerálů, a v některých případech vlákniny, optimalizuje produkci mléčné sušiny při vysokých úrovních suplementace kukuřičnou siláží. Cíle pro kvalitní kukuřičnou siláž zahrnují obsah sušiny 28 – 35 %, energetický obsah 10,8 MJME/ kgDM, obsah bílkovin 7 – 8 % a pH 3,8 až 4,5. (Kolver et al. 2001).

Z nutričního hlediska kukuřičná siláž dobře doplňuje pastvu a poskytuje relativně levný zdroj energie. Při dobrém řízení může být kvalita velmi konzistentní. Obecně jsou požadovány vysoké hladiny metabolizovatelné energie, bílkovin a škrobu, s nižšími hladinami vlákniny. Kukuřičná siláž s nízkým pH, vysokým obsahem dusíkatých látek a s převažujícím obsahem kyseliny mléčné bude dobře konzervována a bude mít dlouhou životnost (Kolver et al. 2001).

Tab. 14 **Laboratorní analýza siláže** (Wilkinson 2005)

Parametr	Ideální hodnota
Sušina (g/kg)	300 - 350
pH	4,0 - 4,2
Popeloviny (g/kg sušiny)	< 80
Hrubý protein (g/kg sušiny)	150 - 170
Kyselina mléčná (g/kg sušiny)	100 - 150
Kyselina octová (g/kg sušiny)	20 - 30
Kyselina máselná (g/kg sušiny)	0
Etanol (g/kg sušiny)	< 10
Metabolizovatelná energie ME (MJ/kg sušiny)	> 11
Amonný dusík (g/kg celkového dusíku)	< 50
Aminokyselinový dusík (g/kg celkového rozpustného dusíku)	> 700

Graf 4 Složení rostliny kukuřice (Hanina 2014)



Rozpustné cukry 3 – 5 %:

V čase silážování je obsah rozpustných cukrů v kukuřici nízký. Cukry jsou důležité pro nastartování procesu fermentace po silážování.

Škrob 28 – 36 %:

Energie v rostlině je uložena prostřednictvím dvou typů sacharidů, které jsou si velmi podobné, ale od ostatních cukrů se výrazně liší. Jsou zpracovatelné trávicími systémy zvířat (přezvýkavců). S pozdějšími stádii sklizně kukuřice pokračuje transformace cukrů ve škrob, jehož obsah se zvyšuje.

Buněčné stěny:

Využitelná energie ve formě vlákniny (20 až 80 %), kterou štěpí celulolytické bakterie.

Lignin 3 %:

V bacheru nedochází k jeho rozkladu, je nestavitelný, je obsažen ve stoncích rostlin. Jeho přítomnost a množství umožňuje rostlině tolerovat klimatické stresy v počátečních stádiích vývoje (do fáze 8 – 10 listů).

Celulóza 20 – 21 %:

Součást vlákniny, je lehce stravitelná, koncentruje se především v listech, částečně ve stoncích.

Hemicelulóza 20 – 21 %:

Součást vlákniny, částečně stravitelná, často se váže na lignin a proto je hůře přístupná než celulóza, většina se nachází v listech.

3.4.12 Rizika spojená s pěstováním kukuřice v České republice

Způsoby ochrany proti erozi

Přibližně polovina orné půdy je v České republice potenciálně ohrožena vodní erozí. Během jediné erozní události může být spláchnuto až několik cm půdy a dojít k její nenávratné ztrátě. A naopak tvorba jednoho centimetru půdy přirozeným půdotvorným procesem může trvat až stovky let (Kincl et al. 2021).

Kukuřice zastává významnou pozici ve struktuře pěstovaných plodin v České republice. Na svažitých pozemcích je však plodinou velmi rizikovou z důvodu náchylnosti k půdní erozi. Důvodem je její technologie pěstování v širokých řádcích, ale také pomalý počáteční růst, respektive dlouhá doba potřebná k zapojení porostu (Venclová 2020).

Současné velké riziko pěstování kukuřice sledujeme především v neschopnosti porostu infiltrovat dešťové srážky, které bohužel přicházejí v nestejněměrných, mnohdy dlouho od sebe časově vzdálených dávkách. Přichází prudké lijáky, které odtečou, a do půdy se dostane jen málo z nich. Polní plodiny potřebují takzvaný zahradnický déšť, ten ale nepřichází (Tomášek 2019).

Pro omezení negativních projevů vodní eroze je potřeba uplatňovat obvykle kombinaci protierozních opatření. V minulosti již bylo ověřeno několik technologií, které účinně omezovaly erozní ztráty půdy. Nejvíce se prosadila technologie pásového zpracování půdy či přímého setí do nezpracované půdy. Nicméně aby byly skutečně protierozně účinné, je potřeba je kombinovat s mezplodinou, například svazenkou vrtičolistou, hořčicí setou, žitem ozimým nebo je nezbytné využít strniště předchozí plodiny (Kincl et al. 2021).

Pěstební systémy kukuřice seté pracující s využitím živého a mrtvého mulče představují širokou skupinu technologií. Jejich obecným základem je práce s efekty mulče za účelem eliminace větrné a vodní eroze, omezení evapotranspirace, zvýšení biologické aktivity půdy, omezení rozvoje plevelů, obohacení půdy o organickou hmotu apod. (Brant & Šmöger 2020)

Pěstování GM kukuřice v České republice

Geneticky modifikované (dále jen „GM“) neboli transgenní rostliny jsou takové rostliny, u kterých byl změněn dědičný materiál pomocí genových technologií (genového inženýrství). GM rostliny se vyznačují různými specifickými vlastnostmi, mezi které patří zejména odolnost vůči škůdcům nebo tolerance k neselektivním herbicidům. Nově získané vlastnosti mají obecně přinášet přímé výhody především pro pěstitele.

Na území EU, tedy i v ČR, je pro komerční využití pěstována jediná GM plodina, kukuřice, označovaná též jako „Bt kukuřice“. Jedná se o GM plodinu s vloženým genem z půdní bakterie *Bacillus thuringiensis* (odtud Bt-kukuřice), který kukuřici propůjčuje odolnost proti škodlivému zavíječi kukuřičnému. Jiná takto pozměněná plodina nebyla v uplynulém období předložena do přísného a náročného schvalovacího procesu a současně i schválena.

V celosvětovém měřítku jsou GM plodiny významnou složkou zemědělské výroby, podíl ploch v EU v rámci světa je však zanedbatelný a stále klesá. Nejinak je tomu i v České republice, kde se GM plodiny přestaly úplně pěstovat, počínaje rokem 2017. Za hlavní důvody poklesu zájmu o pěstování geneticky modifikovaných plodin považují pěstitelé, kteří

se zabývají současně živočišnou výrobou, především problematický odbyt mléka, kdy řada mlékáren požaduje, aby dojnice nebyly krmeny geneticky modifikovanými plodinami. Mezi další důvody uváděnými pěstiteli se řadí administrativní zátěž, dodržování koexistenčních pravidel v praxi a problematický odbyt geneticky modifikované kukuřice. V neposlední řadě z ekonomického pohledu pěstitelé poukazují také na vyšší náklady na vstupech produkce (dražší osivo). Stále přetrvávají obavy a neochota odběratelů odkoupit produkty GM plodin, případně i zvířat, která takovými plodinami byla krmena. V současné době se také zvyšuje poptávka po produktech pocházejících z ekologického zemědělství (Trnková & Dvořáková 2019).

Stěžejní právní předpisy České republiky

- **Zákon č. 371/2016 Sb., kterým se mění zákon č. 78/2004 Sb.,** o nakládání s geneticky modifikovanými organismy a genetickými produkty, ve znění pozdějších předpisů, a zákon č. 252/1997 Sb., o zemědělství, ve znění pozdějších předpisů,
- **Zákon č. 252/1997 Sb.,** o zemědělství, ve znění pozdějších předpisů (GMO řešeny v novelách publikovaných pod č. 441/2005 Sb. a č. 291/2009 Sb., č. 179/2014 a č. 208/2019 Sb.)
 - § 2i, §3a odst. 1, § 4a, § 5, § 5a.
- **Vyhláška č. 209/2004 Sb.,** o bližších podmínkách nakládání s geneticky modifikovanými organismy a genetickými produkty, ve znění pozdějších předpisů - prováděcí vyhláška k zákonu č. 78/2004 Sb.
- **Vyhláška č. 392/2016 Sb., kterou se mění vyhláška č. 89/2006 Sb.,** o bližších podmínkách pěstování geneticky modifikované odrůdy, ve znění vyhlášky č. 58/2010 Sb.:
 - účinnost od 1. ledna 2017,
 - prováděcí vyhláška k zákonu č. 252/1997 Sb., o zemědělství
 - k § 2i (Hanák et al. 2019).

Nitrátová směrnice

Nitrátová směrnice je předpis Evropské unie (Směrnice Rady 91/676/EHS o ochraně vod před znečištěním způsobeném dusičnany ze zemědělských zdrojů) vytvořený pro ochranu vod před znečištěním dusičnany ze zemědělství.

Plnění nitrátové směrnice je povinné ve zranitelných oblastech, které jsou vymezeny v hranicích katastrálních území. Zranitelné oblasti jsou oblasti, kde se vyskytují vody znečištěné dusičnany ze zemědělských zdrojů. Zemědělské hospodaření ve zranitelných oblastech dále upravuje akční program nitrátové směrnice.

Jak se má hospodařit ve zranitelných oblastech?

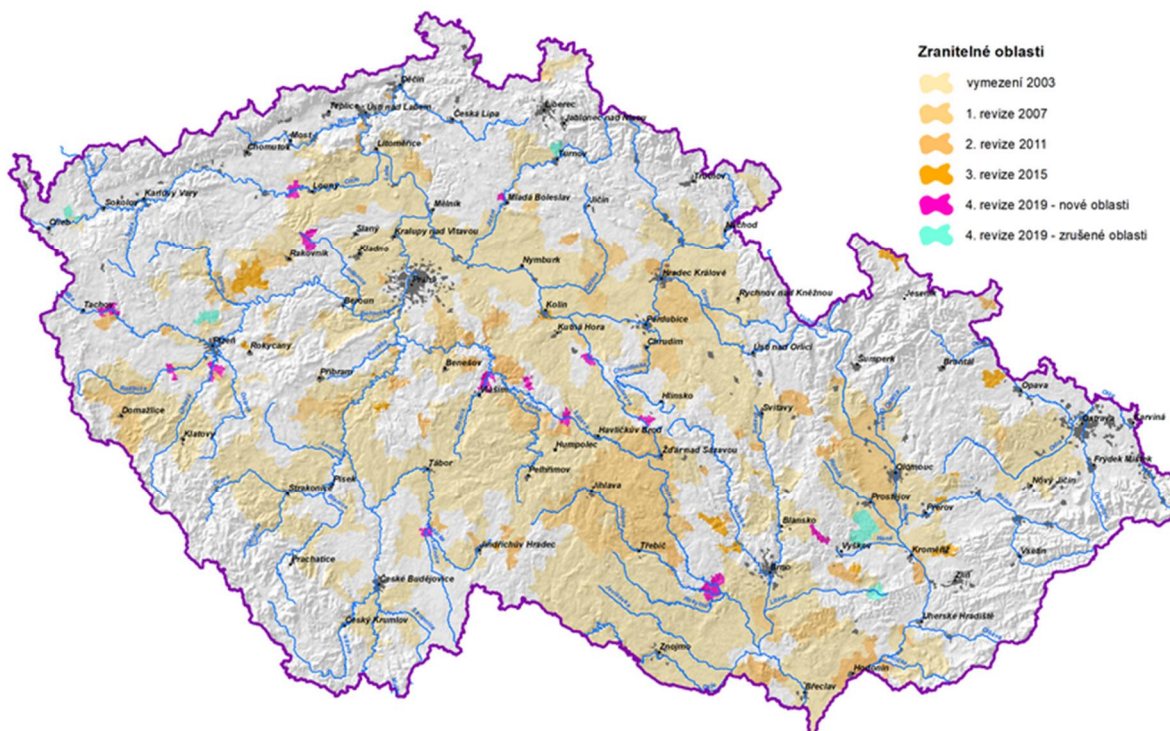
- zemědělské hospodaření upravuje akční program nitrátové směrnice
- akční program podléhá přezkoumání a případným úpravám nejdéle ve čtyřletých intervalech

- požadované způsoby hospodaření závisí na půdních a klimatických podmínkách
- k tomu je využito údajů o bonitaci půdy (bonitované půdně ekologické jednotky, BPEJ)
- zemědělci zařazení v registru půdy (LPIS) mají možnost získat v LPIS informace o příkázaných způsobech hospodaření na jednotlivých půdních blocích nebo jejich dílech (Kozlovská & Klír 2021).

Tab. 15 Vymezení zranitelných oblastí (Kozlovská & Klír 2021)

	Vymezení v roce 2003	1. revize vymezení v roce 2007	2. revize vymezení v roce 2011	3. revize vymezení v roce 2015	4. revize vymezení v roce 2019
Podíl plochy zranitelných oblastí v ploše R (v %)	36,7	39,9	41,6	41,9	42,0
Podíl zemědělské půdy *) ve zranitelných oblastech k celkové ploše zemědělské půdy v R (v %)	42,5	47,7	49,0	50,2	49,4
Podíl plochy zemědělské půdy *) z celkové plochy zranitelných oblastí (v %)	71,0	69,3	68,4	68,4	68,1
Podíl plochy orné půdy *) z celkové plochy zranitelných oblastí (v %)	57,0	58,0	54,9	53,9	53,2

*) rozsah zemědělské půdy a orné půdy podle vrstvy Corine Land Cover 90 pro rok 2003, Corine Land Cover 2000 pro rok 2007, Corine Land Cover 2006 pro rok 2011, Corine Land Cover 2012 pro rok 2015 a Corine Land Cover 2018 pro rok 2019



Obr. 5 Revidované vymezení zranitelných oblastí podle nařízení vlády č. 262/2012 Sb. (Kozlovská & Klír)

Nové podmínky nitratové směrnice v České republice od 1. července 2020

Změny ve vymezení zranitelných oblastí a 5. akční program nitratové směrnice (novela NV 262/2012 Sb.) vyšly 19. 6. 2020 ve sbírce zákonů pod číslem **277/2020 Sb.**, s účinností od 1. 7. 2020. Změny dané novelou byly zapracovány do platného znění nařízení vlády č. 262/2012 Sb.

Zranitelné oblasti, v nichž se nacházejí vody znečištěné dusičnany, zabírají 1,8 milionu hektarů, tedy více než polovinu využívané zemědělské půdy v České republice. Podle výsledků vývoje obsahů dusičnanů ve vodách bylo nyní do zranitelných oblastí přidáno 60 katastrálních území a naopak 45 jich bylo vyřazeno. Od 1. července 2020 začínají platit i podmínky 5. akčního programu, nastaveného na období 2020 – 2024. Úpravy vycházejí z monitoringů vod i akčního programu, výsledků výzkumu, změn klimatu i připomínek z praxe.

Hlavní úpravy akčního programu:

- posun začátku zákazu hnojení u klimatických regionů 6 – 7, který tak bude stejný jako u klimatických regionů v níže položených oblastech – z vyhodnocení meteorologických údajů vyplývá, že za posledních 10 let se změnila teplotní charakteristika jednotlivých oblastí ČR,
- prodloužení možnosti hnojení v příznivých podmínkách – v některých letech a oblastech se např. v říjnu nemohlo reálně hnojit z důvodů přemokřené půdy, ale pak již nastalo období zákazu hnojení; úprava tedy umožňuje za příznivých podmínek (průměrné teploty vzduchu nad 5 °C) použít kejdu či digestát a vyprázdnit jímky před zimním obdobím,
- možnost o 14 dní dřívějšího předjarního hnojení u všech ozimů – výjimka původně platila pouze pro řepku a ozimou pšenici.
- možnost používání hnojiv s nízkým obsahem N (v dávce do 5 kg N/ha) k ozimým plodinám i v době zákazu hnojení – tato hnojiva jsou používána hlavně jako zdroj fosforu, draslíku, síry, vápníku, hořčíku, bóru nebo zinku, současně obsahují i další speciální přísady zlepšující příjem živin a podporující rozvoj kořenového systému i růst nadzemní hmoty,
- zápočet využitelného dusíku z rostlinných zbytků luskovin a jetelovin do limitu přívodu dusíku k následným plodinám,
- zvýšení cílových výnosů a limitů přívodu dusíku, např. pro ječmen, žito, oves, tritikále, mák, hořčici a len (u obilnin cca o 0,5 t/ha a o 10 kg N/ha) – z důvodů využívání nových odrůd, např. hybridního žita pro vysoké výnosy,
- zvýšení podzimních dávek dusíku pro řepku,
- zvýšení jednorázové dávky dusíku na deficitních a svažitéch pozemcích s trvalými travními porosty, s cílem podpořit v obdobích sucha nárůst biomasy pro první seč,
- zákaz pěstování kukuřice ve III. aplikačním pásmu více než dvakrát po sobě – po kukuřici zůstává na podzim v půdě nejvíce minerálního dusíku ze sledovaných plodin (Kozlovská & Klír).

Tab. 16 **Období zákazu používání dusíkatých hnojivých látek na orné půdě a TTP**
(Wollnerová et al. 2020)

Klimatický region*	Minerální dusíkatá hnojiva	Hnojiva s rychle uvolnitelným dusíkem	Hnojiva s pomalu uvolnitelným dusíkem***
0–5	1. 11. – 15. 2. (1. 11. – 31. 1. **)	15. 11. – 15. 2. (15. 11. – 31. 1. **)	15. 12. – 15. 2.
6–7	1. 11. – 28. 2. (1. 11. – 15. 2. **)	15. 11. – 28. 2. (15. 11. – 15. 2. **)	15. 12. – 28. 2.
8–9	15. 10. – 28. 2. (15. 10. – 15. 2. **)	5. 11. – 28. 2. (5. 11. – 15. 2. **)	15. 12. – 28. 2.

Vysvětlivky:

- * první číslice kódu bonitované půdně ekologické jednotky.
- ** platí na zemědělských pozemcích s průměrnou sklonitostí nepřevyšující 5 stupňů a s porostem ozimých plodin.
- *** platí i pro upravené kaly; pokud nedojde k následnému pěstování ozimých plodin nebo meziplodin je zakázáno hnojení také v období od 1. června do 31. července.

4 Metodika

V této části je popsán poloprovozní pokus, který probíhal v letech 2019, 2020, 2021 a byl součástí nejen této diplomové práce, ale i mé předchozí práce bakalářské, kterou jsem se snažil tímto rozšířit. Rozšíření spočívá ve vyhodnocení vlivu hnojení u jednotlivých variant na počet zrn v palici (tab. 23) a hmotnost zrn v palici (tab. 24). Dále byl vyhodnocen, tak jako v předchozích dvou ročnících, výnos zelené hmoty a její parametry – sušina, škrob, vláknina a cukry (tab. 21).

Na farmě firmy Rýcholka s.r.o. probíhalo vážení a odběry vzorků řezanky kukuřice. Ty poté byly odvezeny do laboratoře firmy Pioneer, kde proběhlo vyhodnocení podle NIR technologie (obr. 8). Dále v tentýž den před sklizní kukuřice proběhlo odebrání 10 vzorků palic z každé varianty pokusu z různých míst parcely, aby bylo dosaženo co největší hodnověrnosti výsledků.

Statistické vyhodnocení počtu zrn v palici (graf 14) a hmotnost zrn v palici (graf 15) bylo provedeno pomocí programu Statistica 12, hladina významnosti alfa byla zvolena 0,05. Vyhodnocení bylo provedeno pomocí metody analýzy rozptylu ANOVA jednoduchého třídění a v případě ozrnění palic byla pro podrobnější vyhodnocení použita Tuckeyova metoda. U statistického vyhodnocování hmotností palic jsem v podrobnějším testování nepokračoval, jelikož u F-testu vyšla p-hodnota (0,055412) vyšší než hladina významnosti alfa 0,05, tudíž neexistoval statisticky významný rozdíl hmotnosti palic v závislosti na způsobu hnojení.

Jak uvádí tab. 26, byl z výsledků průměrných počtů zrn v palicích a výnosů zrna při 14% sušině spočítán finanční rozdíl ve výnosu mezi jednotlivými variantami. Výsevek 90.000 jedinců/ha byl redukován 10 % (nevylíčená zrna, nevzešlé rostliny atd.), průměrná výkupní cena zrnové kukuřice byla kalkulovaná částkou 5.000,- Kč/t.

4.1 Polní část pokusu

4.1.1 Charakteristika podniku a pokusného stanoviště

Pokusy probíhaly na pozemcích firmy Rýcholka s.r.o., která sídlí v katastrální oblasti Choustníkovo Hradiště okresu Trutnov. Firma vznikla v roce 1993 privatizací Státního statku Smiřice. Společnost zprivatizovali a do roku 2007 vlastnili tři majitelé. Od roku 2007 vlastní společnost pouze majitel jeden. Firma má ve svém vlastnictví necelou polovinu celkové výměry obhospodařovaných pozemků, zbytek je v pronájmu.

Hlavním předmětem činnosti je zemědělská výroba:

Rostlinná výroba

Je zaměřená na výrobu obilnin a olejnin, jejíž součástí je i opravárenství zabezpečující chod rostlinné výroby. Největší podíl na produkci rostlinné výroby má obilí a řepka. Z obilí především pšenice ozimá, v menší míře pak ozimý ječmen a tritikále.

Pro výrobu objemných krmiv je pěstována kukuřice a vojtěška na senáž. Z TTP se sklízí tráva na seno a senáž, část luk je využívána na pastvu.

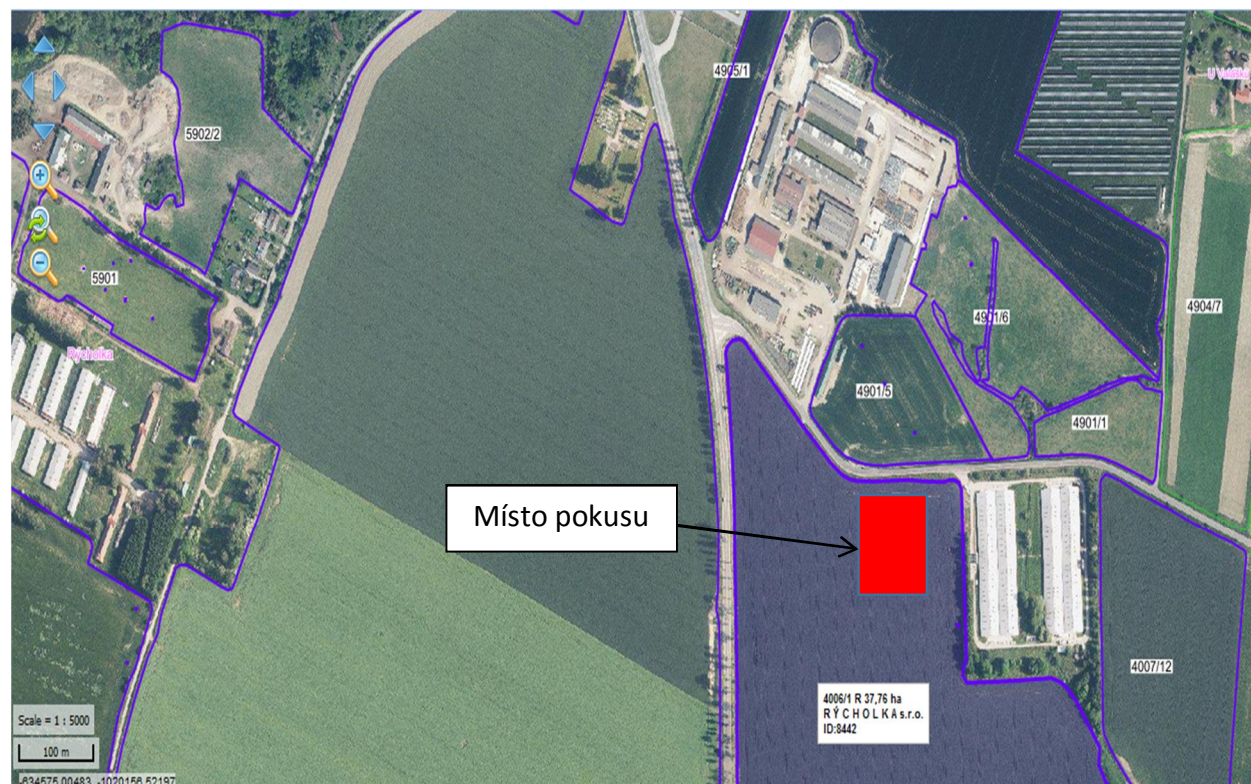
Živočišná výroba

Historicky, a to i po roce 1993, se zde chovala i prasata. Z ekonomických důvodů se ale od jejich chovu přibližně v roce 1998 ustoupilo a již nikdy nevrátilo. V současné době chováme pouze skot a zaměřujeme se primárně na produkci mléka. Stádo čítá 1.155 kusů skotu holštýnského plemene, kde zhruba 650 kusů jsou dojnice, zbytek jsou jalovice a telata. Firma i nadále počítá s výrobou mléka a zvyšováním jeho produkce. Prodej mléka se podílel na celkových tržbách ze 67 %.

Pokusné stanoviště

První a třetí rok pokusu, tj. rok 2019 a 2021 probíhaly v katastrální oblasti Choustníkovo Hradiště okresu Trutnov, kde obě pole – díly půdního bloku jsou označeny kódem BPEJ 5.14.00, tzn. klimatický region č. 5 (mírně teplý, mírně vlhký), hlavní půdní jednotkou (č. 14) jsou luvizemě, sklonitost a expozice jsou označeny číslicí 0 (úplná rovina, rovina), skeletovitost a hloubka půdy nese č. 0, tj. bezskeletovitá, s příměsí, hluboká. Nadmořská výška na této lokalitě je 286 m.

Druhý rok pokusu (rok 2020) byl umístěn v katastrálním území Žireč ves, obec Dvůr Králové nad Labem, okres Trutnov. Zde je BPEJ 5.44.00, tzn., klimatický region č. 5 (mírně teplý, mírně vlhký), hlavní půdní jednotkou (č. 44) jsou pseudogleje, sklonitost a expozice jsou označeny číslicí 0 (úplná rovina, rovina), skeletovitost a hloubka půdy nese č. 0, tj. bezskeletovitá, s příměsí, hluboká. Zde je nadmořská výška 283 m.



Obr. 6 Umístění pokusu rok 2021

Organizace pokusného stanoviště

Cílem tříletého poloprovozního pokusu, který se konal v letech 2019, 2020 a 2021, bylo ověřit a vyhodnotit způsob hnojení kukuřice hnojiv kejda a DAM. Dalším cílem bylo do budoucna najít vhodnou kombinaci dusíkatých hnojiv pro náš podnik.

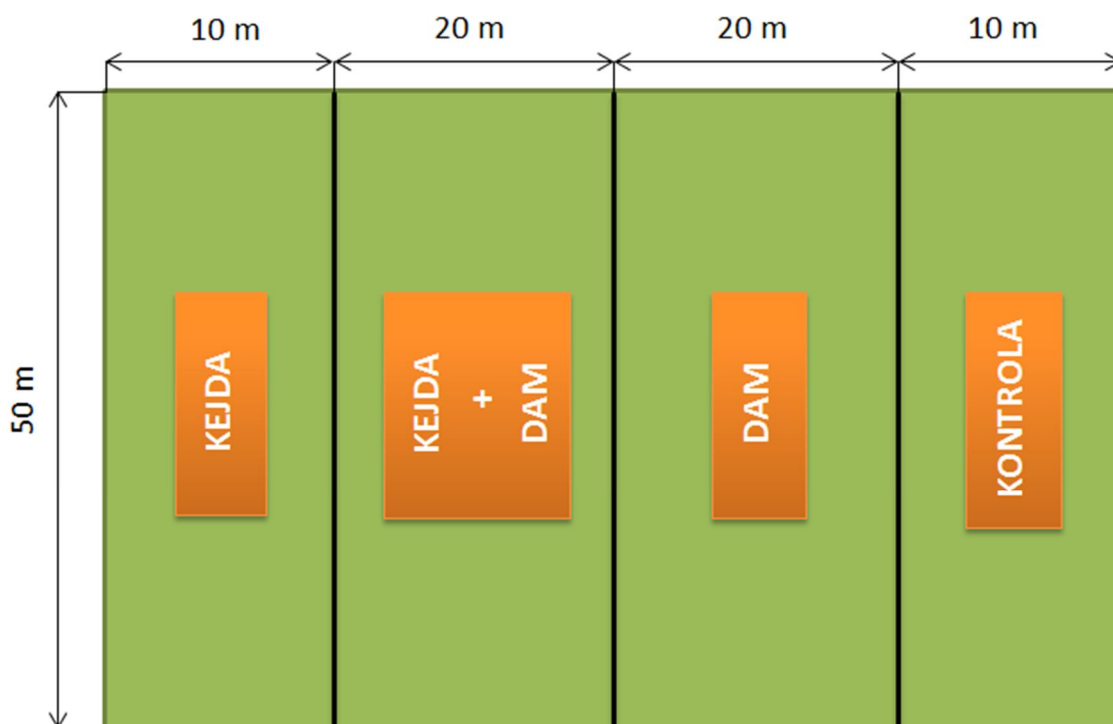
Pokus byl součástí půdního bloku, který byl oset kukuřicí a založen na čtyřech variantách (obr. 7) s použitím následujících hnojiv:

První varianta: **kejda**.

Druhá varianta: **kejda + DAM 390**.

Třetí varianta: **DAM 390**.

Čtvrtá varianta: **kontrola** (tj. nehnojeno).



Obr. 7 Varianty pokusu

Kejdou byla první a druhá varianta hnojena v dávce $64 \text{ m}^3/\text{ha}$.

Termíny hnojení kejdou:

2019: 12. dubna

2020: 17. dubna

2021: 22. dubna

DAMem 390 byly druhá a třetí varianta hnojeny v dávce 200 l/ha .

Termíny hnojení DAMem:

2019: 20. června

2020: 15. června

2021: 1. července

Tab. 17 Přívod živin do půdy v kejďě (kg/t kejdy)

Statkové hnojivo	Rok	Sušina (%)	N	P	K
Kejda	2019	6,05	3,7	0,1	1,9
	2020	6,3	3,7	0,8	2,4
	2021	6,65	3,6	0,9	2,2

Hodnocené ukazatele

V roce **2019** a **2020** byl pokus vyhodnocen na výnos zelené hmoty, obsah sušiny, výnos sušiny, dále dle laboratoře byly pomocí NIR technologie vyhodnoceny výnosy škrobu, vlákniny a cukru.

V pokusu z roku **2021** byly vyhodnoceny shodné parametry jako v letech 2019 a 2020 a navíc bylo sledování rozšířeno o vyhodnocení počtu zrn v palicích, jejich hmotnost a HTZ.



Obr. 8 Mobilní laboratoř pro vyhodnocení vzorků řezanky kukuřice

4.1.2 Agrotechnika pokusu

Předseťová příprava

Pro všechny varianty pokusu byla zvolena podzimní orba poloneseným osmiradličným pluhem PÖTTINGER SERVO 6.50 do hloubky 23 cm. Na jaře byla hrubá brázda stržena pomocí poloneseného diskového podmítače PÖTTINGER TERRADISC. Dále byla do příslušných variant pokusu aplikována kejda, která byla zapravena hloubkovým kypřičem FARMET DIGGER do hloubky 35 cm, poté byl použit kompaktor pro předseťovou přípravu.



Obr. 9 Předseťová příprava Pöttinger Terradisc a Farmet Digger

Aplikace kejdy

Aplikována byla kejda skotu z naší farmy, a to pomocí cisterny BAUER o objemu 24.000 l s hadicovým aplikátorem se záběrem 18 m o celkové dávce 64 m³/ha. Zároveň byl odebrán vzorek kejdy a odvezen na rozbor do zkušební laboratoře společnosti AGRO CS a.s. v České Skalici (tab. 18, 19, 20).



Obr. 10 Aplikace kejdy pomocí cisterny BAUER o objemu 24.000 l s hadicovým aplikátorem se záběrem 18 m

Tab. 18 Rozbor kejdy ze zkušební laboratoře v 100% sušině, rok 2019

Stanovení	Jednotka	Hodnota
Sušina	%	6,05
Organické látky	% suš.	73,67
Dusík celkový	% suš.	6,1
Volný amoniak	% suš.	4,3
Vápník	% suš.	3,92
Hořčík	% suš.	1,04
Fosfor	% suš.	0,15
Draslík	% suš.	3,06
Sodík	% suš.	1,17
pH	-	7,9

Tab. 19 Rozbor kejdy ze zkušební laboratoře v 100% sušině, rok 2020

Stanovení	Jednotka	Hodnota
Sušina	%	6,3
Organické látky	% suš.	73,33
Dusík celkový	% suš.	5,93
Volný amoniak	% suš.	4,13
Vápník	% suš.	4,43
Hořčík	% suš.	1
Fosfor	% suš.	1,29
Draslík	% suš.	3,75
Sodík	% suš.	1,23
pH	-	8,04

Tab. 20 Rozbor kejdy ze zkušební laboratoře v 100% sušině, rok 2021

Stanovení	Jednotka	Hodnota
Sušina	%	6,65
Organické látky	% suš.	75,49
Dusík celkový	% suš.	5,34
Volný amoniak	% suš.	3,91
Vápník	% suš.	4,35
Hořčík	% suš.	1,09
Fosfor	% suš.	1,3
Draslík	% suš.	3,26
Sodík	% suš.	1,13
pH	-	7,88

Setí

Kukuřice byla zasetá secím strojem KINZE 3500, výsevek činil 90.000 jedinců/ha, šířka řádku 75 cm. Jednalo se o hybridy:

- 1. pokus r. 2019:** SUCORN DS1710C od firmy SAATEN – UNION
- 2. pokus r. 2020:** P9234 od firmy PIONEER
- 3. pokus r. 2021:** KORYNT od firmy SAATEN – UNION.



Obr. 11 Setí secím strojem KINZE 3500

Aplikace herbicidu

Ve všech třech rocích pokusu byl herbicid aplikován preemergentně ve formě tank mixu.

Rok 2019: aplikace dne 1. června, herbicidy: Equip Ultra v dávce 2 l/ ha, Story 0,3 l/ ha, hnojivo močoviny 12 kg/ ha, hořké soli 10 kg/ ha, dávka 250 l vody/ha.

Rok 2020: aplikace dne 27 května, herbicidy: Story 0,3 l/ha, Balaton 3 l/ha, dále smáčedlo Šaman 0,2 l/ha a hnojivo močovina 12 kg/ha, dávka vody 250 l/ha.

Rok 2021: aplikace dne 7 června, herbicidy: Equip Ultra v dávce 2 l/ ha, Story 0,3 l/ha, dále smáčedlo Šaman 0,2 l/ha, hnojivo močovina 12 kg/ha, dávka vody 250 l/ha.

Aplikace DAM 390

Ve všech tříletých opakováních pokusu bylo dusíkaté hnojivo DAM 390 aplikováno v dávce 200 l/ ha pomocí postřikovače TECNOMA se speciálními nástavci, které ho aplikovaly přímo na povrch půdy.



Obr. 12 Ukázka aplikace hnojiva DAM pomocí trubicových nástavců

Sklizeň

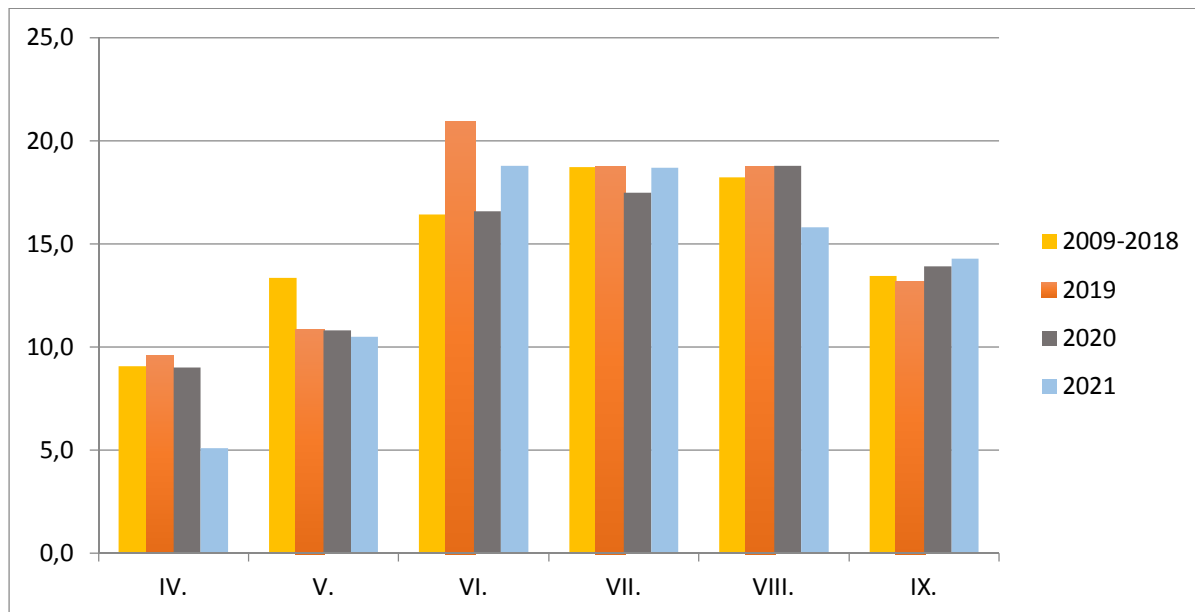
Sklizeň kukuřice na zeleno byla provedena řezačkou John Deere 8300. Řezanka kukuřice byla odvezena na farmu, kde byla zvážena a vysypána do silážního žlabu. Z každé fůry po promíchání jsme odebrali několik vzorků z různých míst a opět byly promíchány tak, aby konečný vzorek byl co nejvíce reprezentativní. Tento vzorek byl odvezen do laboratoře firmy Pioneer a podroben vyhodnocení NIR technologií (obr. 8). V roce **2019** proběhla sklizeň dne 17. září, v roce **2020** dne 20. října a **2021** dne 30. září.

4.1.3 Klimatické a povětrnostní podmínky v době pokusu

Teplota vzduchu

Dle Českého hydrometeorologického ústavu se teploty v našem kraji pohybovaly v době konání pokusu, tj. od zasetí v dubnu až do sklizně v září, v roce **2019** od 9,6 °C do 20,9 °C, v roce **2020** od 9 °C do 18,8 °C a konečně v roce **2021** od 5,1 °C do 18,8 °C.

Graf 5 Průměrné teploty vzduchu (°C), dle ČHMÚ



Srážky

Srážky byly měřeny přímo na pokusných stanovištích pomocí srážkoměru.

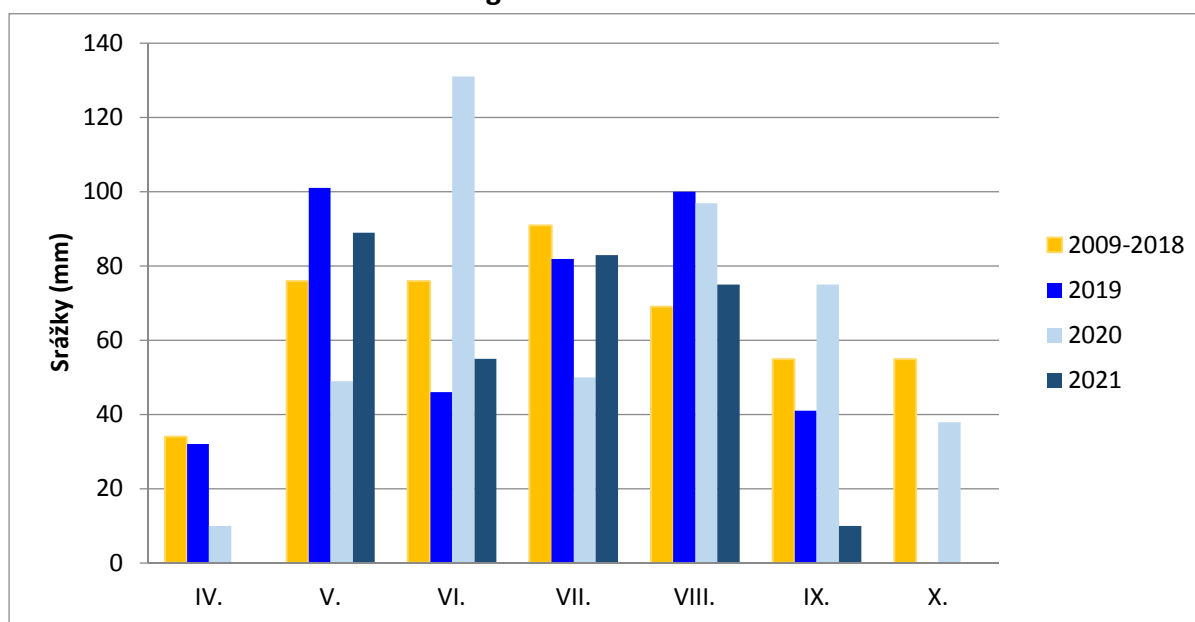
V roce **2019** od počátku zasetí kukuřice do její sklizně byl celkový úhrn 402 mm. Nejvíce srážek spadlo v srpnu – 100 mm.

V roce **2020** byl úhrn srážek 450 mm, nejvíce jich bylo v měsíci červnu – 131 mm.

V roce **2021** byl úhrn srážek 312 mm a nejvíce pršelo v měsíci květnu – celkem 89 mm.

Historie posledních let nám ukazuje, že je tendence k suchým obdobím, ovšem sledovaný rok 2019 byl na srážky spíše bohatší, zejména v měsících červenci a srpnu, které jsou obvykle na srážky chudší. Měsíční průběh srážek je vyjádřen v grafu 6.

Graf 6 Přehled srážek za měsíc ve vegetačním období



5 Výsledky

5.1 Analýza řezanky kukuřice na siláž

Tab. 21 Rozbor kukuřičné řezanky v jednotlivých letech pokusu

Varianta	Rok	Výnos t/ha	Výnos sušiny t/ha	Sušina %	Škrob % suš.	Vláknina % suš.	Cukry % suš.
Kejda	2019	79,3	24,12	30,42	24,45	21,03	8,89
	2020	70,1	26,59	37,93	34,94	18,74	4,88
	2021	63,34	20,94	33,06	34,00	19,19	5,85
Kejda + DAM	2019	78,08	24,09	30,85	23,33	21,63	9,07
	2020	69,34	25,28	36,46	36,42	17,96	3,77
	2021	64,09	21,26	33,17	33,34	19,73	4,99
DAM	2019	74,66	22,65	30,34	25,69	21,13	8,39
	2020	67,06	25,99	38,76	36,23	18,29	3,6
	2021	58,81	20,48	34,83	33,15	19,6	5,07
Kontrola	2019	75,64	25,23	33,36	28,15	19,27	8,77
	2020	58,67	23,84	40,64	39,56	17,02	2,24
	2021	59,57	21,06	35,36	30,49	20,02	5,19

Tab. 22 Průměrné hodnoty za tříleté sledování (2019 – 2021)

Varianta	Výnos t/ha	Výnos sušiny t/ha	Sušina %	Škrob % suš.	Vláknina % suš.	Cukry % suš.
Kejda	70,91	23,88	33,80	31,13	19,65	6,54
Kejda + DAM	70,50	23,54	33,49	31,03	19,77	5,94
DAM	66,84	23,04	34,64	31,69	19,67	5,69
Kontrola	64,63	23,38	36,45	32,73	18,77	5,40

Výsledky sledovaných parametrů jsou shrnuty v tab. 21. Nejvyššího výnosu zelené hmoty bylo dosaženo v roce 2019, a to 79,3 t/ha u varianty hnojené pouze kejdou. Dále jak je z tabulek 21 a 22 zřejmé, nejvyššího výnosu zelené hmoty ve všech třech sledovaných letech dosahovaly varianty hnojené kejdou, což je do budoucna dobrá zpráva pro náš podnik. Naopak nejnižší výnos zelené hmoty byl u varianty kontrolní v roce 2020 – 58,67 t/ha. Varianta pokusu hnojená pouze DAMem, v porovnání s variantou kontrolní, nevykazovala vždy vyšší výnos zelené hmoty (kromě roku 2020), jak by se dalo teoreticky

předpokládat, ale naopak v letech 2019 a 2021 byl výnos nižší, v roce 2019 o 0,98 t/ha (o 1,3 %) a v roce 2021 o 0,76 t/ha (o 1,3 %). Jedním z důvodů může být množství spadlých srážek, s čímž souvisí i proplavování dusíku v půdním profilu i termín aplikace DAMu. V letech 2019 a 2021 byl jejich úhrn nejmenší za tříleté období, a to 402 mm, respektive 312 mm, oproti roku 2020, kdy byl úhrn 450 mm. Svou roli zde také mohla sehrát variabilita pozemku či porostu nebo stará půdní zásoba živin, neboť půdy u nás jsou dobře zásobeny dusíkem.

Průměrné hodnoty za tříleté sledování jsou sumarizovány v tab. 22. Tyto hodnoty jsou sice průměrné, ale to neznamená, že se v konkrétních letech sledování nemohly lišit, což dokladuje tab. 21, šlo spíše o zachycení trendu.

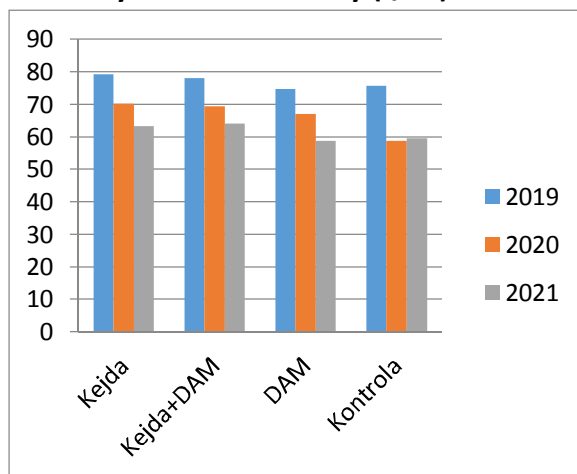
Výnos **zelené hmoty** byl u varianty hnojené pouze **kejdou** proti kontrole navýšen v roce 2019 o 4,8 %, v roce 2020 o 19,5 %, v roce 2021 o 6,3 %.

Výnos zelené hmoty byl u varianty hnojené **kejdou a DAMem** proti kontrole navýšen v roce 2019 o 3,2 %, v roce 2020 o 18,2 %, v roce 2021 o 7,6 %.

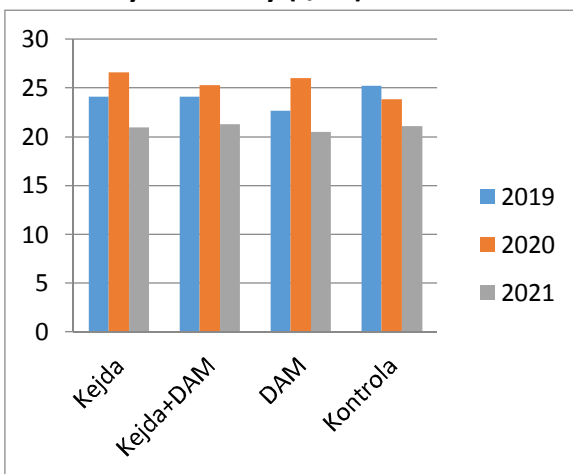
U varianty hnojené pouze **DAMem** dosáhl v roce 2019 a 2021 výnos v zelené hmotě shodně 98,7 % kontroly, v roce 2020 byl výnos navýšen o 14,3 %.

Výnos sušiny se pohyboval v roce 2019 v rozmezí od 22,65 t/ha do 25,23 t/ha, v roce 2020 od 23,84 t/ha do 26,59 t/ha, v roce 2021 od 20,48 t/ha do 21,26 t/ha.

Graf 7 Výnos zelené hmoty (t/ha)



Graf 8 Výnos sušiny (t/ha)

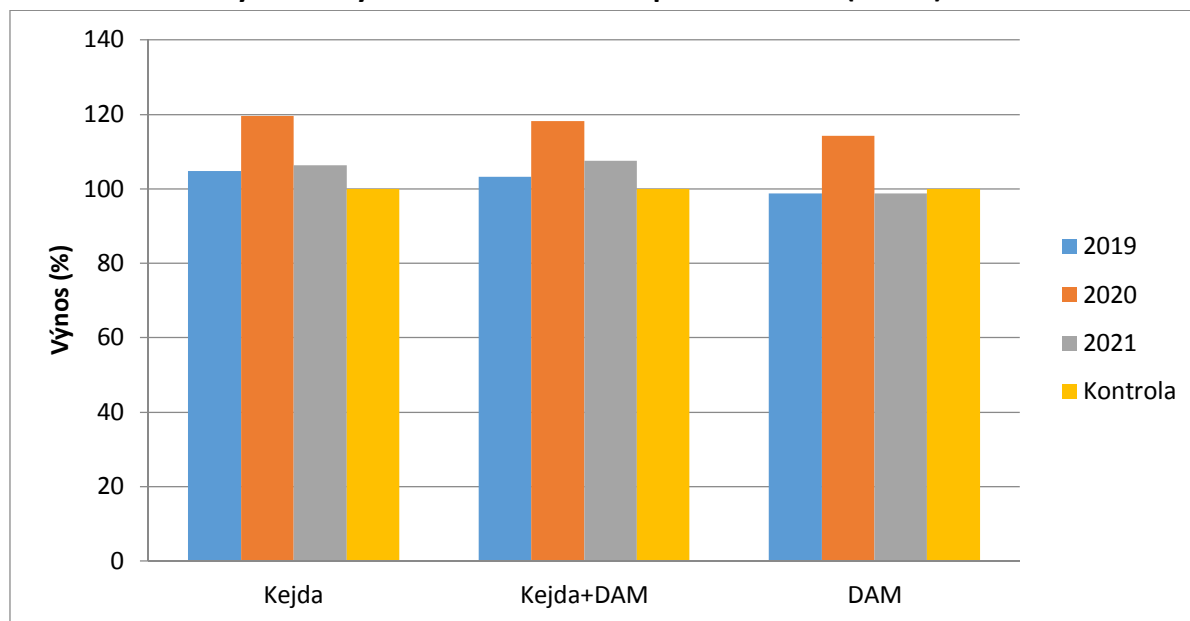


Nejvyšší výnos zelené hmoty byl v roce 2019 u varianty hnojené pouze kejdou – 79,30 t/ha, **nejnižší** v roce 2020 u kontroly – 58,67 t/ha.

Nejvyšší výnos sušiny byl v roce 2020 u varianty hnojené pouze kejdou – 26,59 t/ha, **nejnižší** v roce 2021 u varianty hnojené DAMem – 20,48 t/ha.

Z údajů uvedených v tab. 21, 22 a grafů 7, 8 je patrný velmi příznivý vliv kejdy. Obě varianty, které byly kejdou hnojeny, vykázaly nejvyšší výnos zelené hmoty a pokud by byla sklizeň ještě oddálena, dá se předpokládat, že by dosáhly i nejvyššího výnosu sušiny.

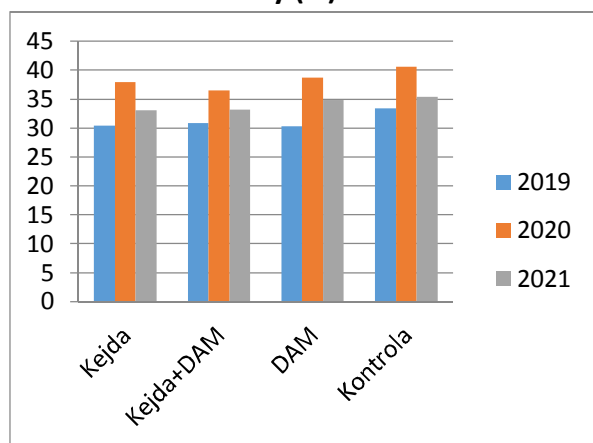
Graf 9 Procentický rozdíl výnosu v zelené hmotě proti kontrole (100 %)



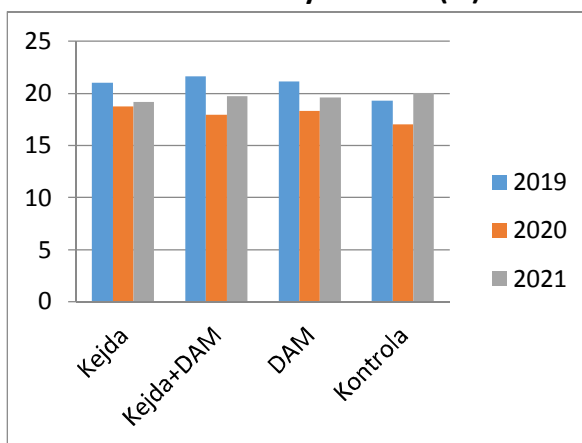
Obsah sušiny se v roce 2019 pohyboval mezi hodnotami 30,34 % až 33,36 %, v roce 2020 od 36,46 % do 40,64 %, v roce 2021 od 33,06 % do 35,36 %.

Vláknina v sušině měla v roce 2019 hodnoty od 19,27 % do 21,63 %, v roce 2020 od 17,02 % do 18,74 %, v roce 2021 od 19,19 % do 20,02 %.

Graf 10 Obsah sušiny (%)



Graf 11 Obsah vlákniny v sušině (%)



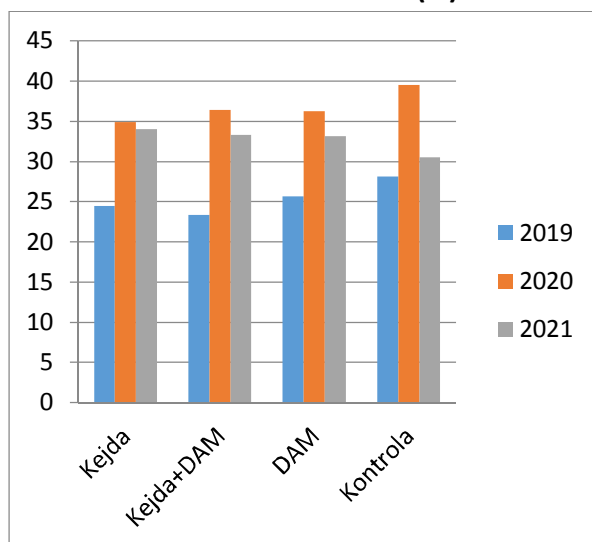
Nejvyšší obsah sušiny byl v roce 2020 u kontroly – 40,64 %, **nejnižší** v roce 2019 u varianty hnojené DAMem – 30,34 %. Nejnižší obsah sušiny převládal u variant hnojených kejdou. Lze to přičíst tomu, že působení organických hnojiv (v našem případě kejdy) je pozvolnější a dlouhodobější, tudíž oddalují dozrávání rostlin. Využití živin z těchto hnojiv výrazně závisí na podmínkách pro jejich mineralizaci, čímž se může právě vegetační doba prodlužovat. To, že v některých letech to bylo naopak, lze přikládat vlivu ročníku, srážek, zvolenému hybridu nebo charakteru stanoviště.

Nejvyšší obsah vlákniny v sušině byl v roce 2019 u kejdy s DAMem – 21,63 %, **nejnižší** v roce 2020 u kontroly – 17,02 %. Ve většině případů byl obsah vlákniny vyšší u variant hnojených kejdou, ať už samostatně nebo v kombinaci s DAMem. Dá se předpokládat, že je to způsobeno tím, že v době sklizně nebylo uloženo takové množství škrobu, který způsobuje dozrávání rostlin, a to v hmotnostním poměru vůči vláknině, proto je podíl vlákniny větší u variant hnojených kejdou. Jinými slovy, čím je méně škrobu, tím je hmotnostně větší podíl vlákniny. To, že škrobu nebylo tolik, lze opět přičíst tomu, že u variant hnojených kejdou se oddalovalo dozrávání palic. U těchto kejdových variant byl vyšší obsah vlákniny, než u kontroly (kromě roku 2021) a DAMu, a rostliny dříve dozrávaly – dříve uložily škrob.

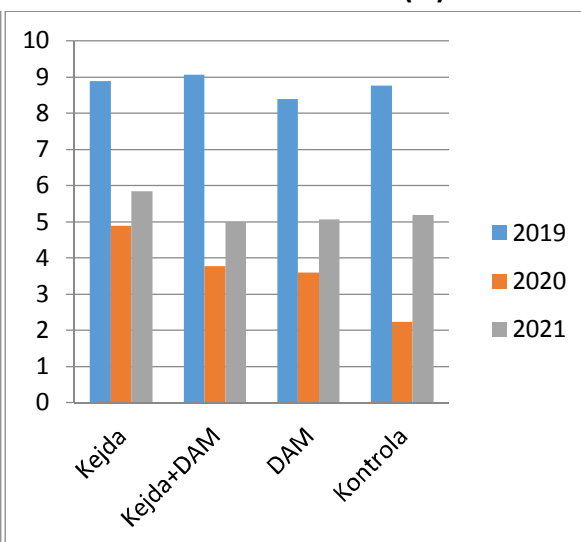
Obsah škrobu v sušině byl v roce 2019 mezi hodnotami od 23,33 % do 28,15 %, v roce 2020 od 34,94 % do 39,56 %, v roce 2021 od 30,49 % do 34 %.

Cukry v sušině měly v roce 2019 hodnoty od 8,39 % do 9,07 %, v roce 2020 od 2,24 % do 4,88 %, v roce 2021 od 4,99 % do 5,85 %.

Graf 12 **Obsah škrobu v sušině (%)**



Graf 13 **Obsah cukru v sušině (%)**



Nejvyšší obsah škrobu byl v roce 2020 u kontroly – 39,56 %, **nejnižší** v roce 2019 u varianty hnojené kejdou – 23,33 %. Kromě roku 2021 byl ve variantách hnojených kejdou obsah škrobu nižší než u kontroly a DAMu. Obsah škrobu je závislý na zralosti zrna. U variant, které nebyly hnojené kejdou, bylo zrno více vyvinuté, mělo vyšší obsah škrobu, rostliny v těchto variantách byly vyvinutější a potřebovaly ukončit vegetaci. Rostliny na variantách hnojených kejdou stále vegetovaly, a tudíž měly obsah škrobu nižší.

Nejvyšší obsah cukrů v sušině byl v roce 2019 u kejdy s DAMem – 9,07 %, **nejnižší** v roce 2020 u kontroly – 2,24 %. Nejvyšší obsahy cukru byly ve variantách hnojených kejdou. Rostlinám v těchto variantách byla sklizní dříve ukončena vegetace, měly vyšší obsah cukrů a tudíž nižší obsah škrobu. Pokud by vegetace rostlin hnojených kejdou dále pokračovala, cukr by asimiloval na škrob, tím by jeho obsah klesal a naopak by stoupal obsah škrobu.

5.2 Analýza počtu zrn v palici

Palice a zrno v ní představuje významnou složku silážní biomasy a obsahu jednotlivých živin v ní. Proto byla provedena podrobnější analýza produkce zrna. Zjištěný počet zrn v palici hodnocený v roce 2021 je uveden v tab. 23. Z každé varianty pokusu bylo odebráno 10 palic z různých míst na každé variantě. Na rostlinách byla většinou jedna palice, na některých byly i palice dvě, ale ta druhá byla malá, proto nebyla do hodnocení zahrnuta. Nejvyššího průměrného počtu zrn na palici bylo dosaženo ve variantě pokusu hnojené pouze kejdou, a to 570 ks zrna na palici. Naopak nejméně zrn, 515 ks, bylo dosaženo ve variantě kontrolní. Rozdíl činí 9,6 %. Je tedy zřejmé, že dusík obsažený v kejdě, prospěšně ovlivnil počet zrn v palici, což je hlavní faktor, který ovlivnil i výnos zrna.

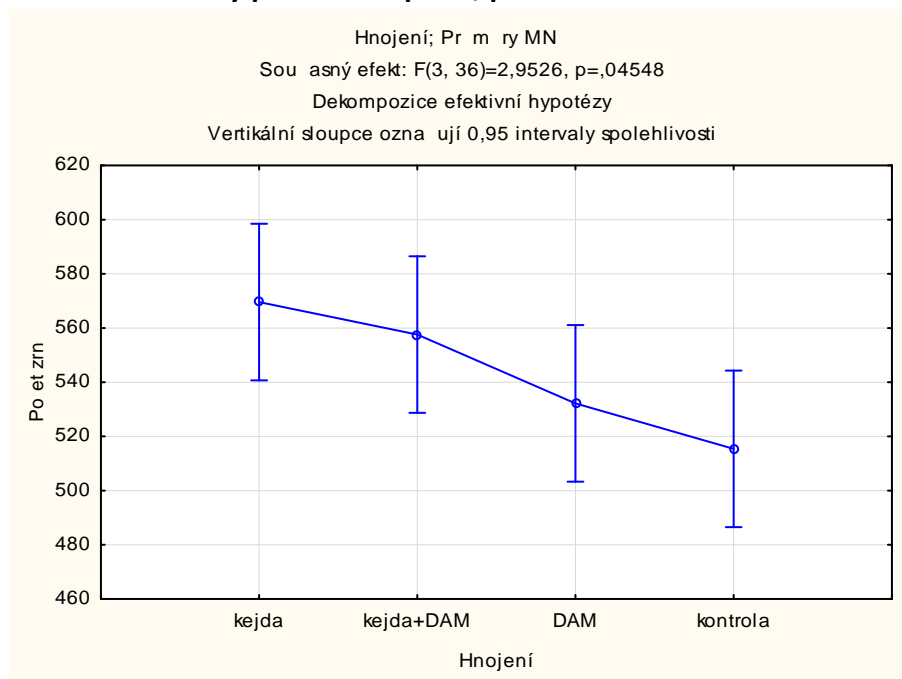
Tab. 23 Počet zrn v palici (ks)

Varianta	1. palice	2. palice	3. palice	4. palice	5. palice	6. palice	7. palice	8. palice	9. palice	10. palice	Průměr
Kejda	624	544	496	544	560	592	576	576	576	608	570
Kejda + DAM	496	576	574	490	592	640	504	518	594	592	558
DAM	532	468	576	560	560	490	592	546	480	518	532
Kontrola	480	504	592	544	492	594	464	490	462	532	515

Statistické vyhodnocení počtu zrn v palici

Č. buňky	Tukeyův HSD test; proměnná Počet zrn (Zrnitost palic)				
	Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 2028,9, sv = 36,000				
	Hnojení	1	2	3	4
		569,60	557,60	532,20	515,40
1	kejda		0,932795	0,264607	0,050413
2	kejda+DAM	0,932795		0,593201	0,174227
3	DAM	0,264607	0,593201		0,838019
4	kontrola	0,050413	0,174227	0,838019	

Graf 14 Průměrný počet zrn v palici, pokus rok 2021



Vyhodnocení

Mezi jednotlivými variantami neexistuje statisticky významný rozdíl, jelikož u všech variant je p-hodnota větší než hladina významnosti alfa 0,05. **Rozdíly v počtu zrn v palicích jsou způsobeny nahodilostí, nikoliv sledovanými variantami hnojení.**

5.3 Analýza průměrné hmotnosti zrn v palici

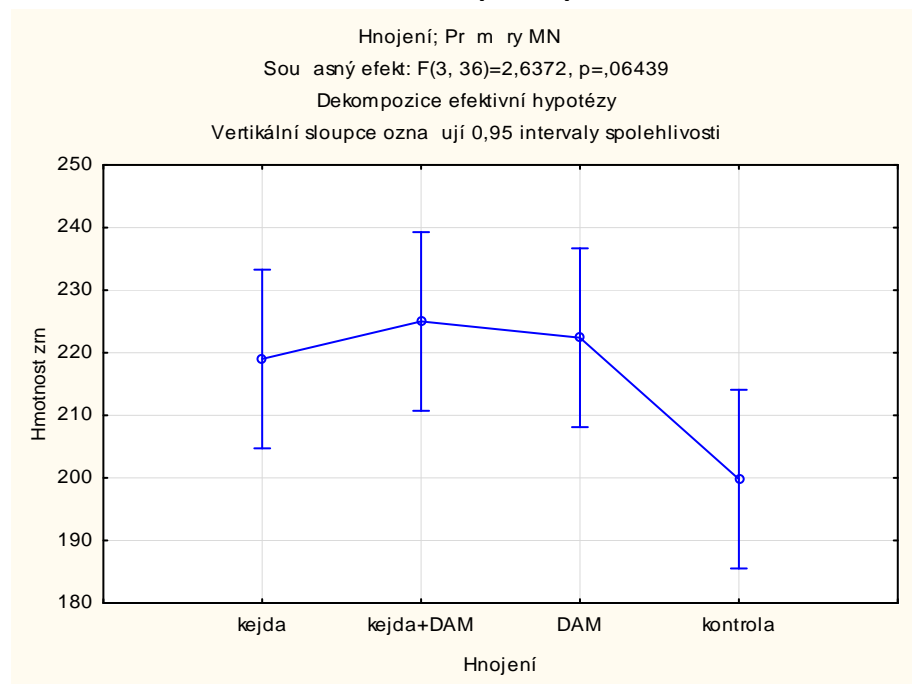
Hmotnost zrn v palicích byla sledována v roce 2021. Z každé varianty pokusu bylo odebráno 10 vzorků palic z různých míst. Zrna byla ručně oddělena z vřetena, promíchána, fyzicky spočítána a zvážena. Sušina při sklizni byla 35 %. Nejvyšší průměrné hmotnosti zrn v palici dosáhla varianta pokusu hnojená kejdou společně s DAMem – 225 g. Naopak nejnižší hmotnosti, 200 g, bylo ve variantě kontrolní (tab. 24).

Tab. 24 Hmotnost zrna palic (g)

Varianta	1. palice	2. palice	3. palice	4. palice	5. palice	6. palice	7. palice	8. palice	9. palice	10. palice	Průměr
Kejda	262	240	218	194	252	191	189	194	231	219	219
Kejda + DAM	225	215	235	191	242	233	198	251	219	241	225
DAM	247	183	213	225	206	240	253	209	226	222	222
Kontrola	200	184	221	231	195	202	197	221	189	158	200

Statistické vyhodnocení hmotnosti zrn v palici

Graf 15 Průměrná hmotnost zrna v palici, pokus rok 2021



Analýza rozptylu:

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro Hmotnost zrn (Hmotnost zrn) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	1875756	1	1875756	3783,885	0,000000
Hnojení	3922	3	1307	2,637	0,064394
Chyba	17846	36	496		

Vyhodnocení

Mezi jednotlivými variantami neexistuje statisticky významný rozdíl, jelikož u F-testu je p-hodnota (0,064394) větší než hladina významnosti alfa 0,05. **Rozdíly v hmotnostech zrn v palici jsou způsobeny nahodilostí, nikoliv sledovanými variantami hnojení.** Z toho důvodu dále nepokračuji v testování.

Hmotnost tisíce zrn (HTZ)

Hmotnost tisíce zrn byla počítána pouze v roce 2021, tedy ve třetím pokusném roce. Zrna byla ručním způsobem oddělena od větvena palice, dosušena na 14% vlhkost a poté spočítána a zvážena (tab. 25). Tímto způsobem byla spočítána HTZ pro celou variantu jako celek, nikoliv pro jednotlivá měření.

Tab. 25 Hmotnost tisíce zrn (g)

Varianta	HTZ
Kejda + DAM	318
Kejda	323
DAM	316
Kontrola	304

5.4 Finanční analýza výnosu zrna v závislosti na způsobu hnojení kejdou a DAMem

Tab. 26 Vyhodnocení výnosu zrna (v Kč)

Varianta	Průměrný počet zrn v palicích	HTZ při 14% vlhkosti	Počet rostlin (90000-10 %)	Výnos zrna při 14% vlhkosti (t/ha)	Výkupní cena (Kč/t)	Výnos zrna (Kč/ha)
Kejda + DAM	558	318	81 000	14,37	5 000	71 850
Kejda	570	323		14,91		74 550
DAM	532	316		13,62		68 100
Kontrola	515	304		12,68		63 400

V této části pokusu bylo snahou vysledovat rozdíly ve výnosu zrna, jako nejvýznamnější složky kukuřičné siláže, v závislosti na způsobu hnojení jednotlivých variant a rozdíly přepočítat na finanční hodnotu.

Z každé varianty pokusu bylo odebráno 10 vzorků palic z různých míst. Na každé palici byla spočítána zrna v řadě a počet řad, součty poté mezi sebou vynásobeny pro zjištění celkového počtu zrn v palici. Takto bylo spočítáno všech 10 kusů palic z každé varianty a vypočten průměrný výnos zrna. Výnos zrna byl přepočítán na 14% vlhkost, pro výpočet byl výsevek 90.000 jedinců, který byl ponížěn o 10 % (vzcházení a další úbytek rostlin za vegetace), průměrná výkupní cena za 1 tunu zrna kukuřice byla stanovena 5.000,- Kč. Průměrný počet zrn v palici byl vynásoben hmotností jednoho semene, dále vynásobeno počtem rostlin na 1 ha a tím byl získán biologický výnos zrna při 14% vlhkosti v tunách na

hektar. Tento výnos byl vynásoben průměrnou výkupní cenou a tím byly získány teoretické tržby za zrno v korunách na hektar.

Nejvyšší výnos zrna při 14% vlhkosti byl vypočítán u varianty hnojené pouze kejdou 14,91 t/ha, při ceně 5.000,- Kč/t to činí 74.550,- Kč/ha.

Nejnižší výnos zrna při 14% vlhkosti byl u varianty kontrolní 12,68 t/ha, to při ceně 5.000,- Kč/t činí 63.400,- Kč/ha.

Výnos zrna v Kč/ha byl u varianty hnojené pouze **kejdou** proti kontrole navýšen o **11.150,- Kč** (17,6 %).

Výnos zrna v Kč/ha byl u varianty hnojené **kejdou a DAMem** proti kontrole navýšen o **8.450,- Kč** (13,3 %).

Výnos zrna v Kč/ha byl u varianty hnojené pouze **DAMem** proti kontrole navýšen o **4.700,- Kč** (7,4 %).

Z výše uvedených výsledků vyplývá, že při rozdílech ve výnosu zrna a jejich přepočtu na finanční hodnotu je tento ukazatel nejvýznamnější. Dusíkatým hnojením je nejvíce ovlivněn počet zrn v palici (zejména počet zrn v řadě – délka palice) a dále hmotnost tisíce zrn. Nejvyššího rozdílu bylo dosaženo u variant hnojených kejdou, ať už samostatně nebo společně s DAMem. Dá se tedy předpokládat, že se opět potvrdil přínosný vliv kejdy, zde konkrétně na výnosu zrna, a při přepočtu na finanční hodnotu je tento rozdíl velice významný.

V roce 2022 došlo k výrazným změnám cen u hnojiv včetně dusíkatého hnojiva DAM 390. Ceny se zvedly více než trojnásobně, a to hlavně díky cenám zemního plynu, elektřiny a pohybu měnového kurzu. Za této situace je obzvláště důležité efektivně využít všechny živiny obsažené v hnojivu a snažit se zabránit hlavně ztrátám dusíku, a to již při samotné aplikaci. S ohledem na ceny hnojiv (nakupovaná a vlastní) jsme se rozhodli nevyhodnocovat vliv na celkem dodaný dusík.

Tab. 27 Vývoj nákladů a výnosů silážní kukuřice v závislosti na výnosu

Výnos zelené hmoty (t/ha)	Průměrná realizační cena (Kč/t)	Tržby za výrobky (Kč/t/ha)	Náklady celkem (Kč/ha)	Zisk (Kč/t)	Rentabilita nákladová (%)
20	900	18 000	31 391	-13 391	-43
30		27 000		-4 391	-14
40		36 000		4 609	15
50		45 000		13 609	43
60		54 000		22 609	72
70		63 000		31 609	101

Silážní kukuřice může být také realizována na prodej mimo zemědělský podnik. V tab. 27 je kalkulováno s prodejní cenou 900,- Kč/t a s náklady 31.391,- Kč/ha dle Ústavu zemědělské ekonomiky a informací (UZEI). Jak je z tab. 27 zřejmé, při nákladech 31.391,- Kč/ha a průměrnou prodejní cenou 900,- Kč/t začíná ziskovost produkce silážní kukuřice při výnosu 40 t/ha.

6 Diskuze

Jak uvádí Tyrolová (2021), bez kukuřice si v současné době již nedovedeme intenzivní živočišnou výrobu představit, což platí i pro podnik Rýcholka s.r.o., na jehož pozemcích probíhal v letech 2019, 2020 a 2021 poloprovozní pokus s kukuřicí. Jeho cílem bylo vysledovat rozdíly ve způsobu hnojení kejdou skotu a DAMu – jejich vliv na produkci kukuřičné biomasy (kukuřice na siláž). V roce 2021 byl navíc sledován počet a hmotnost zrn v palicích.

Černý et al. (2010) uvádí, že úhrada živin je především zajišťována minerálními hnojivy, nelze ale s ohledem na udržení půdní úrodnosti opomenout význam organických hnojiv. Dle Dostála (2005) představuje kejda skotu hodnotné komplexní organominerální hnojivo. Toto vše si v podniku uvědomujeme a snažíme se s kejdou pracovat tak, aby se pouze „nevylévala“ na pole, protože, jak uvádí i Vaněk et al. (2016), kejda obsahuje i spoustu dalších prvků jako např. fosfor, draslík, vápník, hořčík a námi zjištěné výsledky z tříletého pokusu to dokládají.

Richter (2005) potvrzuje, že kukuřici řadíme mezi plodiny, které velmi pozitivně reagují na hnojení kejdou, i naše pokusy v letech 2019 až 2021 to potvrdily. Varianty hnojené kejdou patřily v rámci sledovaných k nejvýnosnějším. Dále to lze dokladovat rokem 2019 u varianty hnojené kejdou výnosem zelené hmoty 79,3 t/ha, což byl také nejvyšší výnos za celé tříleté opakování pokusu. V roce 2020 byla nejúspěšnější varianta hnojená také kejdou, a to s výnosem 70,1 t/ha, v roce 2021 to byla varianta opět hnojená kejdou, ale zde v kombinaci s DAMem – 64,09 t/ha. Jak dále Richter (2005) uvádí, při hnojení kukuřice kejdou dochází ke zvýšení obsahu významných živin (N, Ca, Mg, P, K, Na) ve sklizené biomase.

V pokusech bylo dále použito dusíkaté hnojivo DAM 390, které je dlouhodobě využíváno ve firmě Rýcholka s.r.o. nejen ke hnojení kukuřice. Způsob aplikace byl pomocí aplikačních trubic, kdy bylo hnojivo aplikováno přímo na povrch pozemku (obr. 12). Toto hnojivo se na vyšší výnosu zelené hmoty a výnosu zrna výrazně neprojevovalo. Jako možný důvod lze uvést právě formu aplikace, neboť hnojivo nebylo do půdy zapraveno (podrobněji viz níže „Doporučení pro firmu Rýcholka“), tudíž mohlo dojít ke ztrátám NH_3 . V tomto způsobu aplikace vidím značnou nevýhodu, neboť může docházet právě ke ztrátám dusíku. Toto tvrzení potvrzuje i Hlušek (2004), neboť uvádí, že účinnost hnojení DAMem můžeme zvýšit včasným zapravením do půdy nebo vláčením.

6.1 Struktura výnosů

Ve výnosu zelené hmoty a sušiny za 3 roky opět vedou varianty hnojené kejdou. Může to tedy znamenat, že kejda podporuje nárůst rostlin, rostliny jsou vyšší než v ostatních variantách a poskytují vyšší výnos biomasy. U některých variant pokusu je evidentní, že nebyly sklizeny v optimální sušině, neboť jak uvádí Diviš (2015), kukuřice na siláž by se měla sklízet v termínu s optimálním obsahem sušiny biomasy 28 – 33 %. Tuto hodnotu ideální

sušiny je ale v provozu obtížné stabilně udržet, jelikož, jak uvádí i Doležal et al. (2002), sklizeň je podřízena technologicko-organizačním požadavkům podniku.

Nejvyšší průměrné hodnoty obsahu škrobu dosáhla nehnojená varianta. Dle Zimolky (2008) obsah škrobu kolísá v závislosti na řadě činitelů. Všechny faktory snižující fotosyntézu jsou příčinou menšího nalévání zrna, nižšího hromadění škrobu. Jak uvádí tab. 22, v průměru nejvíce škrobu – 32,73 % měla nehnojená varianta. Lze to zdůvodnit i tím, že rostliny poskytly nižší výnos zelené hmoty, chyběl jim minimální dusík pro jejich nárůst, což se projevilo i na velikosti palic. Proto obsah škrobu byl vyšší a zároveň i jeho výnos. Jak dále uvádí Kulovaná (2000), se zvyšováním sušiny rostlin souvisí zvýšené ukládání škrobu, což potvrzují i výsledky uvedené v tab. 21 a 22. Jak uvádí Loučka et al. (2015), na začátku nalévání zrna je vyšší zastoupení rozpustných cukrů a méně škrobu, naopak ve zralém zrnu převažuje obsah škrobu. S pokračující zralostí zrna klesá degradovatelnost škrobu. Jinými slovy, jak uvádí Jambor (2015), čím je rostlina starší, dochází k poklesu obsahu cukrů díky jeho přeměně na škrob. Výše uvedené potvrzuje naše pokusy, jelikož u variant hnojených kejdou byla dříve ukončena vegetace, tudíž v zrnech byl vyšší obsah cukrů a méně škrobu. Dřívější ukončení vegetace bylo záměrné, a to hlavně z technologických důvodů, jak již bylo také uvedeno. Na druhou stranu nemusí jít o nějak závažný problém, jelikož, jak uvádí Mitrík (2018), dynamická a intenzivní transformace cukrů na škrob je soustředěná do období 10 – 14 dní a koncentrace škrobu stoupá velmi pozvolně. Dále uvádí, že další otálení se sklizní není levnou záležitostí, protože koncentrace cukrů se snižuje i s přetrvávajícím dýcháním rostlin při omezené fotosyntéze. Tyto ztráty mohou dosahovat okolo 5 g cukrů/kg sušiny za jeden den, což představuje na 100 hektarech při výnosu 15 tun sušiny/ha ztrátu až 7.500 kg cukrů na den. To ovlivní nejen fermentaci siláže, ale i její konečnou chutnost, což je pro skot velmi důležité.

6.2 Finanční analýza

V roce 2021 bylo součástí pokusu sledování počtu zrn v palicích. Vaněk et al. (2016) uvádí, že hnojení dusíkem ovlivňuje všechny výnosové prvky kukuřice. Dále uvádí, že dusíkatým hnojením je nejvíce ovlivněn počet zrn v palici (zejména počet zrn v řadě – délka palice) a dále hmotnost 1.000 semen. Jak vyplývá z tab. 23, která udává počty zrn v palicích, lze toto tvrzení potvrdit, neboť nejvyššího průměrného počtu zrna bylo dosaženo u varianty hnojené pouze kejdou – 570 ks, a u varianty hnojené opět kejdou, ale zde společně s DAMem, 558 ks. Nicméně ze statistického vyhodnocení počtu zrn v palicích v roce 2021 na hladině významnosti alfa 0,05 vyplývá, že rozdíly jsou způsobeny nahodilostí, nikoliv sledovanými variantami hnojení, a že průměrný počet zrn v palici není v našem pokusu zvoleným způsobem hnojení ovlivněn a je statisticky neprůkazný.

Při vyhodnocení průměrných hmotností zrna v palicích v pokusném roce 2021 bylo zjištěno navýšení u hnojených variant oproti nehnojené kontrole (tab. 24). Ze statistického vyhodnocení ale vyplývá, že vliv hnojení na hmotnost zrna v palicích je neprůkazný (hladina významnosti alfa 0,05). Dle Vokála et al. (2004) je obsah přístupných živin v půdě velmi

významným faktorem, který bývá souhrnně označován jako „stará půdní síla“. Dále uvádí, že v mnoha polních pokusech bylo dokázáno, že na výživě rostlin se stará půdní síla podílí více, než přímé dodání živin v hnojivech, a že se vytváří pravidelným hnojením a zúrodňováním. Pravidelnému hnojení minerálními a hlavně statkovými hnojivy se dlouhodobě věnujeme i v našem podniku. Dá se tedy předpokládat, že toto je jeden z důvodů, proč rozdíly v pokusech hnojených a nehnojených variant ne vždy vycházely tak, jak by se dalo očekávat. Hlisnikovský et al. (2018) uvádí, že pravidelná aplikace statkových hnojiv (v našem případě kejdy) napomáhá upravit vlastnosti půdy, jako je např. retenční schopnost, nebo pozitivně ovlivňuje biodiverzitu půdních mikroorganismů. Novák et al. (2010) uvádí, že kejda, která je správně vyrobená a ošetřená, představuje významný zdroj organických látek, bakterií, živin a látek stimulační povahy ze skupiny heteroauxinů, které při správném aplikování zvyšují úrodnost půdy a představují značnou finanční úsporu. Toto tvrzení se v pokusném roce 2021 potvrdilo.

Bylo snahou vytvořit finanční analýzu výnosu zrna v závislosti na způsobu hnojení kejdou a DAMem, a tyto rozdíly mezi jednotlivými variantami přepočítat na finanční hodnotu (tab. 26). Na první pohled by se rozdíl v počtu zrn v palicích mezi variantou s nejvyšším počtem 570 ks (pouze kejda) a nejnižším počtem 515 ks (kontrola) nemusel zdát tak výrazný, ale při přepočtu na finanční hodnotu je již markantní. Při výkupní ceně 5.000,- Kč za tunu činí teoretický finanční rozdíl 11.150,- Kč/ha.

6.3 Vyjádření k výzkumným hypotézám

Součástí diplomové práce bylo najít odpovědi na stanovené hypotézy. Hypotéza 1 „Využívaná technologie aplikace kejdy skotu ve společnosti Rýcholka s.r.o. je vhodná pro hnojení kukuřice na siláž“ byla přijata. Ze získaných a uvedených výsledků vyplývá, že využívaná technologie aplikace kejdy ve společnosti Rýcholka s.r.o. se kladně projevila na výnosu zelené hmoty. Hypotéza 2 „Ve společnosti Rýcholka s.r.o. lze kejdou skotu nahradit hnojení DAMem 390 a ušetřit náklady na minerální hnojiva“ byla přijata, neboť jak je opět z výsledků pokusů zřejmé, dusíkaté hnojivo DAM 390 se výrazně na výši výnosu zelené hmoty a výnosu zrna neprojevilo.

Ze zjištěných závěrů pro firmu Rýcholka s.r.o. vyplývají následující závěry a doporučení:

- Kejda, tak jak ji používáme, má prospěšný vliv nejen na strukturu půdy, ale i na pěstované plodiny – v tomto případě kukuřici setou, což se ve sledovaných letech projevilo hlavně v podobě nárůstu biomasy, v roce 2021 i v navýšení počtu a hmotnosti zrn v palicích.
- Dusíkaté hnojivo DAM 390 se v pokusech výrazně na výši výnosu zelené hmoty a výnosu zrna neprojevilo. Při námi používané formě aplikace by se na první pohled dalo vážně uvažovat o jeho vynechání. Ovšem je otázkou, jak by se jeho účinek projevil, pokud by okamžitě po jeho aplikaci vydatně zapršelo (to se v našem tříletém pokusu nestalo). Dá se předpokládat, že v případě vydatné srážky by došlo k proplavení dusíku ke kořenovému systému a jeho zhodnocení rostlinami. Další

neznámou v případě úplného vynechání DAMu je, jak by se v dalších letech projevil obsah N_{\min} v půdě.

- Z výše uvedeného vyplývá, že by mnohem efektivnější bylo zaměřit se na jiný způsob aplikace DAMu, např. společně s plečkováním a jeho současným zapravením přímo do půdy. Kukuřice v raném růstu je zvláště citlivá na ztuhlou půdu, účinek kultivace během vegetace na rozrušení půdního škraloupu a provzdušnění půdy je obvykle pronikavý. Dále dojde se zpřístupněním vzduchu k podpoře mikrobiální činnosti a také dochází ke zvyšování N_{\min} v půdě. Na druhou stranu Javor et al. (2018) při svých pokusech s DAMem potvrzují, že přihnojení kukuřice dusíkem při kultivaci nemusí automaticky přinášet na organicky hnojených nebo úrodných mikrobiálně činných půdách očekávané pozitivní uplatnění ve tvorbě pícního výnosu. Naše půdy skutečně jsou dlouhodobě hnojeny organickými hnojivy, ale aplikaci DAMu při kultivaci bych určitě navrhol vyzkoušet. Tímto způsobem aplikace by se také omezilo poškození rostlin (popálení), jelikož konce aplikačních trubic se sice pohybují po zemi, ale i přes maximální úsilí obsluhy postřikovače je prakticky nemožné je při zemi konstantně udržet (nerovnosti pozemků).
- Vzhledem k tomu, že v roce 2022 ceny dusíkatých hnojiv vystoupaly až na trojnásobek původních cen, je to jeden z dalších důvodů, proč uvažovat o omezení hnojení kukuřice hnojivem DAM 390 a více se zaměřit na hnojení kejdou, a to i například systémem dělených dávek – první před setím a další jednu až tři aplikace během vegetace.
- Zaměřit se na půdoochranné technologie. Jak uvádí Honsová (2022), na území ČR je erozí ohrožena více než polovina orné půdy. Některé pozemky firmy Rýcholka s.r.o. jsou taktéž erozně ohroženy. S tímto také souvisí nutnost efektivně hospodařit s vláhou, neboť v posledních několika letech přišly i sušší období. Jedna z možností je, se místo klasického setí do širokých řádků (0,7 a 0,75 m) zaměřit na pásové zpracování půdy (strip till). Jednou z jeho výhod je možnost aplikace organických hnojiv se zapravením do půdy. Další půdoochranné technologie, nad kterými bychom se do budoucna mohli zamyslet, je frézový výsev kukuřice nebo její pěstování v hrůbcích.
- Je pravděpodobné, že se budou kritéria pro pěstování nejen kukuřice nadále zpřísnovat. Další z možností jejího „bezpečnějšího“ pěstování je zakládání podsevů a pomocných plodin, které nejen že omezují erozi, ale také eliminují výskyt plevelů v meziřadí. Pokud jsou jako podplodiny pěstovány luskoviny, lze navíc očekávat, že nafixují vzdušný dusík a ten může být využit následnými plodinami. Další z možností je využití systémů zakládání do mulče, ať už umrtveného nebo živého.
- Více využívat preventivní nepřímé metody, jako je střídání plodin, pěstování meziplodin, v osevním postupu střídat kukuřici s jinými plodinami a nepěstovat ji více let po sobě, což potvrzuje i Smutný (2022).
- Použití biologických přípravků na bázi parazitických hub a mikroorganismů (*Pythium*, *Trichoderma harzianum*, půdní bakterie jako vazači dusíku). Zde je ovšem úskalí

v tom, že, jak uvádí Tomášek (2019), tyto organizmy nejsou v suchém prostředí dostatečně aktivní. Historie posledních let nám v naší oblasti ukazuje, že přísušky nejsou ničím neobvyklým.

7 Závěr

Kukuřice setá je, nejen v České republice, velmi významnou plodinou. Silážní hmota z ní získaná je důležitá pro rozvoj zemědělských podniků s živočišnou výrobou. Její pěstování má ale určitá úskalí. Jelikož je považována za tzv. širokořádkovou plodinu, s jejím pěstováním souvisí dodržování protierozních opatření. Další důležitou skutečností, na kterou budeme jako pěstitelé kukuřice muset do budoucna reagovat, jsou stále častěji se opakující výkyvy počasí, ať už se jedná o období sucha nebo naopak o přívalové deště. Dále to jsou stále zpříšňující se podmínky pro pěstování nejen kukuřice v ČR. V neposlední řadě je to dodržování pravidel nitrátové směrnice ve zranitelných oblastech chránící znečištění vod před dusičnany z hnojiv používaných v zemědělství. Nejen těchto témat bylo snahou se v této diplomové práci dotknout a najít řešení hlavně týkající se podniku Rýcholka s.r.o., který také hospodaří ve zranitelných oblastech.

Diplomová práce byla dále zaměřena na vypracování přehledu odborné literatury zaměřeného na význam a aplikaci statkových hnojiv, především kejdy včetně hnojení kukuřice na siláž dusíkem. Dále popisuje možnosti využití kejdy v technologii pěstování kukuřice seté na siláž a také shrnuje možnosti hnojení kejdou ve zranitelných oblastech.

Cílem práce bylo na základě poloprovodných pokusů, založených v letech 2019, 2020 a 2021, vyhodnotit vliv hnojení dusíkem na kvantitativní a kvalitativní parametry sklizené kukuřičné biomasy, a to vše v technologii dlouhodobě používané ve společnosti Rýcholka s.r.o.

Součástí diskuze bylo vyjádření k vědeckým hypotézám, které byly přijaty. Dále byla v závěru diskuze navržena doporučení pro podnik Rýcholka s.r.o. k pěstování kukuřice seté a k využívání hnojení kejdou a DAMem.

Z vyhodnocených výsledků vyplynuly následující závěry:

- **Nejvyšších průměrných výnosů v kukuřičné biomase** bylo dosaženo ve variantě hnojené kejdou, a to 70,91 t/ha, naopak nejnižšího výnosu zelené hmoty bylo dosaženo u varianty kontrolní, tedy nehnojené vůbec – 64,63 t/ha => **projevil se prospěšný vliv kejdy.**
- **Nejvyššího průměrného počtu zrn** v palici bylo dosaženo ve variantě pokusu hnojeném pouze kejdou, a to 570 ks, naopak nejméně zrn – 515 ks bylo dosaženo ve variantě kontrolní => **projevil se prospěšný vliv kejdy.**
- **Nejvyšší průměrné hmotnosti zrn** v palici dosáhla varianta pokusu hnojená kejdou společně s DAMem – 225 g, naopak nejnižší hmotnosti – 200 g bylo ve variantě kontrolní => **projevil se prospěšný vliv kejdy.**
- Statistické vyhodnocení počtu a hmotnosti zrn v palicích bylo provedeno v roce 2021. Bohužel se prospěšný vliv kejdy na těchto parametrech nepodařilo statisticky prokázat. Bylo by tedy vhodné tento pokus v dalších letech zopakovat a dle možností odebrat více palic na více místech sledované plochy kukuřice.

V našem pokusu to s ohledem na časovou náročnost a na poloprovozní charakter pokusu nebylo možné.

- I přes to, že se výnos zrna na způsobu hnojení nepodařilo statisticky prokázat, při zjištěných rozdílech ve výnosu zrna a při přepočtu na finanční hodnotu, byly ale tyto rozdíly v Kč/t velice významné.

8 Literatura

Abu-Zaid KM. 1998. Recent trends and developments: reuse of wastewater in agriculture. *Environmental Management and Health* 2:79-89.

Balík J, Černý J, Tlustoš P. 2001. Principy hnojení kukuřice. *Úroda* 11:13.

Brant V, Šmöger J. 2020. Setí do mulče předplodiny. 117 in Brant V, Fuksa P, Hakl J, Jursík M, Kroulík M, Prokinová E, Škeříková M, Šmöger J, Zábranský P, editors. *Efektivní hospodaření s vodou a eliminace degradace půdy*. Agrární komora České republiky, Praha.

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

Budňáková M. 2005. Využití odpadů v zemědělství. *Odpadové hospodářství* 9:34.

Buhler DD, Hartzler RG. 1997. Relative Emergence of Weeds of Corn and Soybean. *Proceedings of the Integrated Crop Management Conference*. Iowa.

Capouchová I. 2018. Obilniny. 51 in Pazderů K, Bečka D, Capouchová I, Dvořák P, Procházka P, Urban J, editors. *Pěstování rostlin – cvičení*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.

Carr RM, Blumenthal UJ, Duncan Mara D. 2004. Guidelines for the safe use of wastewater in agriculture: revisiting WHO guidelines. *Water Science & Technol* 2:31-38.

Czakó M. 2015. Ochrana kukuřice proti chorobám se silným fyziologickým efektem pro vyšší kvalitu, výnos a výtěžnost bioplynu. *Biom.cz*. Available from: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/ochrana-kukurice-proti-chorobam-se-silnym-fyziologickym-efektem-pro-vyssi-kvalitu-vynos-a-vyteznost-bioplynu> (accessed January 2022).

Černý J, Vaněk V, Kulhánek M. 2010. Vliv hnojení na výnos a úrodnost půdy. *Zemědělec* 7:22.

Dayan FE, Cantrell CL, Duke SO. 2009. Natural Products in Crop Protection. *Bioorganic and Medicinal Chemistry* 12:4022-4034.

Diviš J. 2015. Kukuřice. 39 in Pulkrábek J et al., editors. *Speciální produkce polních plodin*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.

Doležal P. 2012. Faktor obsahu a složení sušiny na kvalitu fermentace. 48 in Doležal P, editor. Konzervace krmiv a jejich využití ve výživě zvířat. Petr Baštan, Olomouc.

Doležal P. 2016. Silážování kukuřice při vyšší sušině – ano, nebo ne? Úroda 12:8.

Doležal P, Zeman L, Dvořáček J. 2002. Nejčastější chyby a nedostatky při silážování pícnin. Úroda 3:18.

Dostál J. 2005. Hnojení tekutými statkovými hnojivy při pěstování kukuřice. AGROEKO Žamberk, spol. s r.o. služby pro zemědělství a ekologii.

Dowswell CR, Paliwal RL, Cantrell RP. 1996. The Maize Plant and Its Uses. 44 in Dowswell CR, Paliwal RL, Cantrell RP, editors. Maize in the Third World. CRC Press, New York.

Fuksa P. 2020. Využití kukuřice pro produkci bioplynu. 18 in Brant V, Fuksa P, Hakl J, Jursík M, Kroulík M, Prokinová E, Škeříková M, Šmöger J, Zábanský P, editors. Efektivní hospodaření s vodou a eliminace degradace půdy v pěstebních systémech kukuřice seté. Agrární komora České republiky, Praha.

Fuksa P. 2020. Vývoj osevních ploch a výnosů kukuřice. 13-14 in Brant V, Fuksa P, Hakl J, Jursík M, Kroulík M, Prokinová E, Škeříková M, Šmöger J, Zábanský P, editors. Efektivní hospodaření s vodou a eliminace degradace půdy v pěstebních systémech kukuřice seté. Agrární komora České republiky, Praha.

Gaj R, Budka A, Antonkiewicz J, Bak K, Izychard P. 2018. Effect of long-term slurry application on contents of available forms of soil macronutrients. Soil Science Annual 3:194.

Glowacka A. 2011. Dominant Weeds in Maize (*Zea mays* L.) Cultivation and their Competitiveness Under Conditions of Various Methods of Weed Control. Acta Agrobotanica 64:119-126.

Gnanavel I, Natarajan SK. 2014. Eco Friendly Weed Control Options for Sustainable Agriculture- A Review. Agricultural Reviews 35:172-183.

Gonet SS, Debska B. 2006. Dissolved organic carbon and dissolved nitrogen in soil under different fertilization treatments. Plant Soil Environment 2:55-63.

Gurung JB. 1997. Review of Literature on Effects of Slurry Use on Crop production. The Biogas Support Program. Nepal.

Hallauer AR, Carena MJ. 2009. Maize. Cereals 3:3-4.

Hanák J, Trnková J, Dvořáková M. 2019. Zákonný rámec. 4 in Trnková J, Dvořáková M, Hanák J, Křístková M, editors. Organizace a kontrola pěstování GM plodin v ČR. Ministerstvo zemědělství, Praha.

Häni F, Popow G, Reinhard H, Schwarz A, Tanner K, Vorlet M. 1993. Původci poškození rostlin kukuřice. 91 in Häni F, Popow G, Reinhard H, Schwarz A, Tanner K, Vorlet M, editors. 91 in *Obrazový atlas chorob a škůdců polních plodin*. Scientia, spol. s r.o., Praha.

Hanina E. 2014. Kukuřice – složení. Zisková produkce mléka 1:9.

Hanson J, Möhring K. 2019. Krátce o silážování píce. 5 in Hanson J, Möhring K, editors. *Silážování jazykem zemědělců*. NutriVet, s.r.o., Pohořelice.

Herrmann A. 2012. Biogas Production from Maize: Current State, Challenges and Prospects. 2. Agronomic and Environmental Aspects. *BioEnergy Research* 6:372-387.

Hjorth M, Christensen KV, Christensen ML, Sommer SG. 2011. Solid–Liquid Separation of Animal Slurry in Theory and Practice. *Sustainable Agriculture* 2:953-986.

Hlisnikovský L, Holík L, Vach M, Kunzová E. 2018. Účinek NPK a statkových hnojiv na výnosy zrna a slámy pšenice ozimé. *Agromanuál* 11:7.

Hlušek J. 2004. Dusíkatá hnojiva s dusíkem ve dvou i více formách. Ústav agrochemie a výživy rostlin. Brno.

Hlušek J. 2004. Hnojiva. Ústav agrochemie a výživy rostlin. Brno.

Honsová H. 2019. Nové možnosti pro kukuřici. *Agrospoj* 9:7.

Honsová H. 2022. Nové technologie umožňují šetrné hospodaření. *Úroda* 3:10.

Jambor V. 2015. Co ovlivňuje výrobu kvalitní kukuřičné siláže? *AGRIS*. Available from <http://www.agris.cz/clanek/187772> (accessed March 2022).

Javor T, Staněk L, Beranová L, Dostál J. 2018. Inovace meziřádkové kultivace porostů silážní kukuřice. *Agromanuál* 7:19.

Jursík M, Soukup J. 2019. Nové strategie při regulaci plevelů v kukuřici. *Agromanuál* 3:10.

Karlen D, Buhler DD, Ellsbury M, Andrews S. 2001. Soil Quality: A Basis for Sustainable Weed and Insect Management. *Trends in Agricultural Sciences Soil Science* 11:28.

- Kazda J. 2011. Bzunka ječná a zelenuška žlutopásá. Agromanuál 9:25.
- Kincl D, Kabelka D, Srbek J. 2021. Vliv podsevů v kukuřici z hlediska omezení eroze. Agromanuál 5:26.
- Klír J. 2019. Bilance organických látek v rostlinné výrobě. Pages 17-24 in Klír J, editor. Sborník z 25. mezinárodní konference „Racionální použití hnojiv“. Česká zemědělská univerzita, Praha.
- Kocurek V. 2015. Spolehlivá kontrola půdních škůdců kukuřice. Úroda. 2:23.
- Kolver ES, Roche JR, Miller D, Densley R. 2001. Characteristics of good quality silage. NZ Grassland Association 63:196.
- Kolver ES, Roche JR, Miller D, Densley R. 2001. Maize silage for dairy cow. NZ Grassland Association 63:197-201.
- Kořínková-Seifertová E. 2014. Bázlivec už nebude karanténní škůdce. Zemědělec 1:5.
- Kozlovská L, Klír J. 2021. Nitrátová směrnice. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha.
- Kraehmer H, Laber B, Rosinger C, Schulz A. 2014. Herbicides as Weed Control Agents: State of the Art: I. Weed Control Research and Safener Technology: The Path to Modern Agriculture. Plant Physiology 166:1119-1134.
- Kubát K, Hrouda L, Chrtek J, Kaplan Z, Kirschner J, Štěpánek J. 2002. Klíč ke květeně České republiky. Academia, Praha
- Kulovaná E. 2000. Fyziologie tvorby výnosu u kukuřice. Úroda 12:22-24.
- Kulovaná E. 2001. Ke sklizni kukuřice na siláž. Úroda 8:26.
- Kuthan A. 2014. Ochrana proti škůdcům v kukuřici. Kukuřičné listy. 2:1.
- Křepelka J. 2012. Zdroj výživy i alternativní energie. Zemědělec 8:31.
- Loučka R, Lang J, Jambor V, Nedělník J, Třináctý J, Tyrolová Y, Kučera J. 2015. Využití na siláž nebo na zrno. 12 in Loučka R, Lang J, Jambor V, Nedělník J, Třináctý J, Tyrolová Y, Kučera J, editors. Kritéria pro výběr hybridů kukuřice na siláž. Zemědělský výzkum spol. s r.o. Troubsko, Troubsko.

Loučka R, Lang J, Jambor V, Nedělník J, Třináctý J, Tyrolová Y, Kučera J. 2015. Obsah a degradovatelnost škrobu. 22 in Loučka R, Lang J, Jambor V, Nedělník J, Třináctý J, Tyrolová Y, Kučera J, editors. Kritéria pro výběr hybridů kukuřice na siláž. Zemědělský výzkum spol. s r.o. Troubsko, Troubsko.

Meissle M, Romeis J, Bigler F. 2011. *Bt* maize and integrated pest management - a European perspective. *Pest Management Science* 9:1049.

Ministerstvo zemědělství. 1998. Příloha č. 1 k vyhlášce č. 377/2013 Sb., o skladování a způsobu využívání hnojiv. Česká republika.

Ministerstvo zemědělství. 1998. Příloha č. 3 k vyhlášce č. 377/2013 Sb., o skladování a způsobu využívání hnojiv. Česká republika.

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

Mitřík T. 2018. Kukurica. 41 in Mitřík J, editor. Silážovanie. FEED LAB, s.r.o., Smižany.

Moudrý J. 2016. Kukuřice. Zemědělské komodity, Hosín. Available from <http://www.zemedelskekomodity.cz/index.php/roslinna-vyroba-menu/obilniny/kukurice> (accessed October 2021).

Neuberg J. 1985. Použitá terminologie. 121 in Neuberg J, et al., editors. Komplexní metodika výživy rostlin. Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, Nitra.

Neuberg J, Hrozinková A. 1990. Zásady hnojení polních plodin. 98 in Neuberg J, et al., editors. Komplexní metodika výživy rostlin. Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, Praha.

Novák P, Vokralová J, Tremel F, Vlasáková S, Slegerová S, Tofant A, Vucemilo M. 2010. Study of the Hygienisation Effect of Separated Cow Liquid Manure Used as Bedding. 9-14 in Sborník mezinárodní vědecké conference.

Poulsen PHB, Magid J, Luxhøj J, de Neergaard A. 2013. Effects of fertilization with urban and agricultural organic wastes in a field trial – Waste imprint on soil microbial activity. *Soil Biology and Biochemistry* 57:794-802.

Procházka J. 2013. Substráty pro produkci bioplynu. Bioplyn – využití kukuřice, žita a travních směsí pro produkci bioplynu 1:5.

Richter R. 2005. Nároky na půdu a organické hnojení. 3 in Kukuřice. Ústav agrochemie a výživy rostlin, Brno.

Rotrekl J. 2011. Ochrana kukuřice před zavíječem kukuřičným. Agromanuál 5:40-41.

Rozen KV, Ester A. 2010. Chemical control of *Diabrotica virgifera* LeConte. Journal of Applied Entomology 5:376-384.

Siefers MK. 2000. History of silage, sorghum silage production, and nutritive value of pelleted poultry by-products and restaurant waste [a dissertation]. Kansas State University, Kansas.

Smurzyńska A, Czekala W, Kupryaniuk K, Ciešlik M, Kwiatkowska A. 2016. Typy i właściwości gnojowicy oraz możliwości jej zagospodarowania. Problemy Inżynierii Rolniczej 4:117-127.

Smutný V, Winkler J. 2008. Možnosti regulace plevelů v kukuřici. 107 in Zimolka J, et al., editors. Kukuřice – hlavní a alternativní užitkové směry. 1. Profi Press, s.r.o., Praha.

Smutný V. 2022. Co komplikuje pěstování kukuřice. Úroda 3:34.

Smutný V, Winkler J. 2008. Plevel v kukuřici a jejich regulace. 102 in Zimolka J, et al., editors. Kukuřice – hlavní a alternativní užitkové směry. 1. Profi Press, s.r.o., Praha.

Smutný V, Winkler J, Klem K. 2018. Preventivní opatření – vliv agrotechnických faktorů na plevele. 6 in Smutný V, Winkler J, Klem K, editors. Integrovaná regulace plevelů v obilninách. Mendelova univerzita v Brně, Brno.

Soare E, Dobre I. 2016. Changes and Trends of Corn Production in Romania. Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development, 16:511-515.

Soukup J. 2005. Biologické metody. 45 in Mikulka J, Kneiflová M, Martínková Z, Soukup J, Uhlík J, editors. Plevelné rostliny. 2. Profi Press, s.r.o., Praha.

Soukup J. 2005. Metody regulace zaplevelení. 39 in Mikulka J, Kneiflová M, Martínková Z, Soukup J, Uhlík J, editors. Plevelné rostliny. 2. Profi Press, s.r.o., Praha.

Stewart CL, Soltani N, Nurse RE, Hamill AS, Sikkema PH. 2012. Precipitation Influences Pre- and Post-Emergence Herbicide Efficacy in Corn. *American Journal of Plant Sciences* 3:1193-1204.

Stupka R, Šprysl M, Čítek J. 2013. Složení a vlastnosti kejdy. 182 in Stupka R, Šprysl M, Čítek J, editors. *Základy chovu prasat*. Powerprint, Praha.

Svobodová A, Kasal P. 2020. Vliv různých způsobů aplikace dusíkatých hnojiv na výnos brambor. *Agromanuál* 6:36-37.

Šantrůček J, Hakl J. 2011. Konzervace a skladování píce. 133 in Šantrůček J, Fuksa P, Hakl J, Kocourková D, Mrkvička J, Svobodová M, Veselá M, editors. *Encyklopedie pícninářství*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.

Šprysl M. 2001. Kejda a kejdové hospodářství. *Pig Science* 8:36.

Šuk J, Balík J, Jacobe P, Jambor V, Kohout V, Loučka R, Táborský V, Vrzal J. 1998. Fao hybridy. 135 in Šuk J, Balík J, Jacobe P, Jambor V, Kohout V, Loučka R, Táborský V, Vrzal J, editors. *Kukuřice*. VP Agro, spol. s r.o. Kněževés.

Šuk J, Balík J, Jacobe P, Jambor V, Kohout V, Loučka R, Táborský V, Vrzal J. 1998. Kukuřice na siláž. 131 in Šuk J, Balík J, Jacobe P, Jambor V, Kohout V, Loučka R, Táborský V, Vrzal J, editors. *Kukuřice*. VP Agro, spol. s r.o. Kněževés.

Tahid M, Javed MR, Tanveer A, Nadeem MA, Bukhari AWSAH, Rehman JU. 2009. Effect of Different Herbicides on Weeds, Growth and Yield of Spring Planted Maize (*Zea mays* L.). *Pakistan Journal of Life and Social Sciences* 7:168-174.

Tomášek J. 2019. Pěstování kukuřice s podplodinami a její stimulace v suchých ročnících. *Agromanuál* 7:8.

Tóth P, Kmoch M. 2016. Významné choroby kukuřice. *Agromanuál* 6:17.

Trnková J, Dvořáková M. 2019. Úvod. 2 in Trnková J, Dvořáková M, Hanák J, Křístková M, editors. *Organizace a kontrola pěstování GM plodin v ČR*. Ministerstvo zemědělství, Praha.

Tutsch J. 2020. Tradiční kejdování polí. Pozor na správnou aplikaci a životní prostředí. *Agroportal24h*. Available from <https://www.agroportal24h.cz/clanky/tradicni-kejdovani-poli-pozor-na-spravnou-aplikaci-a-zivotni-prostredi> (accessed September 2021).

Tyrolová Y. 2021. Co ovlivňuje kvalitu kukuřice na siláž. *Agromanuál* 3:26.

Tyrolová Y, Výborná A. 2008. Chemické složení kukuřice. 9 in Tyrolová Y, Výborná A, editors. Hodnocení hybridů kukuřice dlouhodobě testovaných v řepařské výrobní oblasti. Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i., Praha.

Tyrolová Y, Výborná A. 2008. Označování kukuřice číslem FAO. 9 in Tyrolová Y, Výborná A, editors. Druhy sklizně kukuřice. Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i., Praha.

Vaněk V, Balík J, Pavlík M, Pavlíková D, Tlustoš P. 2016. Kejda. 121 in Vaněk V, Balík J, Pavlík M, Pavlíková D, Tlustoš P, editors. Výživa a hnojení polních plodin. Profi Press s.r.o., Praha.

Vaněk V, Balík J, Pavlík M, Pavlíková D, Tlustoš P. 2016. Kukuřice. 176 in Vaněk V, Balík J, Pavlík M, Pavlíková D, Tlustoš P, editors. Výživa a hnojení polních plodin. Profi Press s.r.o., Praha.

Vaněk V, Balík J, Pavlík M, Pavlíková D, Tlustoš P. 2016. Využití odpadních hmot ke hnojení. 138 in Vaněk V, Balík J, Pavlík M, Pavlíková D, Tlustoš P, editors. Výživa a hnojení polních plodin. Profi Press s.r.o., Praha.

Venclová B. 2020. Využití podsevoových plodin při pěstování kukuřice. Úroda 11:25.

Víchová J. 2020. Choroby kukuřice (1): Virové a bakteriální choroby. Agromanuál 3:3.

Vokál B, et al. 2004. Pěstujeme brambory. Agrospoj, Praha.

Vrzal J, Novák D, Kohout V, Štráfelda J. 1995. Regulace zaplevelení v porostech kukuřice. 21 in Vrzal J, Novák D, Kohout V, Štráfelda J, editors. Pěstování kukuřice a jednoletých píceň. 1. Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství České republiky, Praha.

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

Wessler J, Fall EH. 2010. Potential damage costs of *Diabrotica virgifera virgifera* infestation in Europe – the ‘no control’ scenario. Journal of Applied Entomology 5:385-394.

Wilkinson JM. 2005. Silage today. 21 in Wilkinson JM, editor. Silage. Chalcombe Publications, Lincol.

Winkler J, Chovancová S. 2019. Vytrvalé plevele v porostech kukuřice. Agromanuál 5:120.

Wollnerová J, Kozlovská L, Klír J. 2020. Období zákazu hnojení. 22 in Wollnerová J, Kozlovská L, Klír J. editors. Hospodaření ve zranitelných oblastech – 5. akční program nitrátové směrnice. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha.

Zimolka J. 2008. Význam, historie a vznik původ kulturní kukuřice. 11 in Zimolka J, et al., editors. Kukuřice – hlavní a alternativní užitkové směry. 1. Profi Press, s.r.o., Praha.

Zimolka J. 2008. Zrno. 25 in Zimolka J, et al., editors. Kukuřice – hlavní a alternativní užitkové směry. 1. Profi Press, s.r.o., Praha.