

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: N4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: 4106T019 Agroekologie – Ekologické zemědělství

Katedra: Agroekosystémů

Vedoucí katedry: doc. Ing. Petr Konvalina, Ph.D.

Diplomová práce

Vliv technologie pěstování kukuřice seté na množství organického
uhlíku v půdě a kvalitu půdní organické hmoty

Vedoucí diplomové práce: Ing. Marek Kopecký, Ph.D.

Autor diplomové práce: Bc. Ondřej Kadleček, DiS.

České Budějovice, 2020

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Zemědělská fakulta

Akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Bc. Ondřej KADLEČEK, DiS.
Osobní číslo: Z18068
Studijní program: N4101 Zemědělské inženýrství
Studijní obor: Agroekologie – Ekologické zemědělství
Téma práce: Vliv technologie pěstování kukuřice seté na množství organického uhlíku v půdě a kvalitu půdní organické hmoty
Zadávající katedra: Katedra agroekosystémů

Zásady pro vypracování

Cíle práce: Srovnání množství a kvality nezhumifikované půdní organické hmoty při různých pěstebních technologiích kukuřice seté.

Práce bude obsahovat následující kapitoly:

1. Úvod – úvod do problematiky (doporučený rozsah 1 strana, bez citací).
2. Literární přehled – pěstování kukuřice seté v podmínkách ČR, rozdělení a význam půdní organické hmoty, metody stanovení její kvality a množství (rozsah cca 50% textové části DP).
3. Cíle práce a pracovní hypotézy (doporučený rozsah 1 strana).
4. Metodický postup – zajištění agrotechnické správnosti údržby porostů kukuřice seté dle předem stanovených metodik, pravidelný odběr půdních vzorků, jejich zpracování a analýza. Kvalita nezhumifikované půdní organické hmoty bude vyjádřena rychlostní konstantou její oxidace (princip laboratorní analýzy bude vycházet z metodiky popsané autory Kopecký a kol., 2016).
5. Výsledky a diskuse – zpracování a statistické vyhodnocení získaných výsledků, srovnání získaných dat s literárními údaji formou diskuse (rozsah cca 50% textové části DP).
6. Závěr – shrnutí výsledků práce (doporučený rozsah 1-2 strany, bez citací).
7. Seznam citované literatury (minimálně 1/3 literárních pramenů ze zahraničních zdrojů – vědecké časopisy, knihy).

Rozsah pracovní zprávy: 40-60 stran včetně příloh
Rozsah grafických prací: dle potřeby (tabulky, grafy, fotografická příloha)
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam doporučené literatury:

Bahadori, M., & Tofighi, H. (2017). Investigation of Soil Organic Carbon Recovery by the Walkley-Black Method Under Diverse Vegetation Systems. *Soil Science*, 182(3), 101-106.

Kolář L., Kužel S., Horáček J., Čechová V., Batt J., & Peterka J. (2009). Labile fractions of soil organic matter, its quantity and quality. *Plant, Soil and Environment*, 55, 181-186.

Kolář, L., Moudrý, J., & Kopecký, M. (2014). *Kniha o humusu. Náměšť nad Oslavou: ZERA.*

Kopecký, M., Kolář, L., & Borová-Batt, J. (2016). The new method of determination of the quantity and quality of primary soil organic matter and humus. In *Proceedings from International Conference Soil – the non-renewable environmental resource, 7-9. září 2015* (pp. 135-142). Brno: Mendelova univerzita v Brně.

Shahbaz, M., Kuzaykov, Y., & Heitkamp, F. (2017). Decrease of soil organic matter stabilization with increasing inputs: mechanisms and controls. *Geoderma*, 304, 76-82.

Váchalová, R., Kolář, L., & Muchová, Z. (2016). Primární organická hmota a humus, dvě složky půdní organické hmoty. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre.

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

Vedoucí diplomové práce: Ing. Marek Kopecký, Ph.D.
Katedra agroekosystémů

Datum zadání diplomové práce: 14. února 2019
Termín odevzdání diplomové práce: 30. června 2020



doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení I. S.
Studentův 1608, 370 05 České Budějovice

④


doc. Ing. Petr Konvalina, Ph.D.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 12. června 2020

Prohlášení autora diplomové práce:

Prohlašuji, že v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách, v platném znění, souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

Datum: 25. června 2020

Podpis studenta:

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu diplomové práce panu Ing. Markovi Kopeckému, Ph.D., za jeho odborné vedení a konzultace, jeho cenné rady a připomínky a pomoc při laboratorních pracích. Dále děkuji Ing. Vítovi Havlovi ze zemědělského podniku Agro Dolní Kralovice s.r.o. za umožnění a vytvoření zázemí pro polní pokus. Poděkování také patří všem dalším, kteří mi poskytli cenné rady a připomínky při sepisování této diplomové práce.

Abstrakt

Cílem této diplomové práce s názvem „*Vliv technologie pěstování kukuřice seté na množství organického uhlíku v půdě a kvalitu půdní organické hmoty*“ bylo srovnání množství a kvality nezhumifikované půdní organické hmoty při dvou různých pěstebních technologiích kukuřice seté. Práce zahrnovala nejen literární rešerši, ale i vlastní polní pokus, tedy pravidelný odběr půdních vzorků, jejich zpracování a následnou analýzu. Teoretická část byla zaměřena na pěstování kukuřice seté v podmínkách ČR, popis, rozdělení a význam půdní organické hmoty, metody stanovení její kvality a množství. Praktická část se zabývala založením polního pokusu kukuřice seté, odběrem půdních vzorků, jejich zpracováním a analýzou. Získané hodnoty byly použity pro určení množství a kvality primární půdní organické hmoty, která byla vyjádřena rychlostní konstantou k její oxidace. Získaná data byla statisticky vyhodnocena v programu STATISTICA 12. Byly zjištěny vlivy termínů odběrů, metody regulace plevelů i varianty hnojení na různé půdní charakteristiky.

Klíčová slova: hnojení; humus; kukuřice setá; organická hmota; plevel; půda; uhlík

Abstract:

The aim of the diploma thesis entitled "Influence of maize cultivation technology on the amount of organic carbon in the soil and the quality of soil organic matter" was a comparison of quantity and quality non - humidified soil organic matter in various maize cultivation technologies. The work included not only literary research, but even field experiment, thus regular soil sampling, their processing and subsequent analysis. The theoretical part was focused on growing corn in the conditions of the Czech Republic, description, division and importance of soil organic matter, methods for determining its quality and quantity. The practical part dealt with the establishment of a field experiment of maize, soil sampling, their processing and analysis. The obtained values were used to determine the amount and quality of the primary soil organic matter, which was expressed by the rate constant of its oxidation. The obtained data were statistically evaluated in the program STATISTICA 12. The effects of sampling dates, weed control methods and fertilization variants on various soil characteristics were determined.

Key words: carbon; fertilization; humus; organic matter; soil; sown corn; weed

Obsah

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Úvod..... | 10 |
| 2 | Literární přehled..... | 11 |
| 2.1 | Půda | 11 |
| 2.2 | Kukuřice setá (<i>Zea mays</i>) | 13 |
| 2.2.1 | Botanická charakteristika | 13 |
| 2.2.2 | Popis rostliny..... | 14 |
| 2.3 | Technologie pěstování kukuřice..... | 15 |
| 2.3.1 | Zařazení v osevním postupu..... | 15 |
| 2.3.2 | Příprava půdy | 15 |
| 2.3.3 | Setí | 16 |
| 2.3.4 | Ošetření v době vegetace | 16 |
| 2.3.5 | Sklizeň kukuřice..... | 17 |
| 2.4 | Hnojení kukuřice | 17 |
| 2.4.1 | Hnojení dusíkem | 18 |
| 2.4.2 | Nedostatek dusíku | 20 |
| 2.4.3 | Hnojení fosforem, draslíkem a hořčíkem..... | 20 |
| 2.4.4 | Nedostatek fosforu | 21 |
| 2.4.5 | Nedostatek draslíku..... | 21 |
| 2.4.6 | Chlévský hnůj | 21 |
| 2.4.7 | Digestát | 22 |
| 2.4.8 | Průmyslová minerální hnojiva | 22 |
| 2.5 | Regulace plevelů v kukuřici | 23 |
| 2.5.1 | Druhové spektrum plevelů v kukuřici..... | 23 |
| 2.5.2 | Možnosti regulace plevelů v kukuřici..... | 24 |
| 2.5.3 | Nechemické způsoby regulace plevelů | 24 |
| 2.5.4 | Chemická regulace plevelů v kukuřici..... | 25 |
| 2.5.5 | Použití herbicidů v mezíporostním období | 26 |
| 2.5.6 | Preemergentní aplikace | 26 |
| 2.5.7 | Postemergentní aplikace..... | 27 |
| 2.6 | Půdní organická hmota | 28 |
| 2.6.1 | Elementární složení půdní organické hmoty..... | 28 |
| 2.6.2 | Molekulární struktura půdní organické hmoty..... | 29 |

| | | |
|-------|---|----|
| 2.6.3 | Třídění půdní organické hmoty | 30 |
| 2.6.4 | Humus | 32 |
| 2.6.5 | Mineralizace | 33 |
| 2.6.6 | Humifikace | 34 |
| 2.6.7 | Množství a kvalita půdní organické hmoty | 34 |
| 3 | Cíle práce a hypotézy | 37 |
| 4 | Metodický postup | 38 |
| 4.1 | Charakteristika lokality | 38 |
| 4.2 | Agrotechnika | 40 |
| 4.3 | Odběr a příprava půdních vzorků | 41 |
| 4.4 | Stanovení kvality primární půdní organické hmoty | 41 |
| 4.5 | Návod laboratorních prací | 42 |
| 5 | Výsledky a diskuse | 43 |
| 5.1 | Vliv hnojení na sledované parametry | 43 |
| 5.2 | Vliv regulace plevelů na sledované parametry | 47 |
| 5.3 | Vliv měsíce odběru na sledované parametry | 51 |
| 5.4 | Vliv interakcí dvou faktorů na sledované parametry | 55 |
| 5.5 | Vliv interakcí všech faktorů na sledované parametry | 56 |
| 6 | Závěr | 60 |
| 7 | Seznam citované literatury | 61 |
| | Seznam použitých obrázků | 66 |
| | Seznam grafů | 66 |
| | Seznam tabulek | 67 |
| | Přílohy | 68 |

1 Úvod

V našich zeměpisných šířkách se s pěstováním kukuřice začalo až na počátku 20. století. Z celkové rozlohy České republiky zaujímá kukuřice setá 307 220 ha zemědělské půdy (údaj z roku 2019). Hlavním užitkovým směrem je pěstování kukuřice na zrno a siláž. Kukuřice je nejen zdrojem potravin pro lidskou výživu, ale také se používá v různých průmyslových odvětvích (chemický, farmaceutický, papírenský, stavebnický průmysl) a nejnověji pro výrobu obnovitelných zdrojů energie. V neposlední řadě je nenahraditelným zdrojem energie pro chov hospodářských zvířat, tvoří základní objemné krmivo pro chov skotu. Z hospodářského hlediska má největší význam pěstování kukuřice obecné, kukuřice koňský zub a kukuřice polozubovité.

Pěstování je možné na půdách, které jsou dostatečně vzdušné, propustné a biologicky činné. V současné době existuje široký výběr technologických postupů pěstování. První agrotechnickou operací při pěstování kukuřice je příprava půdy. V našich podmínkách je nejčastěji využívána tradiční technologie zpracování půdy orbou. Následuje předset'ová příprava půdy, která má zajistit vhodné půdní podmínky pro klíčení a vzcházení osiva. Důležitým předpokladem pro dosažení vysoké produkce a kvality je optimální založení porostu kukuřice.

V prvních fázích růstu je kukuřice velmi citlivá na zaplevelení, kterému lze předejít mechanicky nebo chemicky za použití herbicidů. V polovině růstu je také velmi zranitelná a ohrožená škůdci, proto je také důležité její ošetření i v době vegetace. Samotná sklizeň má rozhodující vliv na hektarový výnos, obsah živin v produktu a silážovatelnost.

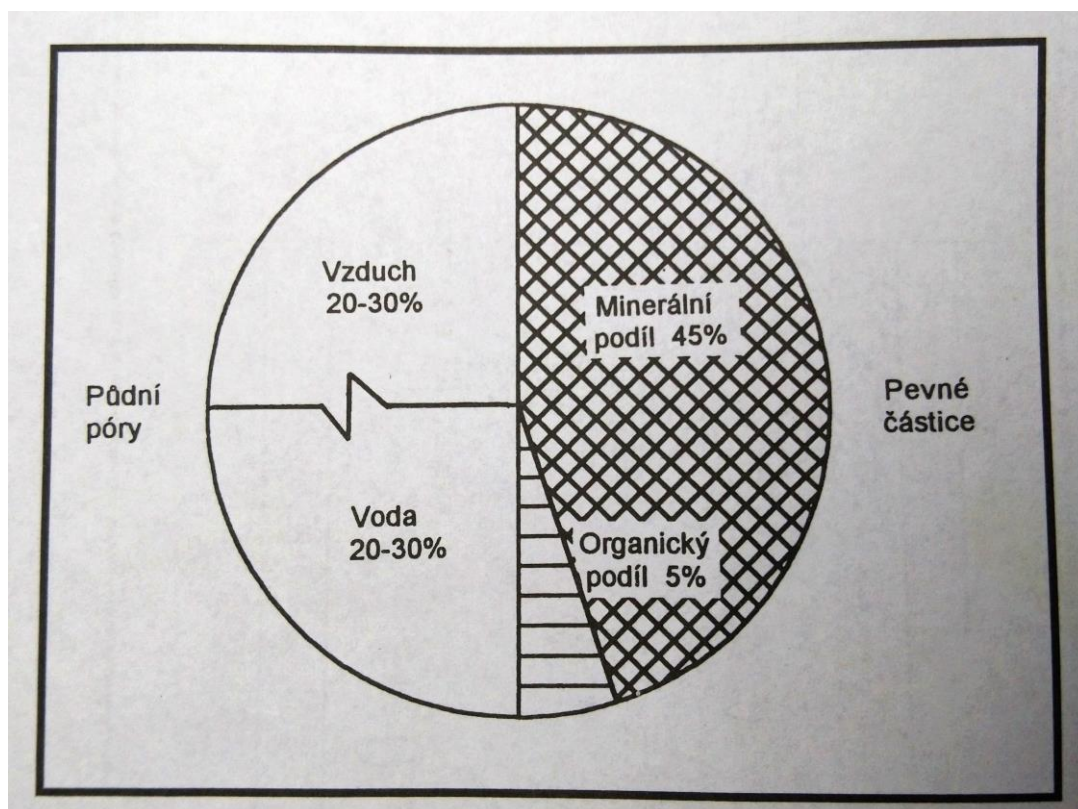
Na potenciální půdní úrodnost má zásadní vliv půdní organická hmota. Skládá se z odumřelých organických látek rostlinného a živočišného původu v různém stupni rozkladu. Je podstatnou a nezbytnou součástí půdy a má vliv nejen na její úrodnost, ale ovlivňuje také fyzikální, chemické a biologické vlastnosti půdy.

2 Literární přehled

2.1 Půda

Jedním ze základních výrobních prostředků člověka a hlavních kamenů lidské civilizace je půda, která je i neobnovitelným přírodním zdrojem (Tomášek, 2000). Lze ji také definovat jako nejsvrchnější vrstvu pevné zemské kůry, která se skládá z minerálních částic různé velikosti, živých organismů, odumřelých zbytků a organických látek v různém stupni rozkladu a je prostoupena vodou a vzduchem (Ledvina a kol., 1992). Půda vzniká zvětráváním zemské kůry a to především vlivem fyzikálních, chemických a biologických procesů (pedogeneze) a také za pomoci půdotvorných faktorů (substrát, klima, organizmy, voda, člověk) a podmínek (reliéf, čas). Její nejdůležitější vlastností a charakteristickým znakem je úrodnost, tedy schopnost zabezpečovat podmínky (vodu, živiny) pro existenci a produkci rostlin v závislosti na nich i živočichů a lidí (Šantrůčková a kol., 2018).

Obrázek 1: Průměrné zastoupení jednotlivých složek půdy



Zdroj: (Šimek, 2005)

Minerální podíl půdy je tvořen nejrůznějšími anorganickými sloučeninami a částicemi různé velikosti a tvaru, od velkých úlomků hornin a balvanů až po koloidní částice.

Půdní voda představuje kapalnou fázi půdy. Ve skutečnosti se jedná o půdní roztok nejrůznějších minerálních a organických látek, které zabezpečují zásobování rostlin vodou a živinami.

Půdní vzduch představuje plynnou fázi půdy. Nachází se v půdních pórech, které nejsou zaplněny půdní vodou.

Organický podíl neboli organická hmota půdy je tvořena rostlinnými a živočišnými zbytky a odumřelými buňkami mikroorganismů, které jsou v různém stádiu rozkladu a přeměny na nové látky. Část organické hmoty v půdě, která prošla procesy přeměn zahrnující rozkladné a syntetické procesy, se nazývá **humus**.

Půdní organizmy představují živou složku půdy neboli edafon. Půda je pro ně životním prostředím. Půdní organizmy zahrnují nejrůznější formy a stupně organizace, od virů a bakterií, mikromycet, sinic a řas, přes prvoky a nižší živočichy až po drobné obratlovce (Šimek, 2005).

Celková rozloha České republiky (dále jen „ČR“) je 7 887 144 hektarů, z toho zemědělská půda tvoří 3 523 659 hektarů: orná půda 2 486 367 ha, trvalé travní porosty 991 838 ha, trvalé kultury 45 454 ha. Skladba osevních ploch zemědělských plodin v ČR je následující: zrniny - obiloviny (pšenice, ječmen, oves) 1 353 556 ha, technické plodiny - olejnin (řepka, mák, sója) 454 761 ha, okopaniny (brambory, řepa) 82 532 ha, píce (kukuřice, jetel, vojtěška) 498 628 ha. Kukuřice setá (*Zea mays*) je pěstována na ploše **307 220 ha**, přičemž z toho zaujímá 231 367 ha kukuřice na siláž a zbylá část plochy 75 853 ha kukuřice na zrna (ČSÚ, 2019).

2.2 Kukuřice setá (*Zea mays*)

Kukuřice původně pochází z tropických a subtropických oblastí Jižní a Střední Ameriky. Je to stará kulturní plodina a historie jejího pěstování je delší více než 5 000 let, přičemž s pěstováním této plodiny začali Mayové, Aztékové a Inkové. Objevením Ameriky se stala kukuřice majetkem celého světa a spolu s pšenicí a rýží je považována za nejdůležitější obilninu ve výživě lidí. Mořeplavci dovezli kukuřici do Evropy pravděpodobně roku 1493. Do ČR se rozšířila přes Maďarsko a Slovensko. V Čechách má její pěstování krátkou historii, kde s prvním pěstováním se začalo na počátku 20. století. Přitom dosud převažují dva užitkové směry: kukuřice na zrno a kukuřice silážní. Je zdrojem potravin pro lidskou výživu a dále se využívá v různých průmyslových odvětvích (papírnictví, stavebnictví, chemický a farmaceutický průmysl, nejnověji pro výrobu obnovitelných zdrojů energie). Pro hospodářská zvířata je nenahraditelným zdrojem energie a právě proto je základním objemným krmivem pro chov skotu. Kukuřice je plodina, která ze všech plodin vytváří nejvíce biomasy. Pěstování kukuřice neustále vyžaduje nové technologie, protože průměrné výnosy lze stále zvyšovat (Baldotto a kol., 2019). Její význam je i v tom, že ji lze pěstovat jako monokulturu. Kukuřice je druhou nejrozšířenější plodinou na světě (Petr a Húska, 1997).

2.2.1 Botanická charakteristika

Kukuřice (*Zea mays*) patří do řádu lipnicokvětých (*Poales*), čeledi lipnicovitých (*Poaceae*) a skupiny kukuřicovitých (*Maydeae*). Jednoletá rostlina, jednodomá, různopohlavní, typu rostlin diklinických s prašníkovými (samčími) a pestíkovými (samičími) květy, uspořádaných do oddělených květenství (laty a palice). Je cizosprašná. Systematika kukuřice má více modifikací, které jsou založeny na různých principech. Z praktického hlediska rozdělujeme kukuřici podle tvaru zrna a jejího složení na tyto poddruhy: kukuřice obecná, kukuřice koňský zub, kukuřice polozubovitá, kukuřice pukancová, kukuřice cukrová, kukuřice škrobová, kukuřice vosková, kukuřice pluchatá. Největší význam z hospodářského hlediska má kukuřice obecná, kukuřice koňský zub, kukuřice polozubovitá (Moudrý a Jůza, 1998).

2.2.2 Popis rostliny

Jedná se o robustní jednoletou travu. **Zárodek** (embryo) v zrna představuje základ nové rostliny. U zralého zrna je zárodek zřetelně vyvinutý a vysoce organizovaný. Je na něm možno vidět základy všech vegetativních orgánů. Začíná klíčit za vyhovujících tepelných a vlhkostních podmínek, ve vzduchu i v půdě vyklíčí přibližně za 7 až 10 dní. Minimální teplota klíčení je 6 °C, ale optimální je 10 °C.

Kořeny kukuřice vytváří svazčitý kořenový systém, jehož provazčité kořeny pronikají poměrně hluboko do půdy, podle stanovištních podmínek 1,5 m až 3 m i více metrů. U kukuřice dále rozdělujeme kořeny podle svého původu na primární a sekundární. Primární kořenovou soustavu tvoří kořeny, které se zakládají již v zárodku, sekundární kořenovou soustavu tvoří soubor stonkových adventivních kořenů.

Stéblo kukuřice je plné (dužnaté), na povrchu hladké a je současně zásobním orgánem, zprostředkovává spojení listů a kořenů. Stéblo kukuřice je složeno z článků (internodií), které se střídají s plnými kolénky (nody). Z každého kolénka vyrůstají na stéble vstřícné listy. Vrchol nejvyššího článku je zakončen latou. Články stébla nejsou stejně dlouhá. Nejkratší jsou bazální články. Výška stébla se v našich podmínkách v závislosti na hybridu pohybuje od 1 m do 3 m.

Listy kukuřice jsou široké, protistojné, střídavé, kopinaté. Listová čepel je široká s nápadným středním žebrem. Povrch čepele je slabě ochlupený. Listovou pochvou přisedá list ke stéblu. Počet listů je odrůdový znak a je rozdílný v závislosti na ranosti hybridů. Nejméně listů mají velmi rané hybridy (8 až 10), nejvíce pozdní hybridy (24 i více).

Květenství a květ kukuřice. Kukuřice patří mezi rostliny jednopohlavné a jednodomé. Samčí prašnickové květy tvoří klásky v latách. Lata vyrůstá z posledního článku stébla. Samičí pestíkovité květy vyrůstají z úžlabí listů a vytváří palice. Je to klas s hrubou hlavní osou (vřetenou), na kterém jsou zrna v řadách. Počet řad je obvykle od 8 do 18. Celý samičí klas je uzavřen v pochvách listenů, na vrcholu vyčuhuje chomáč čnělek s bliznami. Plodem je velká obilka lesklá, hranolovitá HTS

o hmotnosti 300 - 350 g. Kukuřice je rostlina cizosprašná (větrosprašná), pyl je přenášen zejména větrem. Kukuřice je jako mnohé další tropické rostliny plodina s fotosyntézou typu C4. Díky tomu je kukuřice schopná za dostatečného osvětlení velmi rychle růst a produkovat enormní množství biomasy (Zimolka a kol., 2008).

2.3 Technologie pěstování kukuřice

2.3.1 Zařazení v osevním postupu

Z pohledu způsobu pěstování a působení v osevním postupu se řadí jako okopanina. Kukuřice dobře snáší především hnojení organickými hnojivy. Kukuřici možno pěstovat na všech půdách, pokud jsou dostatečně vzdušné, propustné a biologicky činné. Nejvhodnějšími předplodinami pro kukuřici jsou plodiny, které zanechávají větší množství posklizňových zbytků. Luxusními předplodinami jsou jeteloviny a luskoviny, které obohacují půdu o dusík a zanechávají v ní velmi kvalitní posklizňové zbytky. Dalšími vhodnými předplodinami jsou olejniny. Kukuřice je sama se sebou velmi snášenlivá, lze ji pěstovat 2 roky po sobě na stejném místě (riziko škůdců a chorob). Nejčastěji se kukuřice zařazuje po hustě setých obilovinách, neboť má funkci přerušovače obilného sledu v osevním postupu. Po kukuřici následují nejčastěji obiloviny jarní. Ozimé jen tehdy je-li čas na přípravu půdy a dodržení agrotechnického termínu setí. Kukuřici je možné pěstovat i v monokultuře (Stach, 1995).

2.3.2 Příprava půdy

Pro kukuřici se nabízí v současné době široký výběr technologických postupů. Přitom volbu pracovních postupů je třeba přizpůsobit stanovištním podmínkám, zařazení kukuřice do osevního postupu včetně managementu posklizňových zbytků, stavu půdy po sklizni předplodiny i dalším faktorům. U kukuřice je v současnosti možné využít jak tradiční technologie zpracování půdy orbou, tak minimalizační technologie bez použití orby. V našich podmínkách dosud většinou převažuje tradiční technologie s orbou. Při pěstování kukuřice po obilovinách předchází orbě podmínka. Ta se provádí v co nejkratší době po sklizni talířovými nebo radličkovými podmínkači, podle podmínek do hloubky 6 až 12 cm. Po podmínce následuje střední orba do hloubky 25 cm, kterou jsou zpravidla do půdy zapravována organická a minerální hnojiva. Jarní příprava půdy pro kukuřici musí

zabezpečit rychlé prohřátí půdy, zajistit dostatek vzduchu pro klíčení osiva a současně šetřit půdní vodou. Hloubku přípravy půdy je nutné volit pouze do hloubky setí. Při přípravě se nesmí vytvořit hroudy a nadměrně utužit půda. Příprava půdy se zahajuje ihned, jakmile to půdní podmínky dovolí. Vhodná je dělená příprava, která v první fázi zajistí urovnání a nakypření povrchu půdy, ve druhé fázi pak přípravu set'ového lůžka. Pro jarní přípravu jsou používány především brány, kombinátory nebo kompaktory (Zimolka a kol., 2008).

2.3.3 Setí

Správné založení porostu kukuřice je jedním ze základních předpokladů dosažení vysoké produkce a kvality všech variant jejího využití, neboť chyby při zakládání porostů lze jen velmi obtížně korigovat následnými opatřeními. Pokud se nepodaří dosáhnout optimálního počtu rostlin na jednotce plochy pro dané stanoviště, ovlivní se tak primárně výnos jak v množství, tak v kvalitě. Základním předpokladem je, aby se výsev uskutečnil ve vhodném termínu, aby byl zvolen odpovídající hybrid, správný výsevek, rovnoměrné rozmístění rostlin na ploše, tak i v hloubce půdy. Standardní hranice začátku setí je dána teplotou půdy v rozmezí 8 až 10 °C, která je zároveň optimální pro klíčení kukuřice. Tomu odpovídá termín od 15. dubna do 15. května. K výsevu kukuřice se dnes již téměř výhradně využívají přesné secí stroje, většinou pneumatické, které zajistí rovnoměrnou hloubku setí, požadovaný počet vysévaných semen a jejich rovnoměrné rozmístění na ploše. Doporučená mezirádková vzdálenost je 70 až 75 cm. Zajišťuje dostatek světla pro fotosyntézu, prohřívání půdy a minimální ztráty při sklizni řádkovými adaptéry. Vzdálenost rostlin v řádku se pohybuje v rozmezí od 15 do 30 cm. V klimatických podmínkách ČR se doporučená hustota porostů pohybuje od 7 do 11 rostlin na m². Průměrná redukce počtu rostlin od setí do sklizně je 15 až 20 %. S tím je potřebné u výsevu počítat. Hloubka setí se volí v závislosti na půdních podmínkách, kalibraci osiva (HTS) a termínu setí. Na středních půdách 3 až 5 cm. V těžších půdách mělčeji, v lehčích půdách hlouběji (Diviš, 2000).

2.3.4 Ošetření v době vegetace

Kukuřice v prvních fázích růstu je velmi citlivá na zaplevelení. Ochrana proti plevelům je možná mechanicky (vláčení, plečkování) nebo chemicky použitím herbicidů. Zvolený zásah musí vytvořit podmínky, aby zejména po dobu 40 až 50 dní

od vzejití kukuřice byl zajištěn bezplevelný stav porostu. U zrnové kukuřice dále přichází v úvahu použití insekticidů v závislosti na výskytu škůdců. Nejčastější škůdci jsou zavíječ a bázlivec kukuřičný (Diviš, 2000).

2.3.5 Sklizeň kukuřice

Je celá řada variant sklizně kukuřice v závislosti podle užitkového směru:

- Sklizeň celých rostlin na siláž
- Sklizeň samotných palic CCM
- Sklizeň čistého zrna

Termín sklizně **kukuřice na zrna** nastává až po dosažení fyziologické zralosti rostliny. To je, když obsah sušiny v zrně dosáhne 65 až 68 %, zrna je tvrdé a lesklé a na bázi má načervenalou vrstvu, která signalizuje konec ukládání živin. V ČR probíhá sklizeň kukuřice na zrna nejčastěji v průběhu měsíce října. V případě předčasné sklizně na zrna není dosaženo plného výnosu a je nutné zrna nákladně dosušet na skladovací vlhkost 14 %. **Kukuřice na siláž** je nejvýznamnější energetické objemné krmivo, které sehrává důležitou stabilizační úlohu v krmné dávce skotu, neboť se zkrmuje celoročně a často tvoří až 50 % podíl sušiny krmné dávky. Nejvhodnější termín sklizně silážní kukuřice z krmivářského hlediska je na konci těstovinové zralosti zrna (sušina rostliny 28 až 34 %), kdy končí syntéza škrobu v zrnech a je dosaženo nejvyšší koncentrace energie v celé rostlině (Petr a Húska, 1997)

2.4 Hnojení kukuřice

Kukuřice vykazuje v porovnání s jinými zemědělskými plodinami vysoké nároky na teplo, náleží mezi rostliny typu C-4, a proto využívá velmi dobře sluneční energii. Pro dosažení požadovaného výnosu a kvality je ale potřeba zajistit vyrovnanou bilanci všech makrobiogenních i mikrobiogenních prvků. Obsah živin v rostlinách je ovlivněn především půdně klimatickými podmínkami, úrovní hnojení a pěstovaným hybridem, a proto i odběr živin se může významně lišit (Zimolka a kol., 2008).

Pro kukuřici je charakteristický velmi pomalý počáteční růst a malý příjem živin. Při výšce porostu 40 - 50 cm lze počítat s odběrem cca 35 kg N, 4 kg P, 40 kg

K a 3 kg Mg na ha. Potom však následuje období velmi intenzivního růstu a příjem živin. Za 35 až 45 dní (asi 10 - 15 dní před objevením laty a 25 - 30 dní po objevení laty) přijme kukuřice 70 - 75 % všech živin (Vaněk a kol., 2002).

Z hlediska agrotechniky vykazuje kukuřice všechny vlastnosti okopaniny, a proto se doporučuje ji pravidelně hnojit statkovými hnojivy. Z organických hnojiv je nejčastěji používán chlévský hnůj. Optimální dávky hnoje se pohybují v rozpětí od 30 do 40 t/ha. Většinou je lepší podzimní aplikace, pouze na lehkých půdách lze tolerovat i jarní hnojení. S výjimkou dusíku stačí dávka okolo 40 t hnoje na ha na dobře zásobených půdách zabezpečit potřebu živin pro kukuřici (Zimolka a kol., 2008).

Kukuřice je řazena mezi plodiny, které velmi pozitivně reagují na hnojení kejdou nebo močůvkou. Zvláště vhodné je hnojení kukuřice kejdou prasat, kejdou skotu nebo digestátem. O agrochemickém účinku kejdy rozhodují hlavně kvalita kejdy a podmínky, za kterých je aplikována. Lze použít dávky kejdy skotu až 60 - 80 t na ha, kejdy prasat až 50 - 60 t na ha a kejdy drůbeže 20 - 25 t na ha. Z hlediska termínu aplikace kejdy jsou rozhodující půdní podmínky. Na středních a těžkých půdách je výhodnější podzimní aplikace, zvláště v pozdním období. Jarnímu období aplikace dáváme přednost na lehčích půdách. Vyšší účinnost je u jarní aplikace (Vaněk a kol., 2002).

Kukuřice nemá zvlášť vyhraněné požadavky na půdu a půdní reakci. Větší výnosovou jistotu poskytují půdy středně těžké (hlinité nebo písčitohlinité) až těžké s půdní reakcí od pH 5,6 do 7,0. Rozhodujícím hlediskem potřeby vápnění je zrnitostní složení půdy. Odpovídající pH půdy je důležité pro udržení struktury půdy a zajištění dobrých fyzikálních vlastností půd, vytvářejících příznivé podmínky pro růst kořenů. Proto kukuřici vápníme většinou jen na slévavých a silně kyselých půdách (Zimolka a kol., 2008).

2.4.1 Hnojení dusíkem

Dávka dusíku se volí s ohledem na předpokládaný výnos u kukuřice na zrno nebo na siláž. Podle zákona je stanoven maximální limit hnojení pro kukuřici na zrno i na siláž a to 260 kg/ha N. Při dobré zásobě všech živin v půdě rozhoduje o výši

výnosu hnojení dusíkem. Základní dávka dusíku k hnojení před samotným setím se řídí výrobní oblastí, výnosem předplodiny, organickým hnojením a pohybuje se zpravidla v rozmezí 80 až 200 kg/ha. Rozhodující část dusíku se většinou aplikuje před setím, ale vysoký příjem rostlinami je až v období intenzivního růstu, tedy asi za 8 - 10 týdnů. Snahy o přesun hnojení do vegetačního období jsou zcela oprávněné s ohledem na možné ztráty dusíku, ale běžné přihnojení dusíkatými hnojivy většinou vede k poškození porostů (popálení listů). Jsou proto hledány způsoby aplikace hnojiv za vegetace, které by nepoškozovaly porost hnojení pod listy nebo na povrch půdy. S ohledem na ekonomiku hnojení s přihlédnutím k ekologickým aspektům je hnojení dusíkatými hnojivy nutné uskutečnit ve dvou termínech (Vaněk a kol., 2002).

Základní hnojení před setím - v sušších podmínkách řepařské výrobní oblasti až do dávky 120 kg N na ha a v humidnějších oblastech a lehčích půdách asi do dávky 70 kg N na ha. Jestliže nebylo hnojení uskutečněno před setím, je možné dodatečně aplikovat krátce po setí (3 dny) asi 40 kg N na ha v LAV, případně DAM. K základnímu hnojení před setím jsou vhodná hnojiva s amonným a amidickým dusíkem, tedy síran amonný, močovina a DAM. Na sorpčně nasycených půdách jsou docilovány nejlepší výsledky se síranem amonným. Síran amonný působí příznivě tím, že probíhá pozvolněji nitrifikace dodaného dusíku, uvolňuje do půdního roztoku kationty ze sorpčního komplexu a zvyšuje rozpustnost půdního fosforu, takže zlepší výživu kukuřice v raných fázích růstu. Vhodná je také močovina a DAM za předpokladu jejich následného zapravení do půdy (Vaněk a kol., 2002).

Přihnojení během vegetace - dělením dávky dusíku lze docílit zvýšení výnosu a vyššího využití dusíku hnojiv, zvláště na lehčích půdách a v oblastech s vyššími srážkami. Efektivnost přihnojení je tedy dána stanovištními podmínkami a dále kvalitou rozmetání hnojiv. Přihnojení se má uskutečnit v období, kdy porosty dosáhly výšky 20 - 40 cm. Později přihnojované porosty mají většinou nižší obsah sušiny. Po přihnojení kukuřice v průběhu vegetace klasickými rozmetadly je značné nebezpečí poškození porostů, granule hnojiv po zapadnutí do paždí listů poškozují porosty. Menší poškození lze předpokládat po aplikaci LAV než LV a při výšce porostu cca 20 cm. Aplikovaná dávka by se měla pohybovat mezi 20 - 40 kg N na ha.

U moderních odstředivých rozmetadel s možností připojení hadic (semenovodů) lze hnojivo aplikovat do meziřádků a téměř vyloučit poškození rostlin. Proto i aplikovaná dávka dusíku může být podstatně vyšší a to 60 - 70 kg N a výška porostů až 40 cm. Rozporuplná je otázka využití hnojiva DAM k přihnojení kukuřice. Může dojít po aplikaci DAMU, ale zároveň také ke značnému poškození (popálení) rostlin. I když rostliny většinou dobře regenerují, má poškození porostů za následek snížení obsahu sušiny. Proto přihnojení DAMem na list v klasické podobě se nedoporučuje. V současnosti jsou však již možné úpravy na aplikátorech, které umožňují přihnojení DAMem pod listy, čímž nedochází k poškození rostlin. Při tomto způsobu aplikace je možné použít dávky okolo 60 kg N na ha. Tyto nové způsoby aplikace hnojiv umožňují přesunout větší část dusíkatého hnojení do období vegetace a zvýšit tak využití dusíkatých hnojiv. Velmi dobře lze k přihnojení kukuřice v průběhu vegetace využít také kejdu skotu nebo prasat. K aplikaci je však nutno použít adaptéry s vývody do meziřádku. Dávka by měla činit cca 25 t na ha. Ještě výhodnější a také perspektivnější je zapravení kejdy do půdy. Systém hnojení je stejný u kukuřice na zrno i siláž. Podstatné je zvolit podle předpokládaného výnosu úroveň hnojení (Vaněk a kol., 2002).

2.4.2 Nedostatek dusíku

Při nedostatku dusíku v půdním prostředí se jeho obsah v rostlinách kukuřice silně snižuje. Rostliny se slabě vyvíjí, porosty jsou na pohled nevyrovnané, se světlými listy. Podle stupně nedostatku se mění barva listů od bledě zelené po žlutou. Pokud nedostatek dusíku trvá, spodní listy žloutnou a zasychají. Důsledkem toho je ovlivnění počtu zrn v palici (zejména počet zrn v řadě = délka palice) dále hmotnost HTS (Zimolka a kol., 2008).

2.4.3 Hnojení fosforem, draslíkem a hořčíkem

Při určování dávek fosforu, draslíku a hořčíku vycházíme z rozboru půd tedy z obsahu přijatelného P, K a Mg. Kukuřice má vysoké nároky na fosfor. Kritické období pro jeho příjem je v počátečních fázích růstu kukuřice (než vytvoří dostatek kořenů). Proto je důležitý dostatečný obsah přijatelného fosforu v okolí osiva již počátkem vegetace. Aplikace fosforu na půdách se projeví ve zvýšené tvorbě fytomasy kořenů a nadzemních částí rostlin. Z tohoto hlediska je žádoucí především na půdách s nižším obsahem přijatelného fosforu aspoň část potřebné dávky

P realizovat před setím nebo uplatnit specifické hnojení aplikaci pod patu. Jedná se o zapravení fosforečného hnojiva současně se setím, kdy hnojivo je aplikováno asi 4 - 5 cm pod úroveň výsevu osiva a asi 4 - 5 cm do strany. Vhodná jsou NP hnojiva, například amofos. O efektivnosti tohoto hnojení rozhoduje kvalita provedení, dodržení vzdálenosti osiva a hnojiva. Při velmi malé vzdálenosti může být nepříznivě ovlivněna vzházivost a při větší vzdálenosti je ztíženo zásobování rostlin fosforem. Také hnojení draslíkem je nutné věnovat náležitou pozornost. Vhodnými hnojivy jsou draselné soli. Draselnými hnojivy se hnojí zpravidla na podzim nebo před setím. Zvláště vhodná je společná aplikace s posklizňovými zbytky před orbou, kdy lze docílit lepšího rozmístění draslíku v půdním profilu. Na nedostatek draslíku reaguje kukuřice výrazněji než na nedostatek fosforu. Je také většinou vyšší výnosová reakce na hnojení draslíkem než u cukrové řepy. Jestliže není používáno organické hnojení ke kukuřici, doporučují některé evropské systémy pro kukuřici tuto kombinaci hnojení: NPK hnojení při předset'ové přípravě a NP hnojivo pod patu (Vaněk a kol., 2002).

2.4.4 Nedostatek fosforu

Nedostatek se projevuje zpočátku nenápadně. U rostlin je omezen rozvoj kořenů a dochází k méně intenzivnímu růstu nadzemní fytomasy. Zpočátku se antokyanové zbarvení objevuje na špičkách a okrajích listů a při silnějším nedostatku se červenofialové zbarvení projevuje na stéblech a celých listech. Nedostatek fosforu v období kvetení má za následek nedostatečné ozrnění palic v důsledku snížení klíčivosti pylu (Zimolka a kol., 2008).

2.4.5 Nedostatek draslíku

Nedostatek se projevuje u rostlin omezeným vývojem listů a postupně je změněn celý habitus rostliny. Již mírný nedostatek draslíku omezuje tvorbu bílkovin, cukru a škrobu v rostlinách. Větší nedostatek draslíku se projevuje postupným zasycháním okrajů starších listů, které nekrotizují v prouzcích a postupně se spojují do velkých ploch, až celý list odumře (Zimolka a kol., 2008).

2.4.6 Chlévský hnůj

Chlévský hnůj jako zdroj organických látek je zatím nejdostupnější a nejrozšířenější hnojivo v zemědělství. Směs výkalů, steliva, případně zbytků

krmiva a části moči hospodářských zvířat, která opouští stáj, se nazývá chlévská mrva. Uzráním na hnojišti vzniká chlévský hnůj. Výše produkce chlévské mrvy, obsah sušiny, organických látek a živin závisí na druhu zvířat, jejich stáří, krmení, způsobu ustájení a zejména druhu steliva. Proces zrání mrvy představuje kvašení, hnití, je to chemicko-biologický proces, při kterém se komponenty rozkládají a přeměňují na látky jiného kvalitativního složení. Největší intenzita rozkladu organických látek probíhá za přístupu vzduchu. Z hlediska zamezení ztrát organické hmoty je proto důležité vytěsnit vzduch, což se dá v praxi dosáhnout vrstvením hnoje do výšky nejméně 3 m. Při dobré péči o hnůj by ztráty neměly překročit 30 %. Oproti tomu při často užívané technologii nezpevněných polních hnojišť a sklápění jednotlivých návěsů vedle sebe je úbytek organických látek 50 - 60 %, což představuje značné finanční ztráty. Kromě ztrát na organických látkách při zrání hnoje dochází i ke ztrátám na živinách. Hnojem se hnojí hlavně plodiny s delší vegetační dobou, které jsou náročné na plynulé a dlouhodobé dodávání živin v pohotové formě. Na orné půdě je na lehčích půdách doporučován cyklus 2 až 3letý, na těžších 3 až 4letý. Střední dávky průměrně kvalitního hnoje na hektar závisí na nárocích pěstovaných plodin, množství vyprodukovaného hnoje, cyklu hnojení a zrnitostním složení půdy. U obilnin činí 20 t na ha, u okopanin a zeleniny 35 - 45 t na ha, u kukuřice 30 - 35 t na ha. Hlavní zásadou je okamžité zaorání hnoje, neboť jinak se snižuje jeho hnojivá účinnost. Za dostatečně vysokou úroveň hnojení hnojem lze považovat dávku 35 - 40 t hnoje na ha, aplikovanou na každý pozemek 1x za 4 roky (Vaněk a kol., 2002).

2.4.7 Digestát

Jedná se o zbytek, který vznikl po fermentačním procesu při anaerobní fermentaci při výrobě bioplynu v bioplynové stanici. Využití tohoto materiálu je zejména jako hnojivo, palivo, stelivo, přídavek do kompostu nebo k úpravě povrchu terénu, ale nejedná se o odpad. Digestát je hnojivo organické, ale jen se slabými vlastnostmi hnojiva minerálního (Kužel a kol., 2010).

2.4.8 Průmyslová minerální hnojiva

Jsou to většinou výrobky chemického průmyslu. Zčásti se na jejich výrobě podílejí i ostatní úseky hospodářství (stavebnictví, hutnictví). Vyznačují se vyšším obsahem živin, obsahují jednu nebo více živin, většinou dusík, fosfor a draslík. Jsou

vyráběna z přírodních surovin (fosfáty, draselné minerály, vápenec) a zdrojem dusíku je přímá syntéza amoniaku z dusíku na vodík. V procesu výroby se většinou omezuje množství vedlejších složek, čímž se koncentruje obsah živin a živiny se transformují do využitelných forem. **NPK** = pevné, granulované vícesložkové dusíkato-fosforečno-draselné hnojivo, které je určeno k základnímu hnojení před setím či sázením plodin (Vaněk a kol., 2002).

2.5 Regulace plevelů v kukuřici

Kukuřice má v počátečních obdobích růstu velmi slabou konkurenční schopnost proti plevelům. Plevelé díky své konkurenční schopnosti ochuzují o vodu, půdní vzduch a živiny (Farooq, 2020). 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 (Zimolka a kol., 2008).

2.5.1 Druhové spektrum plevelů v kukuřici

Na základě provozních pozorování lze konstatovat, že porosty kukuřice jsou zaplevelovány především pozdně jarními a vytrvalými druhy plevelů. K nejčastěji se vyskytujícím druhům patří **ježatka kuří noha**, která může být v některých lokalitách nahrazována některým z **běrů** (sivý, zelený, přeslenitý). Dalšími pozdně jarními druhy v kukuřici hojně se vyskytujícími jsou **merlíky**, a to především merlík bílý, merlík tuhý nebo v teplejších oblastech merlík zvrhlý, případně méně časté druhy tohoto rodu. Dále to jsou **laskavce**, především ohnutý, zelenoklasý a jiné druhy a jejich kříženci. Lokálně pak mohou působit problémy pět'our maloúborný a rdesno blešník. Poměrně snadno se v kukuřici prosazují vytrvalé druhy plevelů, jako jsou **pýr plazivý**, **pcháč oset** a pelyněk černobýl. Ze skupiny přezimujících plevelů jsou to především kosmopolitní druhy **heřmánkovec přímořský**, **kokoška pastuší tobolka** a **penízek rolní**. Výskyt těchto v kukuřici méně typických druhů je velmi ovlivněn průběhem počasí. Především při častějších chladnějších periodách, které brzdí kukuřici v růstu, jsou vytvořeny vyhovující podmínky pro tyto plevely. V posledních letech působí v teplejších oblastech našeho státu velké problémy **durman obecný**. Vzhledem k tomu, že je schopen klíčit při vyšších teplotách, čímž se posouvá termín jeho klíčení až do léta, je také velmi obtížná jeho mechanická, ale i chemická regulace. Jedná se o druh, jenž velmi rychle tvoří velké množství

fytomasy. Protože je celá rostlina durmanu jedovatá, může takto znehodnocovat silážní kukuřici, která je pak nezkrmitelná. Vzhledem k potenciálnímu riziku vzniku zdravotních problémů u zvířat je za takové situace méně škodlivé takto zaplevelený porost kukuřice sklídit na zrno. Výsledkem konkurenčního tlaku plevelů je zpomalení růstu rostlin kukuřice v konečné fázi většinou pak i významné snížení výnosu kukuřice (Zimolka a kol., 2008).

2.5.2 Možnosti regulace plevelů v kukuřici

Těžiště regulace plevelů v kukuřici bylo dříve v kultivaci během vegetace, vláčení a opakovaném meziřádkovém obdělávání (plečkování) podobně jako u okopanin. Po zavedení herbicidů do praxe kukuřice charakter okopaniny ztratila. V současné době neposkytuje zpracování půdy ke kukuřici velké možnosti k regulaci plevelů. Většinou není realizována opakovaná předset'ová příprava, která by likvidovala postupně vzcházející plevele. Převážná část regulace plevelů se tak přenáší do vegetační doby kukuřice, kdy jsou používány herbicidy. V naprosté většině případů se aplikují celoplošně a meziřádkové kultivační zásahy se nedělají. Pokud se rozhodneme pro plečkování, je třeba začít co nejdříve a nejméně dvakrát je opakovat (Zimolka a kol., 2008).

2.5.3 Nechemické způsoby regulace plevelů

Základem je především meziřádková kultivace (plečkování), jak již bylo uvedeno výše. Nejčastěji jsou používány pasivní (nožové) či aktivní (rotační) plečky. Plevle vyskytující se v řádcích kukuřice mohou být účinně eliminovány vláčením. Nejčastěji jsou používány prutové brány. Poškození porostu, ke kterému dochází po provedení tohoto zásahu, lze do jisté míry eliminovat vhodným termínem. Optimální je vláčet v odpoledních hodinách, kde dochází k poklesu turgoru v rostlinných buňkách a rostliny kukuřice se méně lámou. Předností použití prutových bran je vysoká výkonnost zásahu a možnost regulace plevele i v řádku, což jinými způsoby nelze dosáhnout. První zásah je třeba provést naslepo. Ideální doba je několik dnů po zasetí, kdy je délka klíčků kukuřice okolo 4 cm a velká část plevelů je vyklíčena. Musí se dodržet zásada, aby pruty bran zasahovaly maximálně do hloubky 2 cm a nepoškozovaly klíčící kukuřici. Úspěšnost regulace plevelů se pohybuje kolem 80 %. Další vláčení se doporučuje provést ve fázi 3 - 4 listu. Zásah se provede šetrně, zvláště na pozemku s větší hrudovitostí, kde by mohlo docházet při pohybu půdy

k poškození slabších rostlin. Úspěšnost mechanických zásahů při regulaci plevelů je velmi závislá na průběhu počasí. V případě, že se vyskytne vlhké počasí bezprostředně po vláčení či plečkování, vytažené plevele neuschnou, ale začnou znovu růst. Trvá-li vlhké počasí delší dobu, vzniká riziko, že není možné mechanický zásah provést včas, a plevele mezitím přerostou. Vzhledem k těmto skutečnostem lze v praxi počítat asi s 50% účinností na plevele při použití mechanického způsobu regulace. Lze tedy říci, že v případě absence herbicidů je třeba uvedené zásahy provést vícekrát minimálně dvakrát (Mikulka a kol., 1999).

Mezi nechemické způsoby regulace plevelů patří také využití kartáčových a plamenových pleček. Podstatou kartáčové plečky je válcový kartáč, který se otáčí v horizontálním směru a pohybuje se po povrchu půdy. Tímto způsobem je zajištěno buď úplné vytržení plevelů, nebo alespoň mechanické poškození jejich nadzemních částí. Nedochází ke kypření půdy, čímž nejsou hlouběji uložená semena plevelů přemístována k povrchu půdy, to znamená, že není aktivován nový zdroj zaplevelení v průběhu vegetace. Použitím kartáčové plečky je v podmínkách českého zemědělství spíše výjimkou. Využití plamenové plečky je založeno na principu termického způsobu regulace (plevele jsou zničeny působením teploty). Zdrojem je většinou propan-butan, který vzhledem k vysoké ceně toto regulační opatření velmi prodražuje. Vysoké náklady, malá výkonnost strojů a poměrně velké riziko poškození plodiny jsou důvodem, proč není v současné době termická regulace používána (Zimolka a kol., 2008).

2.5.4 Chemická regulace plevelů v kukuřici

V současné době je do kukuřice v ČR registrován dostatečný počet herbicidů, který pokrývá téměř celé druhové spektrum plevelů běžně se v kukuřici vyskytujících. Na samostatném zemědělci pak zůstává správný výběr účinné látky, ale také termínu aplikace s ohledem na konkrétní plevelné spektrum pozemku a použitou technologii pěstování. Na druhou stranu je skutečností, že se zpříšňují požadavky kladené na nové herbicidy. Po vstupu naší země do Evropské unie dochází k přizpůsobování naší legislativy v oblasti ochrany rostlin legislativě EU. V oblasti herbicidů je důležitá nejen jejich vysoká biologická účinnost na široké druhové spektrum plevelů a co nejnižší fytotoxicita na plodinu, ale stále větší pozornost je věnována otázce vlivu používaných herbicidů na složky životního

prostředí (půda, voda, ovzduší). Kromě toho je posuzována škodlivost jednotlivých účinných látek na necílové organizmy (včely, vodní bezobratlí a ryby, ptáci, zvěř) včetně člověka. Řada dosud používaných herbicidů pak podle těchto kritérií nesplní stanovené limity, což vede k ukončení jejich platné registrace (Zimolka a kol., 2008).

2.5.5 Použití herbicidů v meziporostním období

Vzhledem k obvykle poměrně dlouhému meziporostnímu období (doba mezi sklizní předplodiny a setím kukuřice) je možné provést regulaci plevelů, především pýru plazivého, již v této době. Škodlivost pýru plazivého nespočívá pouze v přímém konkurenčním působení, ale rostliny pýru ovlivňují plodinu také tím, že do půdy vylučují látky, které působí na ostatní rostliny toxicky. Tyto látky se uvolňují do půdy i po odumření pýru. Proto je vhodné pozemky silně zaplevelené pýrem ošetřit herbicidem ještě před založením porostu kukuřice. Pýr plazivý je na listové neselektivní herbicidy s účinnou látkou glyfosát vysoce citlivý již v relativně nízkých dávkách, aby však bylo ošetření dostatečně účinné a dlouhodobé, je třeba aplikaci správně načasovat. Aplikaci lze provést přímo na strniště předplodiny, avšak vhodnější je zaplevelený pozemek nejprve podmínout talířovým nářadím, čímž se rozřežou dlouhé oddenky pýru a vytvoří se tak podmínky pro jejich regeneraci. Následná aplikace neselektivních listových herbicidů na vzešlý pýr je pak účinnější (menší regenerace) (Zimolka a kol., 2008).

2.5.6 Preemergentní aplikace

Zásadou je, aby herbicidy byly aplikovány po zasetí, ale před vzejitím plodiny (většina výrobců herbicidů uvádí do tří dnů po zasetí). Dnes se provádí především při velmi časném setí nebo při pěstování ve vyšších a pro růst kukuřice méně příznivých polohách (velmi dlouhá doba od setí do vytvoření tří až čtyř listů kukuřice). Za takové situace plevele rostou rychleji než kukuřice, a tím jí snadněji konkurují. Preemergentní aplikace je také vhodná v podnicích s velkou výměrou kukuřice (rozložení pracovních operací) nebo na pozemcích s velmi vysokou intenzitou zaplevelení jednoletými plevele. Obecně platí, že účinnost preemergentně aplikovaných herbicidů je výrazně ovlivněna půdní vlhkostí. Suché počasí po aplikaci preemergentních herbicidů bývá většinou příčinou jejich nízké účinnosti. Při aplikaci na suchou půdu je vhodné použít alespoň 400 l vody na hektar. Pokud se aplikují na vlhkou půdu, může ihned dojít k vytvoření herbicidního filmu. Vlhká

půda bývá také chladnější a nedochází k velkým ztrátám účinné látky herbicidu odpařováním. Snížení účinnosti půdních herbicidů je nejčastěji pozorováno na silně humózních půdách, kde dochází k vazbě účinné látky na organickou hmotu. Nebezpečí snížení účinnosti hrozí také na pozemcích, kde bylo aplikováno větší množství močůvky, kejdy nebo hnoje. Pozemek pro preemergentní aplikaci by měl být zároveň dobře urovnaný a bez větších hrud. Při setí je nutné dbát na správnou hloubku uložení osiva. Příliš mělce vyseté osivo klíčí ve vrstvě vytvořeného herbicidního filmu a může dojít k jeho poškození. Špatná příprava půdy je příčinou hrudovitosti, která má za následek vytvoření nesouvislého herbicidního filmu. V neošetřených místech pak mohou nerušeně růst plevelé (Zimolka a kol., 2008).

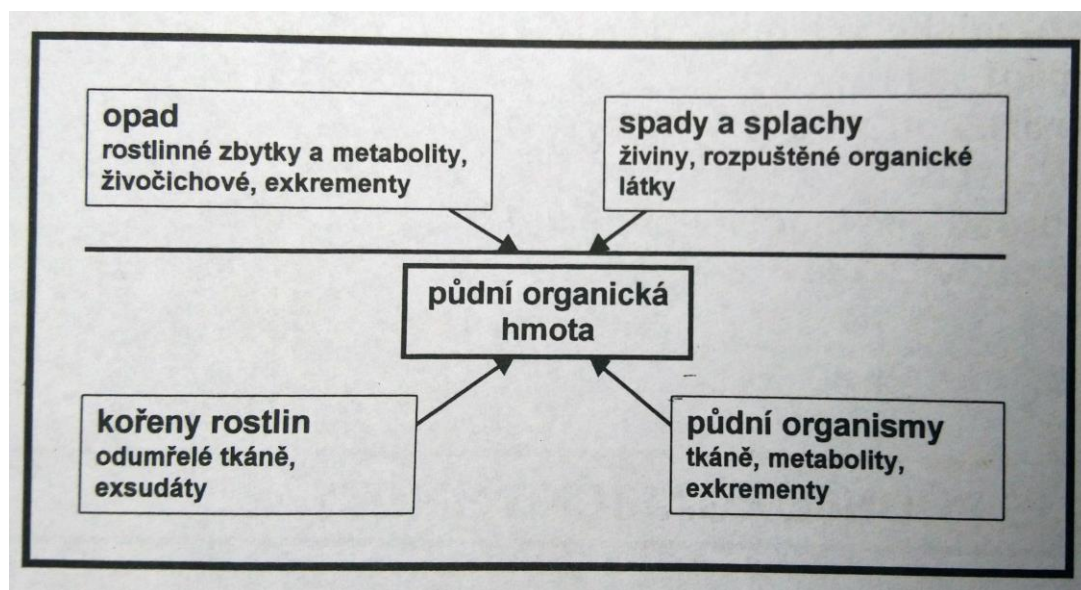
2.5.7 Postemergentní aplikace

V posledních letech poměrně dynamický vývoj nových herbicidů do kukuřice vytváří stále větší prostor pro využití postemergentního ošetření. Plevelé lze velmi spolehlivě hubit až do fáze zhruba 6. listu kukuřice (dvouděložné plevelé do čtyř až osmi pravých listů, plevelné trávy do počátků odnožování). Kukuřice je však poměrně citlivá na většinu postemergentně aplikovaných herbicidů v případě, že není dodržena doporučená růstová fáze. Nebezpečí poškození rostlin kukuřice je o to vyšší, dojde-li zároveň k působení jiného stresu (chladem, zamokřenou půdou či mechanickým poškozením v důsledku výskytu krup, kultivací). Obecně platí, že po vytvoření 6. listu začíná diferenciací vzrostlého vrcholu a každá aplikace herbicidu v té době a později může negativně ovlivnit další růst a vývoj kukuřice. Výsledkem může být i redukce výnosu. Vzhledem ke stále se zvyšujícímu zaplevelení vytrvalými pleveli a postupnému vzcházení některých pozdních jarních plevelů (ježatka kuří noha, merlíky, laskavce) se postemergentní herbicidní ošetření kukuřice stává stále větší nutností. Výhodou postemergentní aplikace je možnost zasáhnout podle skutečného výskytu plevelů a účinně eliminovat vytrvalé plevelé (především pýr plazivý a pcháč oset). Většina postemergentně aplikovaných herbicidů v kukuřici patří mezi systémové, to znamená, že účinné látky jsou rozváděny i do míst, která nebyla přímo zasažena postřikovou kapalinou (Zimolka a kol., 2008).

2.6 Půdní organická hmota

Pod pojmem půdní organická hmota se rozumí soubor všech odumřelých organických látek jak rostlinného, tak živočišného původu, nacházejících se v půdě či na jejím povrchu v různém stupni rozkladu (Hůla a Procházková, 2008). Primárním zdrojem půdní organické hmoty jsou rostliny, rostlinné zbytky a různé části rostlin včetně kořenů a jejich exsudátů, jakož i odumřelé buňky půdních autotrofních mikroorganismů. Menší množství organických látek se do půdy dostává i ve formě spadů a splachů. V zemědělských půdách jsou častým a relativně velkým zdrojem organické hmoty organická hnojiva. Sekundárním zdrojem organické hmoty jsou živočichové a heterotrofní půdní mikroorganismy. Mnozí se živí rostlinnou biomasou a produkují exkrementy a posléze po odumření zanechávají v půdě svá těla. Někteří živočichové - žížaly, mravenci a termiti, mají také důležitou úlohu při přemísťování rostlinných zbytků a dalších půdních částic v půdě (Šimek, 2005).

Obrázek 2: Zdroje půdní organické hmoty



Zdroj: (Šimek, 2005)

2.6.1 Elementární složení půdní organické hmoty

Variabilní molekulární struktura látek vstupujících do půdy je spojena s velice rozdílným prvkovým (elementárním) složením. Organické látky se skládají z uhlíku, vodíku, kyslíku a živin (především N, P, K a S) v různých vzájemných poměrech, a mohou tedy v různé míře pokrývat požadavky heterotrofních organismů

na uhlík, energii a živiny. Znalost elementárního složení organické hmoty pomáhá posoudit, zda je vhodná jako potrava pro organizmy a zda dokáže zajistit jejich vyrovnaný růst a vývoj. Pro snadnější porovnání energetického a živinového obsahu různých organických látek se obsah jednotlivých prvků vyjadřuje relativně k obsahu uhlíku, v molech prvku na 1 mol uhlíku. Pro heterotrofní organizmy jsou organické látky nejen zdrojem energie, ale i živin (Šantrůčková a kol., 2018).

Obrázek 3: Průměrné elementární složení organických látek

Tab. 5. Průměrné elementární složení organických látek vstupujících do půdy a půdní organické hmoty. V tabulce jsou uvedeny molární poměry, u polymerních látek uvedené hodnoty reprezentují odhad podle přibližného sumárního vzorce.

| Elementární analýza | C | H | O | N | P |
|-----------------------|---|------|------|---------|-------|
| sacharidy | 1 | 1,7 | 0,8 | 0 | 0 |
| bílkoviny | 1 | 1,5 | 0,36 | 0,24 | 0 |
| tuky | 1 | 1,8 | 0,11 | 0 | 0 |
| fosfolipidy* | 1 | 1,95 | 0,2 | 0,03 | 0,025 |
| organické kyseliny | 1 | 1,4 | 1,2 | 0 | 0 |
| ATP | 1 | 1,6 | 0,5 | 1,3 | 0,3 |
| DNA** | 1 | 1,2 | 0,6 | 0,4 | 0,1 |
| lignin | 1 | 1,1 | 0,4 | (0,001) | 0 |
| půdní organická hmota | 1 | 0,08 | 0,9 | 0,01 | 0,002 |
| CO ₂ | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 |

** Ilustrativní průměr vypočítán z fosfatidyletanolaminu, fosfatidylcholinu, dimyristoyl fosfatidylglycerolu, dipalmitoyl-glycero-fosfatidylglycerolu a sphingomyelinu.
** Odhadnuto z předpokladu, že podíl purinu a pyridiminu v molekule DNA je 1 : 1.*

Zdroj: (Šantrůčková a kol., 2018)

2.6.2 Molekulární struktura půdní organické hmoty

Molekulární struktura organické hmoty, obsah a vzájemný poměr různých organických látek, se liší mezi zdroji: rostlinami, živočichy, houbami. Rostlinný opad jako hlavní zdroj organické hmoty vstupující do půdy je přibližně ze tří čtvrtin tvořen celulórou a hemicelulórami, z 15 % ligninem, z 10 % proteiny,

aminokyselinami a cukry a několik procent zbývá na vosky, pektin, pigmenty a další sekundární metabolity. V molekulární struktuře rostlinného opadu jsou ale velké rozdíly v závislosti na druhu, orgánu (nadzemní versus podzemní orgány, dřevo versus listy) a vývojovém stádiu. Organická hmota sekundárních producentů (mikrobiální a živočišné buňky) na rozdíl od rostlinného materiálu neobsahuje lignin a je bohatší na bílkoviny a lipidy (Šantrůčková a kol., 2018).

Obrázek 4: Srovnání chemického složení rostlinného, bakteriálního a houbového materiálu

Tab. 6. Srovnání chemického složení rostlinného, bakteriálního a houbového materiálu.

| Materiál | Procenta suché hmotnosti | | | | |
|------------------------------|--------------------------|------------------------------|----------|--------|--------|
| | Bílkoviny | Polysacharidy (bez celulózy) | Celulóza | Lignin | Lipidy |
| vojtěška (stonky) | 15–18 | 8–11 | 13–33 | 6–16 | stopy |
| žito (plná zralost) | 12–20 | 16–23 | 19–26 | 4–6 | stopy |
| pšenice (sláma) | 3 | 21–26 | 27–33 | 18–21 | stopy |
| borovice (dřevo) | 0,5–1 | 24–30 | 42–49 | 25–30 | stopy |
| bakterie <i>Esch. coli</i> * | 55 | 5–30 | 0 | 0 | 9 |
| houby | 20–25 | 45** | až 36 | 0 | 17 |

* Další cca 20 % tvoří RNA a 3 % DNA
 ** Z toho chitin cca 10 % (3–26 %)

Zdroj: (Šantrůčková a kol., 2018)

2.6.3 Třídění půdní organické hmoty

1. Skupina - humusotvorný materiál

Jedná se o čerstvě odumřelé části rostlin či celé rostliny, živočichy a mikroorganismy, včetně jejich produktů metabolismu. Je to organická hmota, která dosud nebyla dotčena rozkladnými procesy.

2. Skupina - meziprodukty rozkladu a syntézy

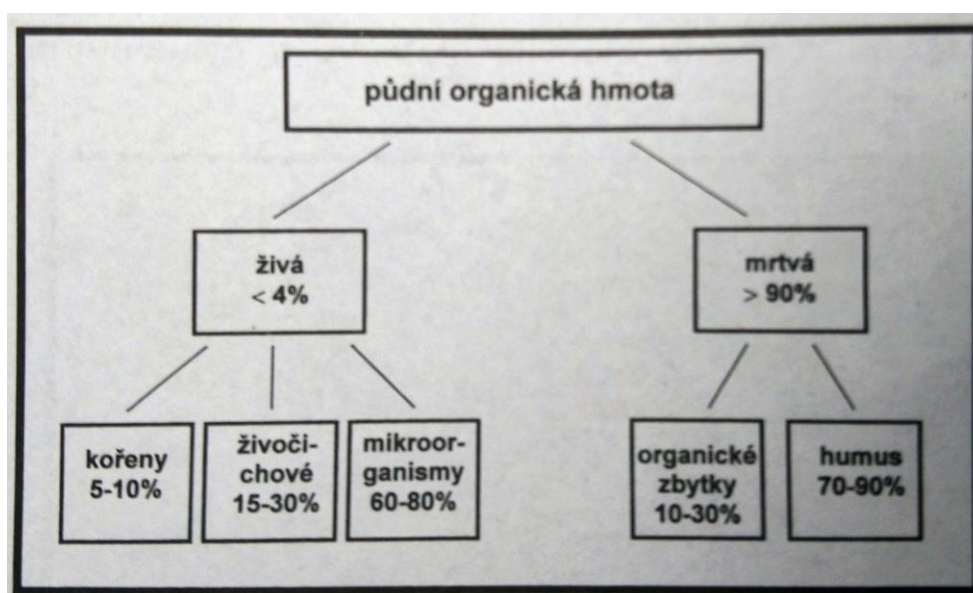
Tato skupina představuje mezistupně přeměn humusotvorného materiálu = látky nespecifické.

3. Skupina - humus

Je tvořen organickou hmotou, která prošla humifikačními pochody = látky specificky půdní (Hůla a Procházková, 2008).

Půdní organická hmota je podstatnou a nezbytnou součástí půdy a má vliv na její úrodnost přesto, že její obsah v půdě je nízký (Kopittke a kol., 2020). Výrazně zvyšuje sorpční a iontovýměnnou schopnost, podstatně ovlivňuje tvorbu agregátu, fyzikální a chemické vlastnosti půd (vodní, vzdušný a tepelný režim, snižuje soudržnost a přilnavost), zvyšuje využitelnost průmyslových hnojiv, napomáhá imobilizovat toxické látky, podílí se na růstu a vývoji rostlin i edafonu (Chang a kol., 2018). Příznivě ovlivňuje vodní režim zejména sušších půd, protože půdní organická hmota je schopna poutat až sedminásobek vody, než sama váží. Dusík lze v půdě delší dobu akumulovat v podstatě jen ve formě organických látek. Proto je třeba půdní organické hmotě a biologické aktivitě půd věnovat trvalou pozornost (Ledvina a kol., 1992).

Obrázek 5: Rozdělení organické hmoty v půdě

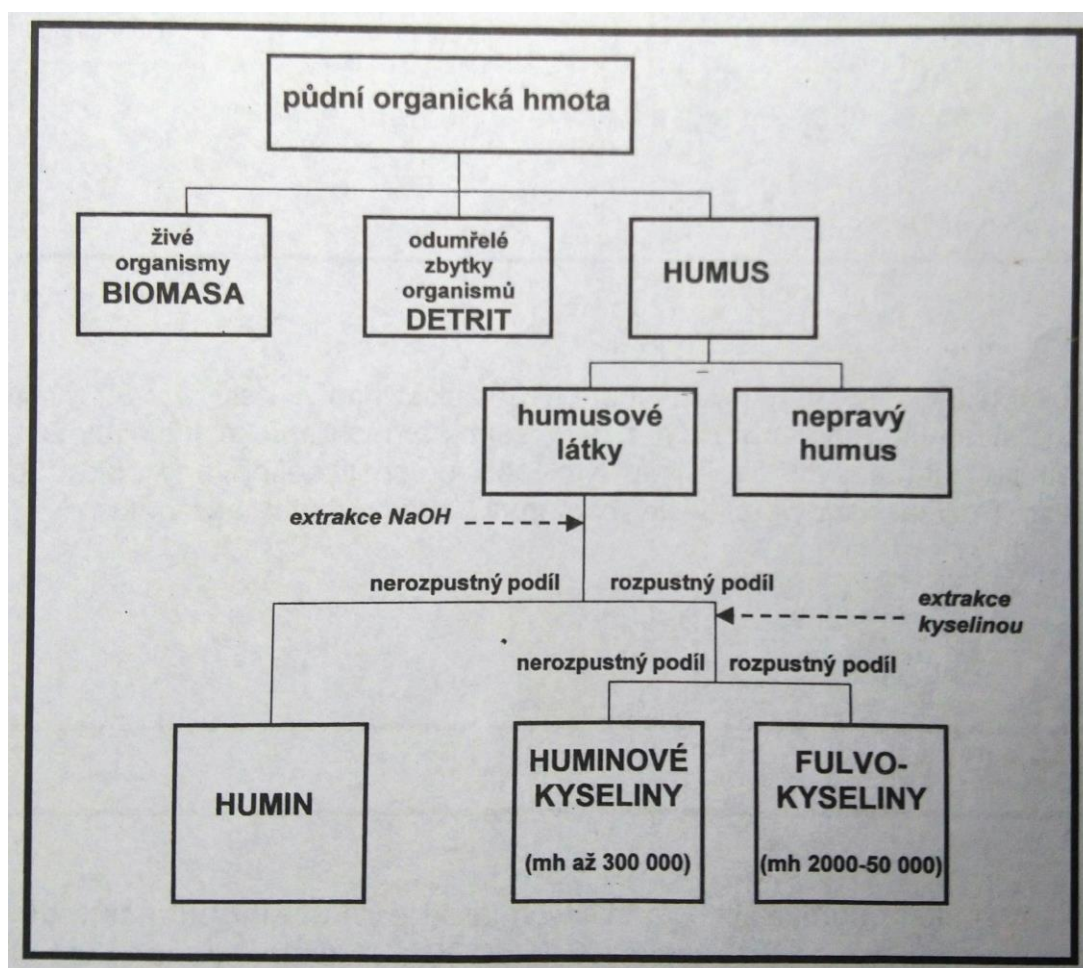


Zdroj: (Šimek, 2005)

2.6.4 Humus

Humus tvoří součást půdní organické hmoty, původem z odumřelých zbytků rostlin, živočichů a mikrobů, smíchaných s minerálním podílem půdy v různém stupni přeměn. Jedná se o nejúrodnější část půdy, charakteristickým znakem humusu je jeho heterogenita a labilita, která má vliv na půdní procesy (Hůla a kol., 1997). Je to složitá směs rezistentních hnědých a tmavě hnědých amorfních a koloidních vysokomolekulárních organických látek charakteru kyselin, která vzniká mikrobiálním rozkladem a syntézou a má chemické a fyzikální vlastnosti velmi důležité pro rostliny a půdu (Šimek, 2005).

Obrázek 6: Rozdělení organických látek v půdě a klasifikace humusových látek



Zdroj: (Šimek, 2005)

Humus dělíme na tři základní složky: huminové kyseliny, fulvokyseliny a huminy.

Huminové kyseliny jsou považovány za nejkvalitnější složku humusových látek. S vápníkem a hořčíkem tvoří ve vodě nerozpustné humáty, které ovlivňují příznivě technologické vlastnosti půd všech druhů, zvyšují soudržnost lehkých půd a zlepšují drobivost a zpracovatelnost těžkých půd. Váží na sebe také řadu těžkých kovů (Pb, Hg, Cu) do těžce rozpustných sloučenin a tak omezují jejich pohyb v půdě a příjem rostlinou. Patří k sloučeninám s poměrně velkou molekulovou hmotností. O základním složení huminových kyselin je známo, že obsahují ve své molekule uhlík (52 - 62 %), kyslík (30 - 39 %), dusík (3 - 5 %) a vodík (2,5 - 5 %). Ve vodě a kyselinách jsou huminové kyseliny nerozpustné, ale některé jejich soli se vyznačují velkou rozpustností. Významnou schopností huminových látek je vytvářet organominerální komplex, který vzniká, jestliže molekuly huminových kyselin se spojí různými vazbami s jílovými minerály v půdě. Vyznačují se tmavším zbarvením a jsou odolnější vůči rozkladu ve srovnání s fulvokyselinami (Vrba a Huleš, 2006).

Fulvokyseliny obsahují o něco méně uhlíku (pod 50 %) a dusíku (pod 3 %) oproti huminovým kyselinám a mají menší molekulu než huminové kyseliny. Jsou rozpustné ve vodě, v loužích a kyselinách, díky tomu jsou v půdě značně pohyblivé. S kovy vytvářejí poměrně mobilní sloučeniny. Podílí se významně na pohybu minerálních látek v půdě, zpřístupňují prvky do forem přijatelných pro rostliny. Vyznačují se světlejší barvou a nejspíše podléhají rozkladu ve srovnání s huminovými kyselinami (Kolář a kol., 2014).

Huminy jsou v podstatě huminové kyseliny pevně vázané na minerální podíl půdy, především na jílové minerály. Mají velkou odolnost vůči kyselinám, zásadám a mikroorganizmům, proto jsou velmi odolné vůči rozkladu. Jsou to tedy chemicky různorodé látky, bohaté na minerální složky. Postupně se přetvářejí v půdě do četných útvarů velmi odolným vůči různým činitelům (humusové uhlí) (Hůla a Procházková, 2008).

2.6.5 Mineralizace

Je proces, při kterém dochází k rozkladu organických látek a vzniku látek anorganických (minerálních), zejména vody, oxidu uhličitého a sloučenin minerálů.

Živné prvky N, P, K a další, které byly původně součástí organických sloučenin půdní organické hmoty, se náhle objevují ve formě minerální jako ionty dusík (NH_4^+ a NO_3^-), fosfor (H_2PO_4^- a HPO_4^{2-}), draslík (K^+). Při tomto pochodu se uvolňuje energie (Vrba a Huleš, 2006). Složité organické látky jsou nejprve velmi pestrá skupinou enzymů třídy hydroláz, které produkují půdní mikroorganismy, hydrolyzovány reakcemi s vodou na látky jednodušší a ty jsou pak oxidovány jinými enzymy, z třídy oxidoreduktáz až na uhlík (CO_2). Mineralizaci můžeme rozdělit na labilní, to jsou organické látky, které se snadno rozkládají (kořenové exsudáty), a stabilní organické látky rozkládající se velmi pomalu (části rostlin). Mineralizace je podmíněna dobrým provzdušněním (dostatek kyslíku) a vhodnými podmínkami pro činnost půdních mikroorganismů (teplota, vlhkost, živiny). Mineralizace je zdrojem energie a živin pro půdní mikroorganismy a rostliny a ovlivňuje půdní úrodnost (Kolář a kol., 2014).

2.6.6 Humifikace

Humifikace je biochemický proces, při kterém dochází postupnými transformacemi (biodegradací, biosyntézou, resyntézou, kondenzací, polymerací) humusotvorného materiálu k vytvoření specifických dusík obsahujících látek tmavé barvy, koloidního charakteru, s vysokou molekulovou hmotností, s převahou kyselých funkčních skupin, které nazýváme humusem. Proces humifikace probíhá současně s mineralizací, která je pro humifikaci zdrojem energie za střídavého přístupu a nepřístupu vzduchu, a je také ovlivněn periodickým ovlhčením a vysycháním (Ledvina a kol., 1992).

2.6.7 Množství a kvalita půdní organické hmoty

Množství organické hmoty v půdě je velmi různé. Povrchové vrstvy většiny minerálních půd obsahují přibližně několik procent organických látek. Obsah organické hmoty se v ornících našich půd pohybuje od 1 - 7 % (většinou 2 - 3 %), v celém profilu půd pak dosahuje hodnot od 50 do 800 t/ha (častěji 100 - 200 t/ha). Stanovení obsahu organické hmoty však není jednoduché. Základním prvkem půdní organické hmoty je uhlík (C) a se stanovením jeho obsahu je často spojováno stanovení obsahu půdní organické hmoty. Vesměs se proto stanoví obsah organického uhlíku a ten se násobí faktorem 1,72 (přepočítávací koeficient). Výsledek pak udává přibližný obsah organické hmoty v půdě. Obecně se obsah

organické hmoty snižuje směrem do hloubky půdního profilu. Množství organické hmoty (a tedy množství uhlíku) i množství dusíku v půdě je ovlivněno mnoha faktory, z nichž největší význam mají teplota a srážky. Vyšší teploty vedou k rychlejšímu rozkladu organických látek a tedy k nižšímu obsahu půdní organické hmoty. Vyšší vlhkost půdy znamená v jinak srovnatelných podmínkách vyšší obsah organické hmoty v půdě. Hromadění i rozklad organické hmoty jsou dále závislé na převládající vegetaci. Textura půdy ovlivňuje obsah organické hmoty a dusíku tak, že těžší půdy většinou obsahují více organické hmoty než lehčí půdy. Zamokřené půdy se špatnou aerací obsahují více organické hmoty, než půdy dobře aerované. Kultivace půdy může výrazně ovlivnit obsah organické hmoty. Obsah organické hmoty je kromě toho ovlivňován agrotechnikou a hnojením. Správná agrotechnika však nicméně obvykle směřuje k zachování či dokonce k určitému zvýšení obsahu organické hmoty v půdě. Jedním z důležitých opatření v tomto smyslu je pravidelné dodávání organických látek do půdy, a to ve formě organických hnojiv. Akumulace, či naopak úbytek, půdní organické hmoty v půdě jsou výsledkem rozdílu mezi rychlostí vstupu opadu a jeho mineralizací. Určitý obsah organické hmoty je pro dobrou funkci půdy z hlediska pěstování plodin nezbytný. Obecně však neplatí, že vyšší obsah organické hmoty je vždy výhodnější nebo lepší pro půdu a naopak. Záleží také na složení organické hmoty, na její kvalitě a na vzájemné souhře všech ostatních fyzikálních, chemických i biologických vlastností půdy (Šimek, 2005).

Obsah humusu (%) = (C_{ox} (%) x 1,7, kde C_{ox} = obsah organického uhlíku)

Obrázek 7: Obsah humusu v půdě

| Obsah humusu (%) | Označení obsahu |
|------------------|-----------------|
| méně než 1,0 | velmi nízký |
| 1,0 až 2,0 | nízký |
| 2,1 až 3,0 | střední |
| 3,1 až 5,0 | vysoký |
| více než 5,0 | velmi vysoký |

Zdroj: (Hůla a kol., 1997)

Kvalita organické hmoty závisí na povaze humusotvorného materiálu a na podmínkách humifikace. Pro posouzení kvality humusu se nejčastěji používá poměru zastoupení dvou základních složek humusových látek, podíl huminových kyselin: fulvokyselinám (HK:FK). Při zvyšování obsahu huminových kyselin vzrůstá kvalita humusu. Kvalita humusu udávaná poměrem HK:FK je nejvyšší u černozemí, lužních půd a dalších eutrofních půdních jednotek, u nichž převládají huminové kyseliny nad fulvokyselinami (poměr HK:FK od 1 do 5). U většiny našich půd je tento poměr menší než 1 - 1,5. Z dalších ukazatelů kvality humusu se používá stanovení poměru uhlíku k dusíku C:N (měl by být roven 10, vyšší hodnoty znamenají horší kvalitu humusu) (Ledvina a kol., 1992).

Obrázek 8: Kvalita humusu v našich hlavních zemědělsky využívaných půdních představitelích

Tab. 9: Kvalita humusu v našich hlavních zemědělsky využívaných půdních představitelích (Pospíšil, 1980).

| Půdní typ | Horizont | HK:FK | Půdní typ | Horizont | HK:FK |
|------------|----------|-------|------------------------|----------|-------|
| černozem | orH | 2,6 | hnědozem | orh | 0,8 |
| | H | 4,9 | | h/l | 0,5 |
| lužní půda | orH | 1,6 | illimerizovaná půda | orh | 0,8 |
| | H | 2,0 | | E | 0,4 |
| hnědá půda | orH | 1,1 | oglejená půda | orh | 0,7 |
| eutrofní | V | 0,5 | | e | 0,4 |

Zdroj: (Ledvina a kol., 1992)

Obrázek 9: Hodnocení kvality humusu podle poměru C/N

| Hodnocení | C/N |
|--------------|-------------|
| Velmi vysoký | < 5,0 |
| Vysoký | 5,0 - 8,0 |
| Střední | 8,0 - 11,0 |
| Nízký | 11,0 - 14,0 |
| Velmi nízký | > 14 |

Zdroj: (Zaujec a kol., 2009)

3 Cíle práce a hypotézy

Cíle práce:

- 1) Založení polního pokusu kukuřice seté, odběr půdních vzorků jejich úprava.
- 2) Analýza vzorků, určení množství a kvality primární půdní organické hmoty.
- 3) Zpracování a statistické vyhodnocení výsledků.

Hypotézy:

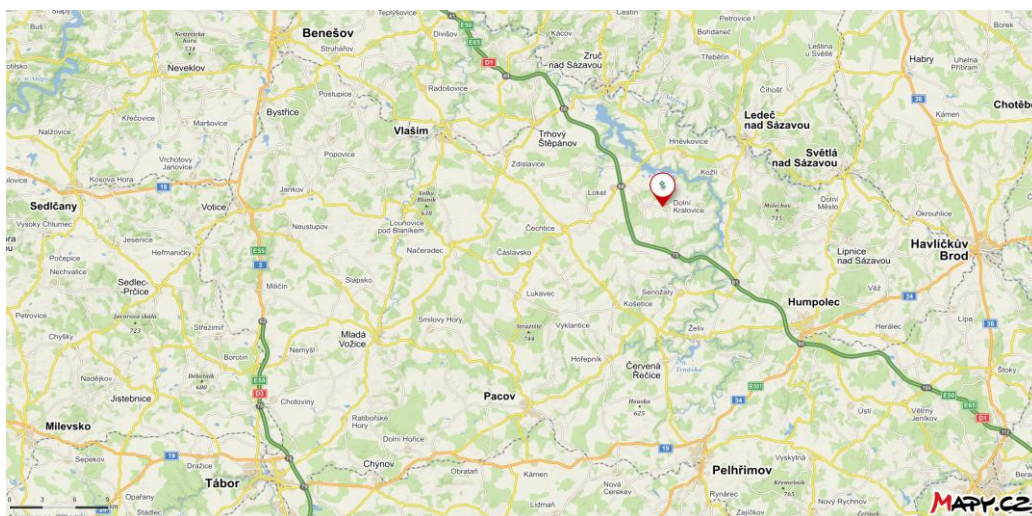
- 1) Varianta, kde bude použita k regulaci plevelů metoda mechanická, bude zjištěn nižší obsah primární půdní organické hmoty, protože zpracování půdy podporuje mineralizaci.
- 2) Největší obsah TOC je předpokládán u varianty, kde bude hnojením dodáno do půdy nejvíce organické hmoty (hnůj + digestát).

4 Metodický postup

4.1 Charakteristika lokality

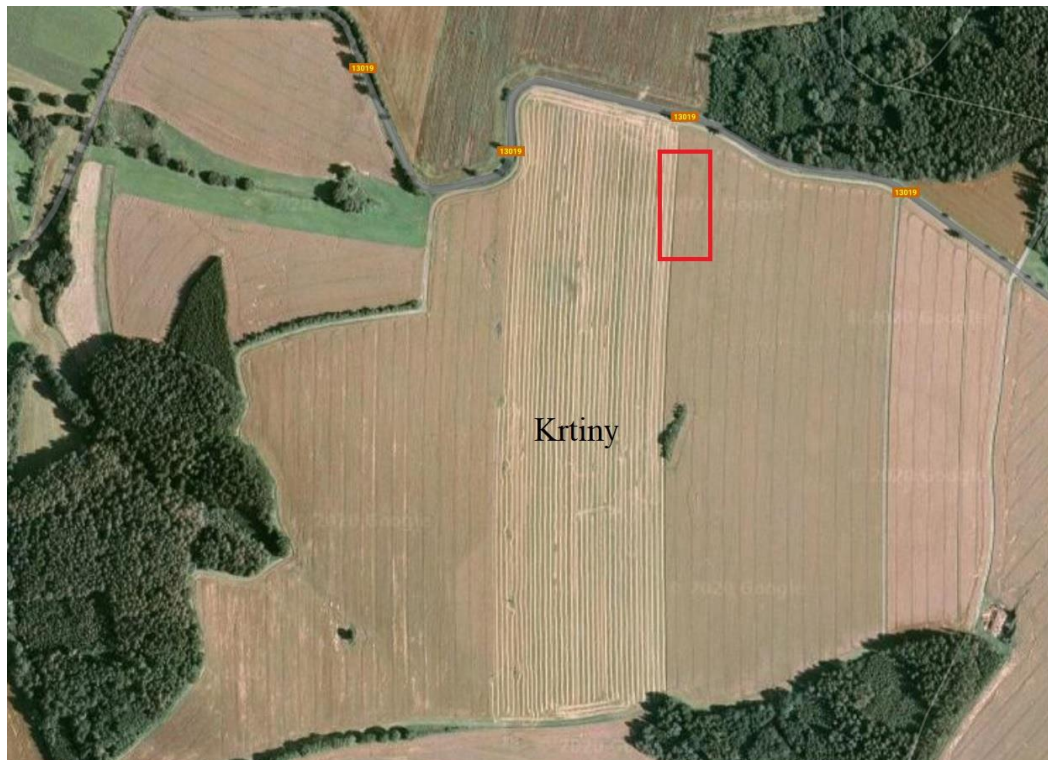
Polní pokus byl proveden v zemědělském podniku Agro Dolní Kralovice s.r.o., které se nachází v obci Dolní Kralovice ve Středočeském kraji nedaleko dálnice D1, Exit 66 Locket a Vodní nádrže Želivka. V současné době podnik hospodaří na 1 300 ha zemědělské půdy, z toho je orná půda 1 200 ha, 100 ha zaujímají trvalé travní porosty. Na orné půdě je pěstováno 600 ha obilnin, z toho 200 ha pšenice ozimá a 100 ha pšenice jarní, žito ozimé 150 ha, ječmen ozimý 50 ha a ječmen jarní 40 ha, oves 60 ha. Dále 300 ha olejnin, z toho 200 ha řepka ozimá a 100 ha mák setý. Zbývajících 300 ha je využíváno pro pěstování krmných plodin, a to 170 ha jetele lučního a **130 ha kukuřice seté na siláž**.

Obrázek 10: Mapa s polohou podniku Agro Dolní Kralovice s.r.o.



Zdroj:<https://mapy.cz/zakladni?x=15.1949492&y=49.6600242&z=11&l=0&source=firm&id=616107>

Obrázek 11: Mapa pozemku Krtiny



Zdroj: <https://www.google.com/maps/@49.6533347,15.2014098,890m/data=!3m1!1e>

3

Na polní pokus byl vybrán pozemek v lokalitě pod místním názvem Krtiny. Parcelní číslo 195/2 v katastrálním území Libčice u Dolních Kralovic, o výměře 12 ha. Pozemek je v nadmořské výšce 475 m n. m. Bonitovaná půdně ekologická jednotka u tohoto pozemku má kód **7.29.14**. Tato BPEJ je podle Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půd charakterizována takto:

Klimatický region 7 - mírně teplý, vlhký z klimatických regionů plošně nejrozšířenější, zaujímá všechny vyšší části pahorkatin. Průměrná roční teplota je 6 - 7 °C, průměrný úhrn srážek 650 - 750 mm.

Hlavní půdní jednotka 29 - půdní typ kambizemě, především hnědé půdy hlinitopísčité až jílovitohlinité, půdy středně hluboké až hluboké, středně až dobře odvodněné.

Sklonitost a expozice 1 - mírný sklon nebo rovina (3 - 7°) se všesměrnou expozicí (jih, východ, západ a sever).

Skeletovitost a hloubka půdy 4 - středně skeletovitá, půda hluboká až středně hluboká.

Agrochemické vlastnosti půdy podle provedených odběrů (interní zdroj) hodnota pH_{KCl} 6,3 (slabě kyselá), potřeba vápnění je 0,28 t/ha/rok, průměrný obsah živin v půdě fosfor 82 mg/kg (dobrý), draslík 397 mg/kg (vysoký), hořčík 116 mg/kg (vyhovující), vápník 1971 mg/kg (vyhovující).

4.2 Agrotechnika

Předplodinou pro kukuřici setou na pozemku Krtiny byla pšenice ozimá, která se sklídila 5. srpna 2018. Po sklizni proběhl svoz slámy a následovala podmítka diskovým podmítačem (7 cm). Začátkem října byla provedena zaorávka hnoje (21 cm) pomocí radličného pluhu v dávce 40 tun/ha. Koncem března 2019 byla provedena úprava hrubé brázdy (po orbě) pomocí kompaktoru. **25. dubna 2019** proběhla předset'ová příprava, která zahrnovala: aplikaci 200 kg močoviny (dusíkaté hnojivo) a 100 kg hnojiva DASA (dusíkaté hnojivo s obsahem síry), vše bylo následně zapraveno rotačními branami. Poté proběhlo setí za pomoci přesného secího stroje, byl použit výsevek 100 000 zrn/ha, hloubka setí 5 cm, vzdálenost řádku 75 cm. Dále při setí bylo aplikováno hnojivo NPK v dávce 100 kg/ha pod patu. Začátkem května byl použit přípravek ADENGO v dávce 0,44 l/ha k regulaci plevelů. 20. září 2019 byla provedena sklizeň kukuřice. Tato agrotechnika se týkala celého pozemku, na pokusném poličku byly menší rozdíly.

Pokusné poličko jsem vytvořil **20. dubna 2019** na části pozemku Krtiny, které je zakreslené v příložené mapě. Vytvořil jsem poličko o ploše 600 m² (30 x 20 m) a rozdělil ho na 6 dílů o ploše 100 m² (15 x 6,5 m). Na každém dílu byla jiná varianta pokusu. **Varianta č. 1:** pouze zaorávka hnoje (400 kg), mechanická regulace plevelů - vláčení. **Varianta č. 2:** zaorávka hnoje (400 kg) + digestát (200 kg), mechanická regulace plevelů - vláčení. **Varianta č. 3:** zaorávka hnoje (400 kg) + minerální hnojivo NPK (1kg), mechanická regulace plevelů - vláčení. **Varianta č. 4:** pouze zaorávka hnoje (400 kg), chemická regulace plevelů ADENGO 4,4 ml.

Varianta č. 5: zaorávka hnoje (400 kg) + digestát (200 kg), chemická regulace plevelů ADENGO (4,4 ml). **Varianta č. 6:** zaorávka hnoje (400 kg) + minerální hnojivo NPK (1 kg), chemická regulace plevelů ADENGO (4,4 ml).

4.3 Odběr a příprava půdních vzorků

První půdní směsný vzorek jsem odebral před založením porostu 20. dubna 2019. Z každé varianty byl proveden odběr třemi vpichy sondážní tyčí. Celkem bylo tedy 6 vzorků (po třech vpichách), které byly homogenizovány. Tento postup byl opakován třikrát. Vznikly tedy tři směsné vzorky, které byly podrobeny analýze. Výsledky jsou uvedeny v kapitole Přílohy.

Druhý odběr byl proveden v polovině vegetace - 1. července 2019. Na každé variantě jsem udělal 3 vpichy, ze kterých po smíchání vznikl jeden vzorek o hmotnosti cca 500 g.

Třetí odběr byl proveden stejným způsobem těsně před sklizní - 15. září 2019. Všechny půdní vzorky jsem odebíral z půdního profilu do hloubky 25 cm za pomoci pedologické sondážní tyče.

Takto odebraná půda byla nejdříve sušena při teplotě 60 °C do konstantní hmotnosti, následně deglomerována a proseta sítem s průměrem ok 2 mm. Poté jsem upravenou jemnozem rozetřel v achátové misce a prosel ji sítem, které mělo oka o velikosti 0,25 mm.

4.4 Stanovení kvality primární půdní organické hmoty

Kvalitu primární půdní organické hmoty můžeme určit dle metodiky od autorů (Kopecký a kol., 2016). Hlavním cílem metodiky je oddělené hodnocení humusových látek a primární půdní organické hmoty. Kvalita primární půdní organické hmoty je stanovena prostřednictvím rychlostní konstanty oxidace půdní organické hmoty dichromanem draselným v prostředí kyseliny sírové.

4.5 Návod laboratorních prací

1. Připravil jsem si pět kádinek, které jsem si označil čísly 1 - 5 a do každé z nich navážil 0,1500 g vzorku připravené jemnozemi.
2. Do každé kádinky s jemnozemi jsem přidal 5 ml spalovací směsi ($0,4 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1} \text{ K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ve $12 \text{ M H}_2\text{SO}_4$). Směs jsem do kádinek s jemnozemi přidával pomocí dávkovače, který byl nastaven dopředu na již zmíněných 5 ml.
3. Za pomoci krouživých pohybů bylo docíleno dispergace půdních vzorků ve spalovací směsi.
4. Kádinky s číselným označením 1 - 5 jsem vložil do vodní lázně, která měla teplotu $60 \text{ }^\circ\text{C}$. Tyto kádinky byly vyjmuty v časových intervalech: kádinka č. 1 - 10 minut, kádinka č. 2 - 20 minut, kádinka č. 3 - 30 minut, kádinka č. 4 - 45 minut. Ihned po vyjmutí z teplé lázně byly opět kádinky vloženy do vodní lázně, ovšem se studenou vodou a hned zality vychlazenou demineralizovanou vodou, čímž došlo k přerušení oxidační reakce. Kádinka s číslem 5 byla po 45 minutách vyjmuta z teplé lázně a přemístěna do termostatu vyhřátého na $100 \text{ }^\circ\text{C}$ a zde byla ponechána po dobu 30 minut, poté byla také vložena do vodní lázně se studenou vodou a zalita vychlazenou demineralizovanou vodou. Zbytkový C_{OX} udává množství uhlíku primární půdní organické hmoty.
5. Po vychladnutí kádinek jsem začal s determinací obsahu C_{OX} , který se stanoví pomocí úbytku dichromanu draselného titrací $0,1 \text{ mol/l}$ Mohrovy soli $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ s využitím automatického titrátoru Metler Toledo DL50.
6. Získané hodnoty mi slouží pro zjištění rychlostní konstanty oxidace primární půdní organické hmoty, která byla vypočtena dle vzorců popsaných v metodice (Kopecký a kol., 2016).
7. Analýza každého vzorku byla provedena ve třech opakováních.

Pro účely statisticky vyhodnotitelných dat byl použit program STATISTICA 12 (StaSoft Inc.). Pro hodnocení dat byla zvolena parametrická metoda ANOVA (dle konkrétních případů jednocestná či vícecestná). Pokud to homogenita dat (Cochranův test, grafy reziduálů) umožňovala, byl následně využit post-hoc HSD Tukeyho test pro porovnání výsledných hodnot.

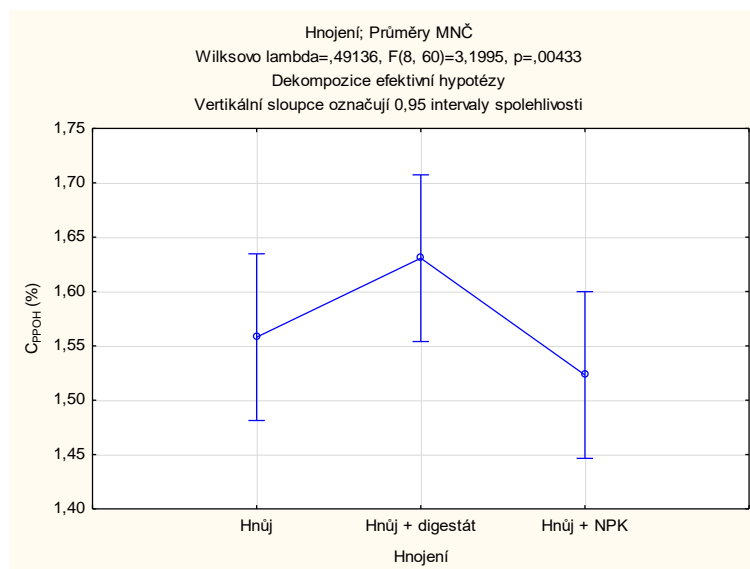
5 Výsledky a diskuse

5.1 Vliv hnojení na sledované parametry

V Grafu 1 je znázorněn vliv způsobu hnojení na množství primární půdní organické hmoty ve zkoumaných vzorcích. Z grafu vyplývá, že nejvyšší obsah byl zaznamenán ve variantě hnůj + digestát, což se zdá být logické, protože do půdy bylo dodáno největší množství organické hmoty. Při aplikaci digestátu se dostává do půdy přibližně 3 až 6 % organických látek v případě fugátu a digestátu, a až 19 % v případě separátu. Toto množství je srovnatelné s obsahem organických látek v kejďe a hnoji (Jeřábková a Duffková, 2019).

Nejnižší hodnota C_{PPOH} byla zjištěna u varianty, kde bylo společně s hnojem aplikováno minerální hnojivo NPK.

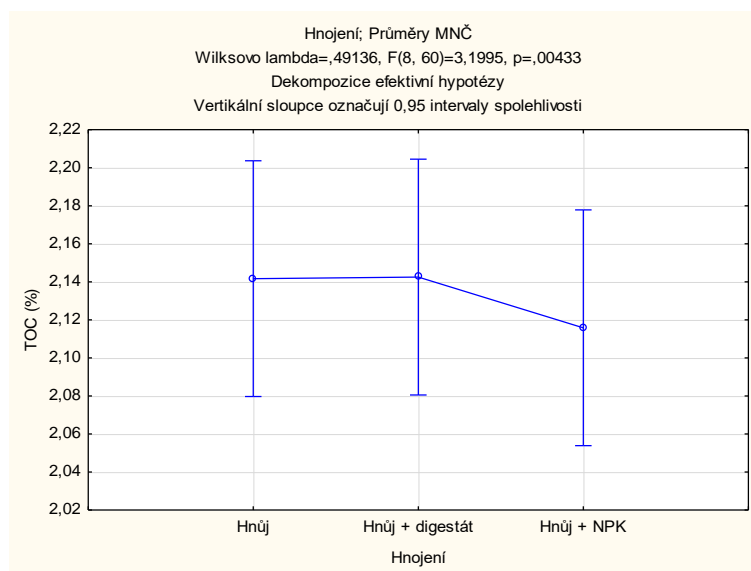
Graf 1: Vliv hnojení na obsah PPOH



Černý a kol. (2019) uvádí, že primární organická hmota je často označována za dynamickou část organické hmoty v půdě, která může vykazovat kolísání obsahu podle přísunu organických látek do půdy a průběhu mikrobiálních procesů. Takže pokud se mění obsah organických látek v půdě, tak je to právě tato část.

Z grafu 2 lze vyčíst vliv hnojení na obsah celkového organického uhlíku. U varianty hnůj + digestát byl zjištěn nejvyšší obsah celkového organického uhlíku. Ve variantě, kde byl aplikován jen hnůj, byl obsah TOC jen nepatrně nižší. U varianty hnůj + NPK byl obsah celkového organického uhlíku nejnižší. Rozdíly mezi variantami byly však nepatrné a statisticky neprůkazné.

Graf 2: Vliv hnojení na obsah TOC

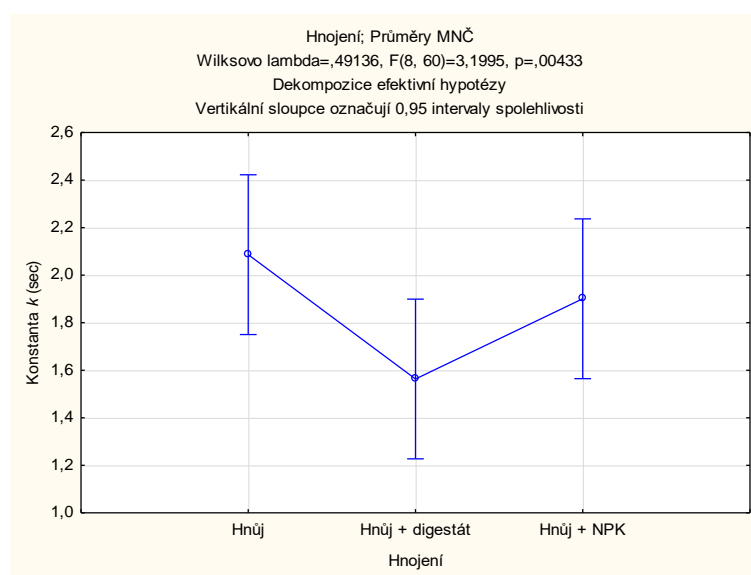


Z výsledků výzkumu Šimon a kol. (2019) vyplývá, že organické hnojení má jednoznačně pozitivní vliv na celkový půdní organický uhlík (dále jen „TOC“), přičemž se rovněž zvětšuje jeho labilita, tj. narůstá podíl méně stabilních, a tím i lépe rozložitelných organických látek.

Graf 3 znázorňuje vliv hnojení na kvalitu primární půdní organické hmoty. Nejvyšší hodnota konstanty k byla zjištěna u varianty hnůj. Naopak varianta, ve které byl společně s hnojem použit digestát, měla hodnotu nejnižší ze všech variant. To by podporovalo domněnku Koláře a kol. (2008), kteří uvádějí, že v digestátu je jen velmi malý podíl labilních, snadno rozložitelných, frakcí organické hmoty.

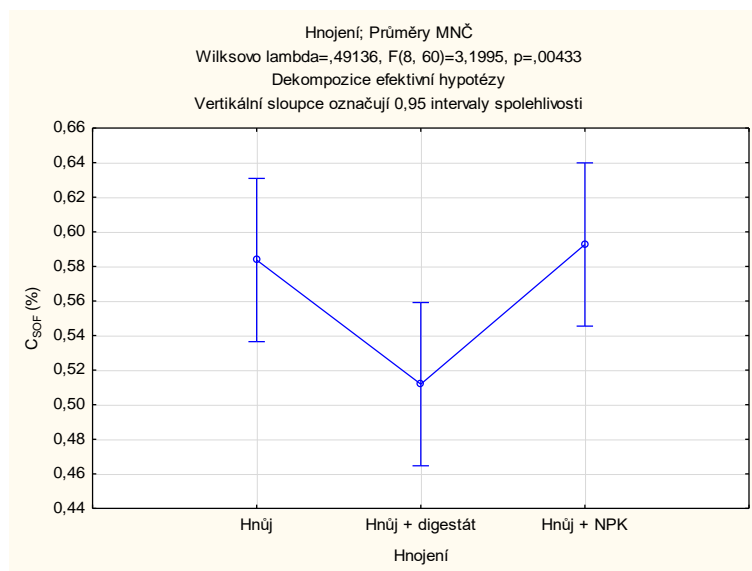
Systémy organického a minerálního hnojení jsou podle Kubát a kol. (2008) vedle půdních a klimatických podmínek druhým hlavním faktorem, který působí na množství a kvalitu půdní organické hmoty. Dále uvádí, že působení organického hnojení hnojem na změnu obsahu C v půdě je ve všech případech pozitivní, pohybuje se kolem 0,1 % C až 0,2 % C, a je vyšší v kambizemích a v černozemi než v hnědozemích.

Graf 3: Vliv hnojení na kvalitu PPOH



Podle grafu 4 lze zjistit vliv hnojení na obsah stabilních frakcí organické hmoty. Varianta, kde byl použit hnůj + NPK, měla nejvyšší hodnotu, naopak varianta hnůj + digestát vykazovala hodnotu nejnižší. Rozdíly byly opět statisticky neprůkazné.

Graf 4: Vliv hnojení na obsah stabilních frakcí organické hmoty



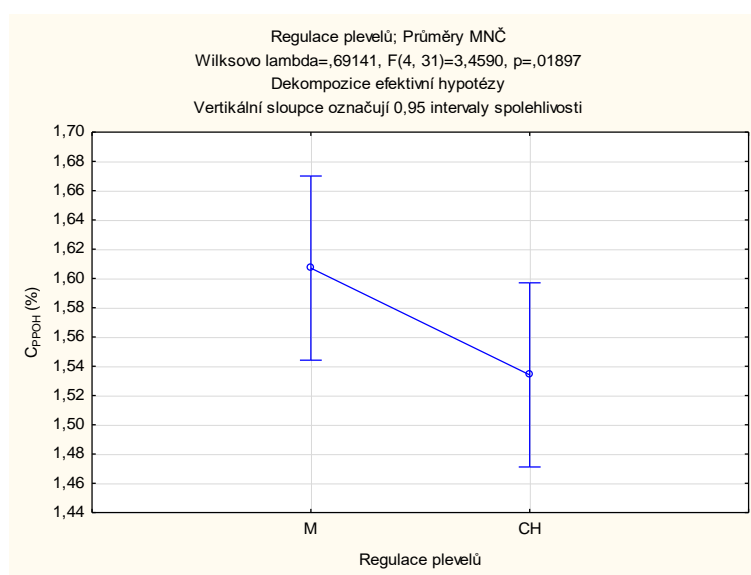
Podle Slejška (2002) plní organická hnojiva (hnůj, kejda, digestát) a následně zvýšený obsah organické hmoty v půdě tyto funkce: zabezpečují přísun organických látek, jsou zdrojem energie a uhlíku pro půdní mikroorganismy, chrání trvalý humus před rozkladem (degradací) dodáním primární organické hmoty, zvyšují stabilitu půdních agregátů.

Vrba a Huleš (2006) uvádějí, že systematickým mnohaletým hnojením organickými hnojivy se akumuluje část organických látek statkových hnojiv ve stabilních organických látkách.

5.2 Vliv regulace plevelů na sledované parametry

Graf 5 zobrazuje vliv metody regulace plevelů na obsah primární půdní organické hmoty. Varianty, kde k regulaci plevelů byla použita metoda mechanická, měla vyšší obsah primární půdní organické hmoty, což se zdá nelogické. Podle Dünger (2005) intenzivní nakypření půdy podporuje mineralizaci, a tím dochází ke snížení obsahu organické hmoty v půdě. Varianty, kde bylo použito k likvidaci plevelů chemického přípravku, měla obsah PPOH menší.

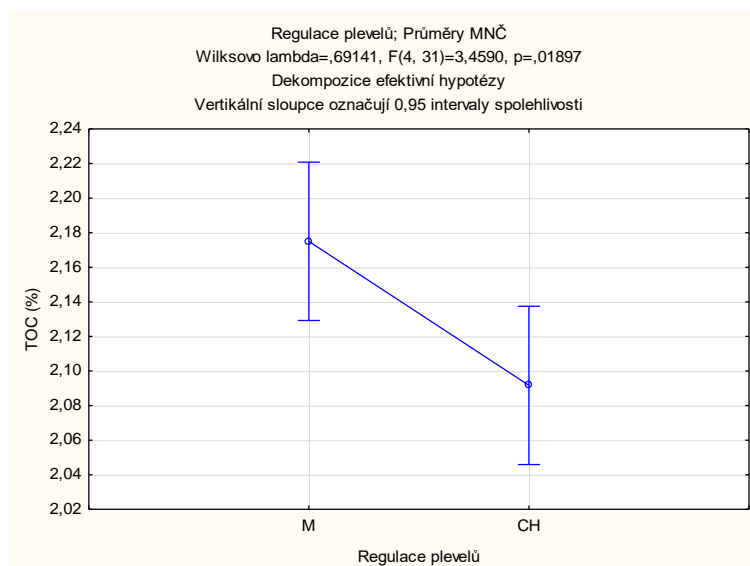
Graf 5: Vliv metody regulace plevelů na obsah PPOH



Graf 6 uvádí celkový obsah organického uhlíku, který byl zjištěn u variant, kde byla použita mechanická metoda regulace plevelů, což je opět nelogické a v rozporu s první hypotézou. Jak píše Smutný a kol. (2015), každé zpracování půdy totiž nutně vede ke změnám půdního prostředí. Autoři při hodnocení vlivu různého zpracování půdy ke kukuřici zjistili vliv zpracování půdy na ukládání organického uhlíku v půdě. Byla zaznamenána tendence snižování obsahu celkového oxidovatelného uhlíku se zvyšující se intenzitou zpracování půdy.

Pro hodnocení výsledků této práce bylo možné využít HSD (honestly significant difference) Tukeyův test, kde byl zjištěn statisticky významný rozdíl (Tabulka 1), kdy nižší obsah TOC byl zjištěn u variant s chemickou regulací plevelů.

Graf 6: Vliv metody regulace plevelů na obsah TOC

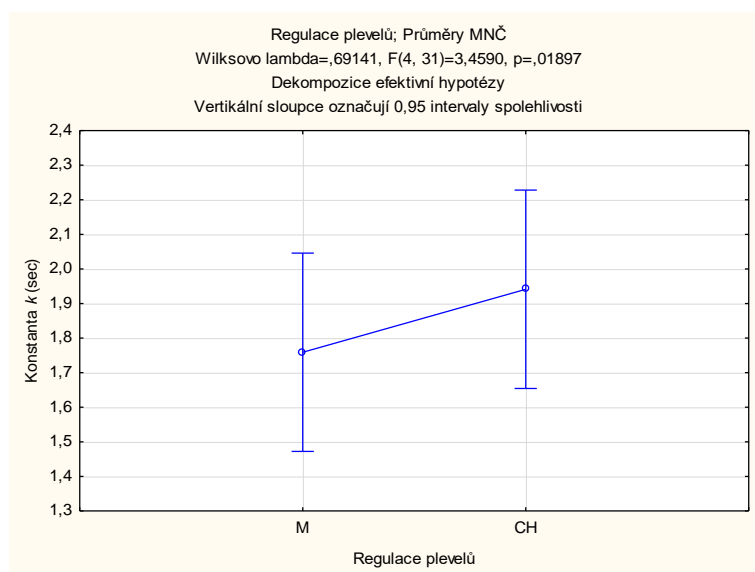


Tabulka 1: Tukeyův HSD test - obsah TOC v závislosti na metodě regulace plevelů

| Tukeyův HSD test; proměnná TOC (%) Homogenní skupiny, alfa = ,05000 PČ = ,00914, sv = 34,000 | | | |
|--|----------------|------|------|
| Regulace plevelů | TOC Průměr (%) | 1 | 2 |
| CH | 2,091667 | **** | |
| M | 2,175000 | | **** |

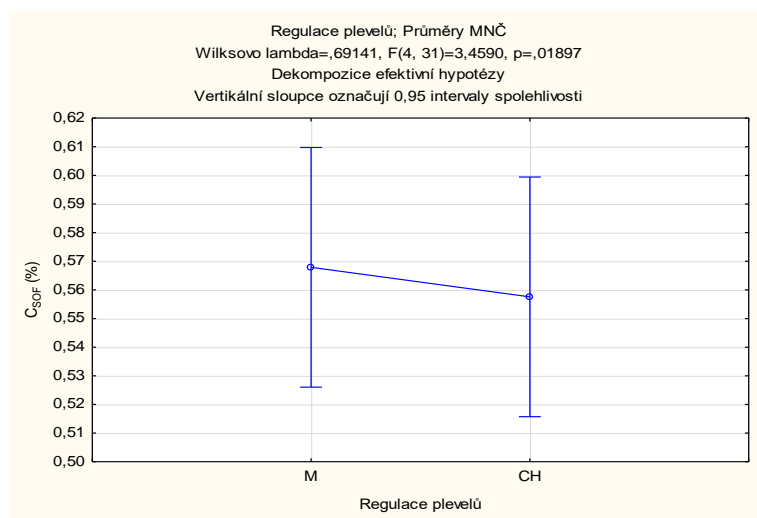
Graf 7 zobrazuje vliv metody regulace plevelů na kvalitu primární půdní organické hmoty. Vyšší hodnoty byly zjištěné u variant s chemickou regulací plevelů a nižší u variant mechanických, což mohlo být způsobeno tím, že kultivace a provzdušňování půdy zpomaluje proces humifikace organických zbytků a zrychluje proces mineralizace, který vede k poklesu obsahu a kvality organické hmoty, jak uvádí (Jeřábková, 2019).

Graf 7: Vliv metody regulace plevelů na kvalitu PPOH



Z Grafu 8 lze vyčíst, že větší obsah stabilních frakcí organické hmoty byl u variant mechanických. Stevenson (1994) zjistil, že zpracování půdy většinou ovlivňuje mineralizaci labilních organických sloučenin, ale již málo transformaci humifikovaných částí. Hernanz a kol. (2002) zkoumali vliv různého zpracování půdy a osevního postupu na obsah organického uhlíku a stabilitu agregátů půd v centrálním Španělsku. Podle nich je stabilita agregátů ukazatelem kvality půdy a přímo souvisí s organickou hmotou, která může být v půdě redistribuována vlivem zpracování.

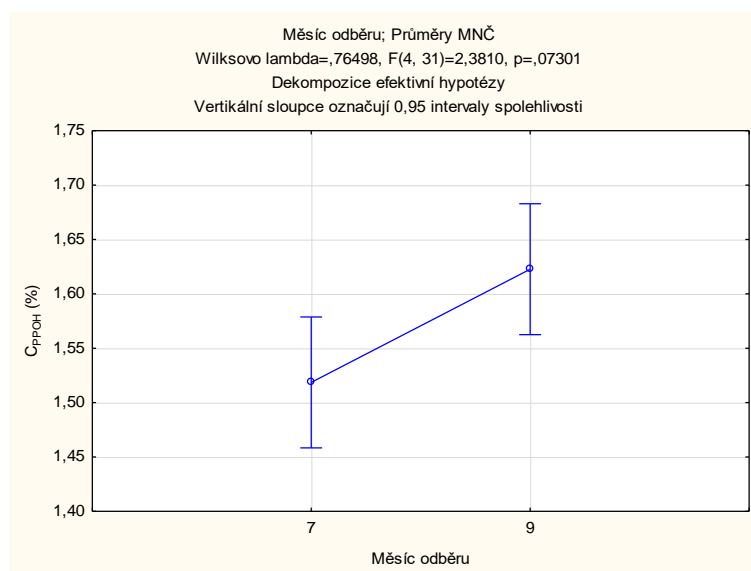
Graf 8: Vliv metody regulace plevelů na obsah stabilních frakcí organické hmoty



5.3 Vliv měsíce odběru na sledované parametry

Graf 9 znázorňuje vliv měsíce odběru na obsah primární půdní organické hmoty. V měsíci září byl zjištěn nárůst obsahu PPOH oproti měsíci červenci. Tento nárůst obsahu PPOH mohl být způsoben kořenovými exsudáty. V živé části organického podílu půd mají významné postavení rostliny. Svým kořenovým systémem, jeho utvořením a prokořeněním půdního profilu značně ovlivňují biologické a chemické procesy v období vegetace, jak uvádí (Vaňek a kol., 2010). Černý a kol. (2019) říká, že nesporný je vliv kořenových exsudátů a komplexní působení rhizosféry (prostředí v těsném okolí kořenů) na obsah a kvalitu PPOH.

Graf 9: Vliv měsíce odběru na obsah PPOH



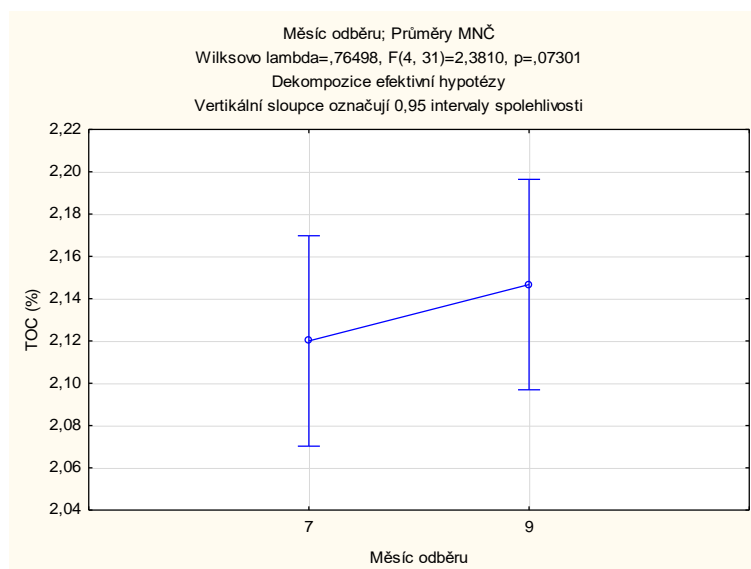
Rozdíl mezi oběma odběry byl statisticky průkazný (Tabulka 2). Jak bylo zmíněno výše, nižší obsah byl zaznamenán v měsíci červenci.

Tabulka 2: Tukeyův HSD test - obsah PPOH v závislosti na měsíci odběru

| Tukeyův HSD test; proměnná C _{PPOH} (%) Homogenní skupiny, alfa = ,05000 PČ = ,01580, sv = 34,000 | | | |
|--|------------------------------|------|------|
| Měsíc odběru | C _{PPOH} Průměr (%) | 1 | 2 |
| 7 | 1,518561 | **** | |
| 9 | 1,622650 | | **** |

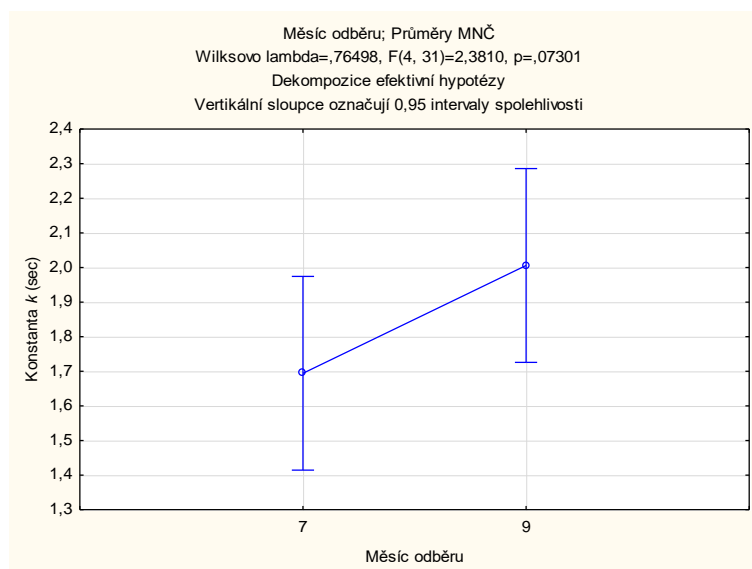
Graf 10 uvádí obsah celkového organického uhlíku, který byl vyšší v měsíci září, což mohlo být opět způsobeno kořenovými exudáty. Podle Pinton a kol. (2001) množství uhlíku uvolňovaného do půdy v podobě kořenových exudátů je odhadováno na 3 - 5 % celkového množství uhlíku fixovaného rostlinou při fotosyntéze. Vaňek a kol. (2010) říká, že kořeny rostlin kromě hlavních funkcí upevnění rostliny v půdě, příjmu vody a živin plní i další funkce. Za významné lze považovat to, že prostřednictvím svého povrchu a volného prostoru ovlivňují okolní prostředí (rhizosféru). U jednotlivých rostlin je odhadováno, že se jedná o 30 - 60 % C (uhlíku) čisté fotosyntézy. Poměrně značná část je v jednodušších organických sloučeninách (až 40 %) vydávána do bezprostředního okolí kořenů.

Graf 10: Vliv měsíce odběru na obsah TOC



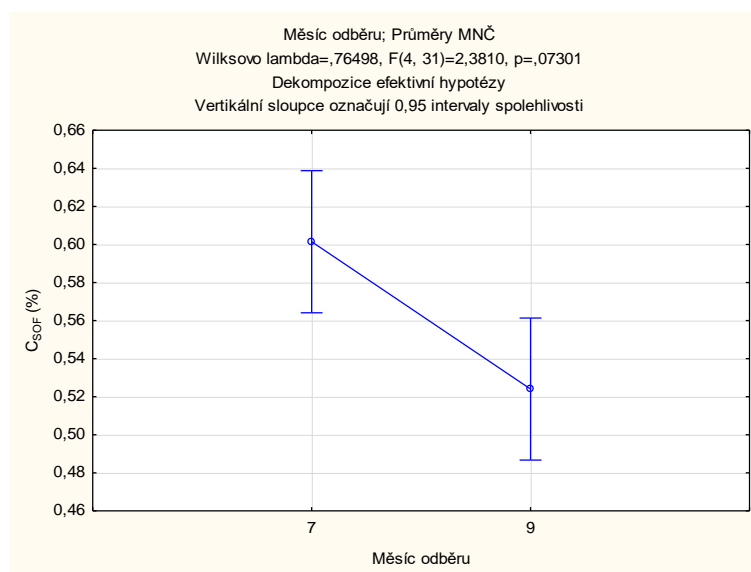
Z Grafu 11 lze zjistit kvalitu primární organické hmoty, která byla vyšší v měsíci září, což můžeme přikládat k působení kořenových exsudátů. Vaňek a kol. (2010) uvádí, že kořenové zbytky, odumřelé části kořenů (jedná se o odumírající vlasové kořínky a odpadávající buňky povrchu kořenů) a zvláště kořenové čepičky poskytují poměrně dobře rozložitelný organický materiál. Celkové množství organických látek, které jsou kořeny rostlin vydávány do prostředí, je odhadováno na 1 - 1,5 t sušiny za rok. Výsledek se na první pohled nezdá logický. Nižší hodnota v měsíci červenci mohla být způsobena vyšší biologickou aktivitou půdy, kdy došlo k rychlému rozkladu nejlabilnějších organických látek vlivem činnosti mikroorganismů.

Graf 11: Vliv měsíce odběru na kvalitu PPOH



Graf 12 uvádí vliv měsíce odběru na obsah stabilních frakcí organické hmoty vyšší hodnoty byli zjištěny v měsíci červenci. Dle názoru Vaňek a kol. (2010) základní složkou trvalého humusu jsou huminové kyseliny, které vykazují vysokou stabilitu v půdě a mají naprosto odlišné vlastnosti, a tím i úlohu v půdě. Je možné se setkat v laických, ale i odborných, případně vědeckých kruzích s názory, že ubývá humus v půdě, případně, že je snaha sledovat změny humusu během několika let, což jsou případy naprosté neznalosti. Protože humusové substance (huminové kyseliny, fulvokyseliny a huminy), které tvoří podstatu humusu, jsou vysokomolekulární látky, vykazující vysokou stabilitu a malou rozložitelnost (poločas rozkladu století až tisíciletí). Současně jen malá část organických látek, které přicházejí do půdy, je transformována do těchto stabilních složek, takže jejich obsah je značně stabilní a změny lze zaznamenat jen při dlouhodobém sledování.

Graf 12: Vliv měsíce odběru na obsah stabilních frakcí organické hmoty

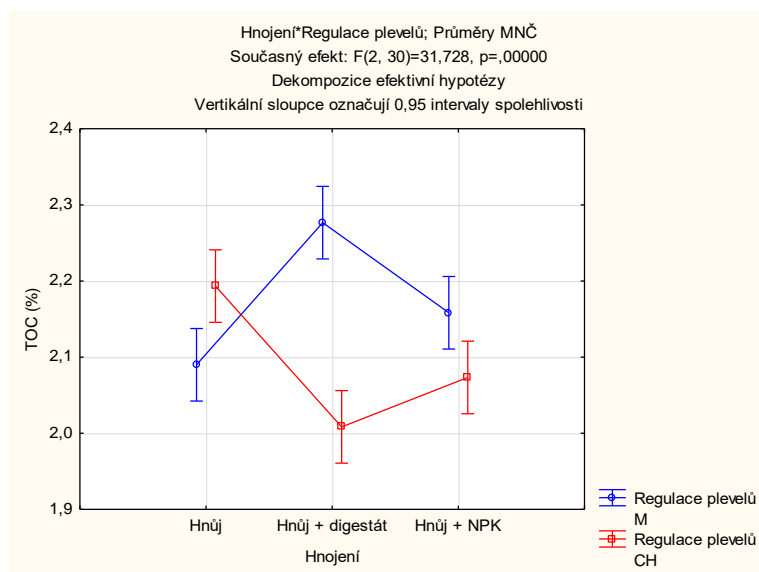


5.4 Vliv interakcí dvou faktorů na sledované parametry

Při analýze interakce dvou různých faktorů byl zjištěn statisticky průkazný rozdíl pouze u kombinace způsobu hnojení a metody regulace plevelů na obsah TOC. Výsledky přehledně shrnuje Graf 13 a Tabulka 3. Statisticky neprůkazné výsledky nejsou uvedeny, ani graficky znázorněny. Průměrné hodnoty sledovaných charakteristik (s vyloučením vlivu termínu odběru) zobrazuje graf v Příloze č. 2.

Podle Kubát a kol. (2008) působení organického hnojení hnojem na změnu obsahu C v půdě je ve všech případech pozitivní. Ve variantě hnůj + digestát byl ale zjištěn zajímavý výsledek. Zatímco když byl porost kukuřice obděláván mechanicky, obsah TOC stoupl. Ve variantě, kde byl aplikován herbicid, byl naopak obsah TOC nejnižší. Pro zdůvodnění tohoto jevu by byly zapotřebí dlouhodobější výzkumy.

Graf 13: Vliv interakce hnojení*regulace plevelů na obsah TOC



Tabulka 3: Vliv interakce hnojení*regulace plevelů na obsah TOC

Tukeyův HSD test; proměnná TOC (%) Homogenní skupiny, alfa = ,05000 PČ = ,00327, sv = 30,000

| Hnojení | Regulace plevelů | TOC Průměr (%) | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----------------|------------------|----------------|------|------|------|------|
| Hnůj + digestát | CH | 2,01 | **** | | | |
| Hnůj + NPK | CH | 2,07 | **** | **** | | |
| Hnůj | M | 2,09 | **** | **** | | |
| Hnůj + NPK | M | 2,16 | | **** | **** | |
| Hnůj | CH | 2,19 | | | **** | **** |
| Hnůj + digestát | M | 2,28 | | | | **** |

5.5 Vliv interakcí všech faktorů na sledované parametry

V této podkapitole jsou uvedeny celkové výsledky, které shrnují vliv všech faktorů na sledované charakteristiky. Obsah C_{PPOH} (Tabulka 4) se pohyboval od 1,44 do 1,87 %. Význam primární půdní organické hmoty spočívá především v tom, že slouží jako zdroj energie pro půdní mikroorganismy a následně, po mineralizaci, jako zdroj živin pro rostliny (Kolář a kol., 2014). Z výsledků vyplývá, že nejvíce této části půdní organické hmoty se nacházelo ve vzorcích odebraných z varianty hnůj + digestát při mechanické regulaci plevelů v měsíci září. I v červenci bylo ve stejné variantě nalezeno vysoké množství C_{PPOH} . Překvapivě bylo zjištěné nejnižší množství C_{PPOH} rovněž ve variantě hnojené hnojem společně s digestátem. Jednalo se o červencový odběr z varianty, kde byla použita chemická regulace plevelů.

Tabulka 4: Vliv interakce hnojení*regulace plevelů*měsíc odběru na obsah PPOH

| Tukeyův HSD test; proměnná C_{PPOH} (%) Homogenní skupiny, alfa = ,05000 PČ = ,00033, sv = 24,000 | | | | | | | | | | |
|---|------------------|--------------|--------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Hnojení | Regulace plevelů | Měsíc odběru | C_{PPOH} (%) Průměr | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Hnůj + digestát | CH | 7 | 1,44 | | **** | | | | | |
| Hnůj | M | 7 | 1,45 | | **** | **** | | | | |
| Hnůj + NPK | CH | 9 | 1,48 | **** | **** | **** | | | | |
| Hnůj | CH | 7 | 1,49 | **** | | **** | | | | |
| Hnůj + NPK | M | 7 | 1,51 | **** | | | | | | |
| Hnůj + digestát | CH | 9 | 1,51 | **** | | | | | | |
| Hnůj + NPK | CH | 7 | 1,52 | **** | | | | | | |
| Hnůj | M | 9 | 1,52 | **** | | | | | | |
| Hnůj + NPK | M | 9 | 1,59 | | | | **** | | | |
| Hnůj + digestát | M | 7 | 1,71 | | | | | **** | | |
| Hnůj | CH | 9 | 1,77 | | | | | | **** | |
| Hnůj + digestát | M | 9 | 1,87 | | | | | | | **** |

V Tabulce 5 je zobrazen obsah TOC ve všech variantách. Hodnoty se pohybují relativně v úzkém intervalu od 2,00 do 2,33 %. Zajímavé je, že hned dvě varianty, kam byl společně s hnojem aplikován také digestát, obsahovaly nejméně organického uhlíku (což neodpovídá druhé hypotéze). Nicméně všechny hodnoty jsou výrazně vyšší, než pro kambizemě udává Kubát a kol. (2008), který jako průměr z 279 lokalit v ČR uvádí hodnotu 1,35 %. Rozdílné hodnoty mohou být způsobeny celou řadou faktorů včetně termínu odběru.

Tabulka 5: Vliv interakce hnojení*regulace plevelů*měsíc odběru na množství TOC

| Tukeyův HSD test; proměnná TOC (%) Homogenní skupiny, alfa = ,05000 PČ = ,00039, sv = 24,000 | | | | | | | | | |
|--|------------------|--------------|-------------------|------|------|------|------|------|------|
| Hnojení | Regulace plevelů | Měsíc odběru | TOC (%) Průměr | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Hnůj + digestát | CH | 7 | 2,00 | **** | | | | | |
| Hnůj + digestát | CH | 9 | 2,01 | **** | | | | | |
| Hnůj | M | 7 | 2,03 | **** | **** | | | | |
| Hnůj + NPK | CH | 9 | 2,04 | **** | **** | | | | |
| Hnůj + NPK | M | 7 | 2,08 | | **** | | | **** | |
| Hnůj + NPK | CH | 7 | 2,11 | | | **** | | **** | |
| Hnůj | M | 9 | 2,15 | | | **** | | | |
| Hnůj | CH | 7 | 2,16 | | | **** | | | |
| Hnůj + digestát | M | 9 | 2,22 | | | | **** | | |
| Hnůj | CH | 9 | 2,23 | | | | **** | | |
| Hnůj + NPK | M | 9 | 2,23 | | | | **** | | |
| Hnůj + digestát | M | 7 | 2,33 | | | | | | **** |

V kvalitě primární organické hmoty byly zjištěny podstatné rozdíly. Hodnota konstanty k se pohybovala v rozmezí 1,00 až 3,47 sec. Čím je hodnota konstanty vyšší, tím je nezhumifikovaná část organické hmoty labilnější. Je ji tedy možné považovat za kvalitnější, protože je v půdě snadněji přístupná půdním mikroorganizmům (Kopecký a kol., 2016). Takováto hmota je rychleji rozložena a živiny z ní uvolněné jsou opět přístupné pěstovaným rostlinám. Jednoznačně nejvyšší hodnota byla naměřena ve vzorku, který byl hnojen pouze hnojem a byl odebrán v září, jednalo se o variantu s chemickou regulací plevelů. Další dvě nejvyšší hodnoty patřily vzorkům, kde bylo kromě hnoje aplikováno ještě hnojivo NPK, varianta chemická, zářijový i červencový odběr. Naopak velmi malá hodnota konstanty k byla zjištěna u vzorku půdy, který obsahoval digestát (chemická regulace plevelů, zářijový odběr).

Tabulka 6: Vliv interakce hnojení*regulace plevelů*měsíc odběru na kvalitu PPOH

| Tukeyův HSD test; proměnná Konstanta k (sec) Homogenní skupiny, alfa = ,05000 PČ = ,02476, sv = 24,000 | | | | | | | | |
|--|------------------|--------------|-----------------------------|------|------|------|------|------|
| Hnojení | Regulace plevelů | Měsíc odběru | Konstanta k (sec) Průměr | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Hnůj + digestát | CH | 9 | 1,00 | | | | **** | |
| Hnůj | M | 7 | 1,44 | **** | | | **** | |
| Hnůj | CH | 7 | 1,47 | **** | | | | |
| Hnůj + digestát | CH | 7 | 1,51 | **** | | **** | | |
| Hnůj + NPK | M | 9 | 1,66 | **** | **** | **** | | |
| Hnůj + NPK | M | 7 | 1,75 | **** | **** | **** | | |
| Hnůj + digestát | M | 9 | 1,85 | **** | **** | **** | | |
| Hnůj + digestát | M | 7 | 1,89 | **** | **** | **** | | |
| Hnůj | M | 9 | 1,96 | | **** | **** | | |
| Hnůj + NPK | CH | 7 | 2,09 | | **** | | | |
| Hnůj + NPK | CH | 9 | 2,10 | | **** | | | |
| Hnůj | CH | 9 | 3,47 | | | | | **** |

Poslední částí Výsledků je shrnutí obsahu uhlíku stabilních frakcí půdní organické hmoty. Tato frakce má v půdě zcela odlišnou funkci, než primární půdní organická hmota. Jedná se především o humusové sloučeniny - huminové kyseliny, fulvokyseliny a huminy. Tedy syntetizované, vysokomolekulární sloučeniny. Má vliv například na tvorbu půdní struktury, zadržování vody v půdě či na tepelný režim půd (Kolář a kol., 2014). Nenahraditelnou vlastností humusových látek je jejich kationtová výměnná kapacita (Kopecký a kol., 2016). Nejnížší hodnota C_{SOF} byla 0,35 % u varianty, kde byl společně s hnojem aplikován digestát byla použita mechanická regulace plevelů a odběr byl proveden v září. Je to poměrně překvapivé zjištění, protože právě digestát obsahuje zejména semilabilní a semistabilní frakce (Kolář a kol., 2009). Do frakce stabilní organické hmoty patří také další látky. Jedná se například o skupinu ligninů, které mohou zjištěné výsledky ovlivňovat (Kopecký, 2018). Tím by mohl být vysvětlen rozdíl v hodnotách naměřených v červenci a září. Vznik a zánik humusových látek je totiž extrémně dlouhý proces a nelze předpokládat takto rychlé změny jejich obsahu v průběhu roku (Kolář a kol., 2014). Varianta která byla odebrána v červenci a kde byl ke hnojení použit pouze hnůj a k regulaci plevelů byla zvolena chemická metoda měla hodnotu C_{SOF} 0,66 %.

Tabulka 7: Vliv interakce hnojení*regulace plevelů*měsíc odběru na množství stabilních organických frakcí

| Tukeyův HSD test; proměnná C_{SOF} (%) Homogenní skupiny, alfa = ,05000 PČ = ,00033, sv = 24,000 | | | | | | | | |
|--|------------------|--------------|-------------------------|------|------|------|------|------|
| Hnojení | Regulace plevelů | Měsíc odběru | C_{SOF} (%) Průměr | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Hnůj + digestát | M | 9 | 0,35 | | | | | **** |
| Hnůj | CH | 9 | 0,46 | | | | **** | |
| Hnůj + digestát | CH | 9 | 0,50 | | | | **** | |
| Hnůj + NPK | CH | 9 | 0,56 | **** | | | | |
| Hnůj + digestát | CH | 7 | 0,57 | **** | | | | |
| Hnůj + NPK | M | 7 | 0,58 | **** | **** | | | |
| Hnůj | M | 7 | 0,59 | **** | **** | | | |
| Hnůj + NPK | CH | 7 | 0,59 | **** | **** | | | |
| Hnůj + digestát | M | 7 | 0,62 | | **** | **** | | |
| Hnůj | M | 9 | 0,62 | | **** | **** | | |
| Hnůj + NPK | M | 9 | 0,65 | | | **** | | |
| Hnůj | CH | 7 | 0,66 | | | **** | | |

6 Závěr

V diplomové práci byl porovnáván vliv dvou technologií pěstování kukuřice seté na množství a kvalitu půdní organické hmoty. Byl zkoumán vliv hnojení (varianty Hnůj, Hnůj + digestát, Hnůj + NPK), termínu odběru vzorku (červenec, září) a metody regulace plevelů (mechanická, chemická) na obsah primární půdní organické hmoty, kvalitu primární půdní organické hmoty, na obsah stabilních frakcí organické hmoty a na obsah celkového organického uhlíku.

Rozdíly mezi jednotlivými variantami byly ve většině posuzovaných případů jen mírné (statisticky neprůkazné - na hladině významnosti $p=0,05$). Potvrzen byl vliv metody regulace plevelů na obsah celkového organického uhlíku. Dále byl zjištěn vliv termínu odběru na množství primární půdní organické hmoty. Vyšší množství C_{PPOH} se v půdních vzorcích nacházelo v pozdějším termínu odběru. Rozdíly bylo možné vysledovat také při zkoumání vlivu interakce způsobu hnojení a metody regulace plevelů na obsah TOC.

Při celkovém hodnocení všech faktorů bylo zjištěno, že nejvíce uhlíku primární půdní organické hmoty (1,87 %) bylo nalezeno ve vzorku, kde byl aplikován hnůj + digestát. Vzorek byl odebrán v zářijovém termínu z porostu, kde byla použita mechanická regulace plevelů. Ve stejné variantě pěstování, avšak v červencovém termínu odběru, byl zjištěn nejvyšší obsah celkového organického uhlíku (2,33 %). Sledování kvality primární půdní organické hmoty ukázalo, že mezi jednotlivými vzorky byly relativně velké rozdíly. Mezi nejnižší (1,00) a nejvyšší (3,47) hodnotou konstanty k byl rozdíl více než trojnásobný. Nej kvalitnější PPOH byla nalezena ve vzorku, který pocházel ze zářijového odběru varianty, kde byl aplikován pouze hnůj a plevele byly regulovány chemicky. Tato varianta obsahovala také nejvíce uhlíku stabilních organických frakcí, pouze se jednalo o odběr v měsíci červenci (0,66 %).

Výsledky ukázaly, že i v krátkodobém pokusu bylo možné sledovat vliv různých pěstebních technologií kukuřice seté na sledované půdní charakteristiky. Nicméně pro získání přesnějších dat a vyvození jednoznačných závěrů by bylo zapotřebí dlouhodobé polní sledování.

7 Seznam citované literatury

BALDOTTO, Marihus Altoé a kol. *Field corn yield in response to humic acids application in the absence or presence of liming and mineral fertilization.* Semina: Ciencias Agrárias, 2019. 40.6Supl2: 3299-3304.

ČERNÝ, Jindřich a kol. *Organická hmota v půdě, její obsah, složky a význam.* Agromanual.cz [online]: 5.11.2019 [cit. 7.5.2020]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/hnojeni/organicka-hmota-v-pude-jeji-obsah-slozky-a-vyznam>.

Český statistický úřad. *Osevní plochy zemědělských plodin* [online]. ČSÚ: 2019. [cit. 1.7.2019]. Dostupné z: <https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/index.jsf?page=vystup-objekt-parametry&pvo=ZEM02A&sp=A&skupId=346&pvokc=&katalog=30840&z=T>.

DIVIŠ, Jiří. *Pěstování rostlin.* České Budějovice: Jihočeská univerzita, 2000. ISBN 80-7040-456-6.

Dünger, Mitt. *Nová strategie základního hnojení při konzervačním zpracování půdy.* Agris.cz [online]: 15.9.2005 [cit. 18.5.2020]. Dostupné z: <http://www.agris.cz/clanek/142610/nova-strategie-zakladniho-hnojeni-pri-konzervacnim-zpracovani-pudy->.

FAROOQ, Muhammad a kol. *Using sorghum to suppress weeds in autumn planted maize.* Crop Protection, 2020. 105162.

HERNANZ, J.L. a kol. *Long-term effects of tillage systems and rotations on soil structural stability and organic carbon stratification in semiarid central Spain.* Soil and Tillage Research 66, 2002.

HŮLA, Josef., ABRHAM, Zdeněk a BAUER, František. *Zpracování půdy*. Praha: Brázda, 1997. ISBN 80-209-0265-1.

HŮLA, Josef a PROCHÁZKOVÁ, Blanka. *Minimalizace zpracování půdy*. Praha: Profi Press, 2008. ISBN 978-80-86726-28-1.

CHANG, Jingjing a kol. *Rational land-use types in the karst regions of China: Insights from soil organic matter composition and stability*. *Catena*, 2018. 160: 345-353.

JEŘÁBKOVÁ, Julie. *Proč je důležitá organická hmota v půdě*. *Biom.cz* [online]: 16.5.2019 [cit. 18.5.2020]. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/proc-je-dulezita-organicka-hmota-v-pude>. ISSN 1801-2655.

JEŘÁBKOVÁ, Julie a DUFFKOVÁ, Renata. *Využití digestátu jako hnojiva*. *Biom.cz* [online]: 21.6.2019 [cit. 9.5.2020]. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-digestatu-jako-hnojiva>.

KOLÁŘ, Ladislav., MOUDRÝ, Jan a KOPECKÝ, Marek. *Humus*. Náměšť nad Oslavou: ZERA – Zemědělská a ekologická regionální agentura, o.s., 2014. ISBN 978-80-87226-34-6.

KOLÁŘ, Ladislav a kol. *Labile fractions od soil organic matter, their quantity and quality*. *Plant, Soil and Enviroment*, 2009, 55, 6: 245-251.

KOLÁŘ, Ladislav a kol. *Agrochemical value of organic matter of fermenter wastes in biogas production*. *Plant, Soil and Enviroment*, 2008, 54, 8: 321-328.

KOPECKÝ, Marek a kol. *The new method of determination of the quantity and quality of primary soil organic matter and humus*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2016.

KOPECKÝ, Marek. *Environmentální aspekty pěstování vybraných energetických rostlin.* České Budějovice, 2018. Disertační práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Fakulta zemědělská.

KOPITTKÉ, Peter a kol. *Soil organic matter is stabilized by organo-mineral associations through two key processes: The role of the carbon to nitrogen ratio.* Geoderma, 2020. 357:113974.

KUBÁT, Jaromír a kol. *Metodika hodnocení množství a kvality půdní organické hmoty v orných půdách.* Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2008. ISBN 978-80-87011-65-2.

KUŽEL, Stanislav a kol. *Jak efektivně využít digestát.* Energie 21. [online]. 2010. [cit. 1.4.2020]. Dostupné z: <http://energie21.cz/jak-efektivne-vyuzit-digestat/>.

LEDVINA, Rostislav., KOUBALÍKOVÁ, Jitka a HORÁČEK, Jan. *Geologie a půdoznalství.* České Budějovice: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 1992. ISBN 80-900364-6-5.

MIKULKA, Jan a kol. *Plevelné rostliny polí, luk a zahrad.* Praha: Farmář - zemědělské listy, 1999. ISBN 80-902413-2-8.

MOUDRÝ, Jan a JŮZA, Jan. *Pěstování obilnin.* České Budějovice: Jihočeská univerzita, 1998. ISBN 80-7040-274-1.

PETR, Jiří a HÚSKA, Jozef. *Speciální produkce rostlinná.* Praha: Česká zemědělská univerzita, 1997. ISBN 80-213-0152-X.

PINTON, R., VARANINI, Z a NANNIPIERI, P. *The rhizosphere as a site of biochemical interactions among soil components, plants and microorganisms.* New York, 2001.

SLEJŠKA, Antonín. *Význam organické hmoty v půdě.* Biom.cz [online]: 11.11.2002 [cit. 9.5.2020]. Dostupné z: <https://biom.cz/index.shtml?x=109049#lit>.

SMUTNÝ, Vladimír a kol. *Význam technologií zpracování půdy a dalších agrotechnických opatření při pěstování obilnin.* Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2015. ISBN 978-80-7509-369-1.

STACH, Jiří. *Základní agrotechnika: (osevní postupy).* České Budějovice: Jihočeská univerzita, 1995. ISBN 80-7040-117-6.

STEVENSON, F.J. *Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions.* New York: John Wiley & Sons, 1994. ISBN 978-0-471-59474-1.

ŠANTRŮČKOVÁ, Hana., KAŠTOVSKÁ, Eva., BÁRTA, Jiří., MIKO, Ladislav a TAJOVSKÝ, Karel. *Ekologie půdy.* České Budějovice: Jihočeská univerzita, 2018. ISBN 978-80-7394-695-1.

ŠIMEK, Miloslav. *Základy nauky o půdě.* 2., upr a rozš. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Biologická fakulta, 2005. ISBN 80-7040-747-6.

ŠIMON, Tomáš a kol. Vliv hnojení na organickou hmotu v půdách České republiky. *Úroda.* Praha: Profi Press, 2019, č. 12. ISSN 0139-6013.

TOMÁŠEK, Milan. *Půdy České republiky.* Praha: Český geologický ústav, 2000. ISBN 80-7075-403-6.

VAŇEK, Václav a kol. *Úloha organické hmoty v půdě.* Racionální použití hnojiv: sborník z konference, 2010. ISBN 978-80-213-2006-2.

VANĚK, Václav., BALÍK, Jiří., PAVLÍKOVÁ, Daniela a TLUSTOŠ, Pavel. *Výživa a hnojení polních a zahradních plodin.* Praha: Redakce odborných časopisů, 2002. ISBN 80-902413-7-9.

VRBA, Vladimír a HULEŠ, Ludvík. *Humus - půda - rostlina (2). Humus a půda.* Biom.cz [online]: 2006-11-14 [cit. 2020-01-19]. Dostupné z: <<https://biom.cz/cz/odborne-clanky/humus-puda-rostlina-2-humus-a-puda>>. ISSN 1801-2655.

Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy. *Katalog BPEJ* [online]. VUMOP: 2020. [cit. 25.5.2020]. Dostupné z: <https://bpej.vumop.cz/72914>.

ZAUJEC, Anton a kol. *Pedológia a základy geológie.* Nitra: SPU, 2009. ISBN 978-80-552-0207-5.

ZIMOLKA, Josef a kol. *Kukuřice hlavní a alternativní užitkové směry.* Praha: Profi Press, 2008. ISBN 978-80-86726-31-1.

Seznam použitých obrázků

| | |
|--|----|
| Obrázek 1: Průměrné zastoupení jednotlivých složek půdy | 11 |
| Obrázek 2: Zdroje půdní organické hmoty | 28 |
| Obrázek 3: Průměrné elementární složení organických látek..... | 29 |
| Obrázek 4: Srovnání chemického složení rostlinného, bakteriálního a houbového materiálu..... | 30 |
| Obrázek 5: Rozdělení organické hmoty v půdě | 31 |
| Obrázek 6: Rozdělení organických látek v půdě a klasifikace humusových látek | 32 |
| Obrázek 7: Obsah humusu v půdě | 35 |
| Obrázek 8: Kvalita humusu v našich hlavních zemědělsky využívaných půdních představitelích | 36 |
| Obrázek 9: Hodnocení kvality humusu podle poměru C/N | 36 |
| Obrázek 10: Mapa s polohou podniku Agro Dolní Kralovice s.r.o. | 38 |
| Obrázek 11: Mapa pozemku Krtiny | 39 |

Seznam grafů

| | |
|--|----|
| Graf 1: Vliv hnojení na obsah PPOH | 43 |
| Graf 2: Vliv hnojení na obsah TOC | 44 |
| Graf 3: Vliv hnojení na kvalitu PPOH | 45 |
| Graf 4: Vliv hnojení na obsah stabilních frakcí organické hmoty | 46 |
| Graf 5: Vliv metody regulace plevelů na obsah PPOH..... | 47 |
| Graf 6: Vliv metody regulace plevelů na obsah TOC..... | 48 |
| Graf 7: Vliv metody regulace plevelů na kvalitu PPOH..... | 49 |
| Graf 8: Vliv metody regulace plevelů na obsah stabilních frakcí organické hmoty .. | 50 |
| Graf 9: Vliv měsíce odběru na obsah PPOH..... | 51 |
| Graf 10: Vliv měsíce odběru na obsah TOC | 52 |
| Graf 11: Vliv měsíce odběru na kvalitu PPOH | 53 |
| Graf 12: Vliv měsíce odběru na obsah stabilních frakcí organické hmoty | 54 |
| Graf 13: Vliv interakce hnojení*regulace plevelů na obsah TOC | 55 |

Seznam tabulek

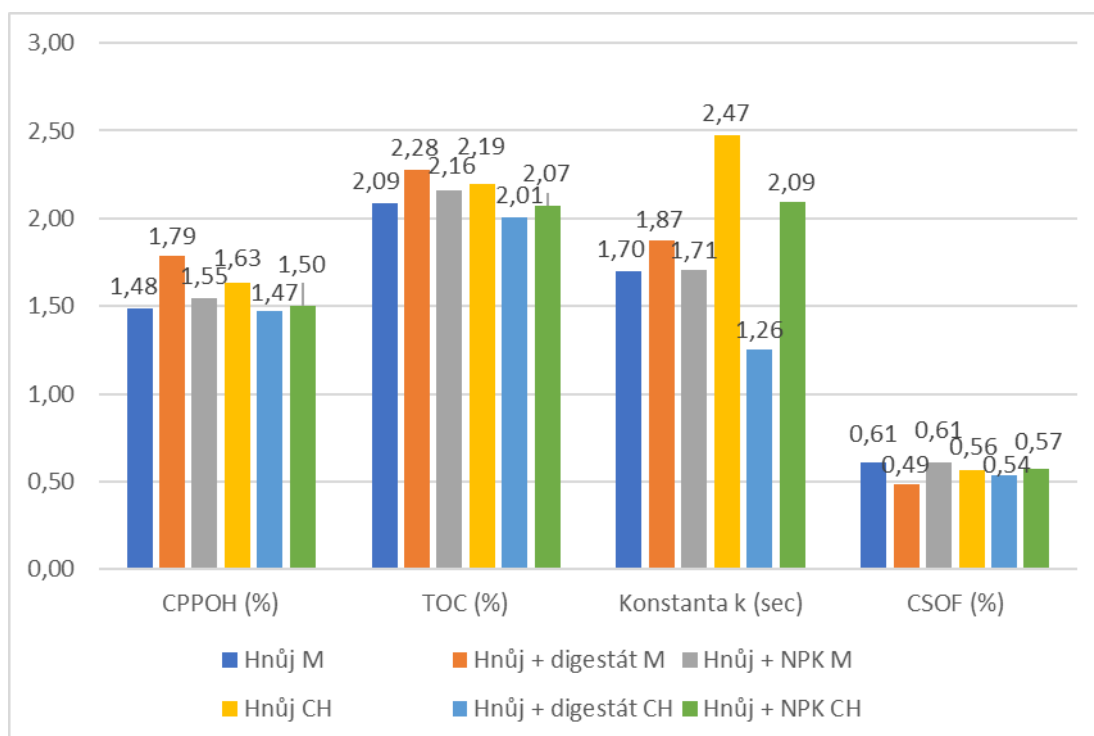
| | |
|---|----|
| Tabulka 1: Tukeyův HSD test - obsah TOC v závislosti na metodě regulace plevelů | 48 |
| Tabulka 2: Tukeyův HSD test - obsah PPOH v závislosti na měsíci odběru | 51 |
| Tabulka 3: Vliv interakce hnojení*regulace plevelů na obsah TOC | 55 |
| Tabulka 4: Vliv interakce hnojení*regulace plevelů*měsíc odběru na obsah PPOH | 56 |
| Tabulka 5: Vliv interakce hnojení*regulace plevelů*měsíc odběru na množství TOC | 57 |
| Tabulka 6: Vliv interakce hnojení*regulace plevelů*měsíc odběru na kvalitu PPOH | 58 |
| Tabulka 7: Vliv interakce hnojení*regulace plevelů*měsíc odběru na množství stabilních organických frakcí | 59 |

Přílohy

Příloha 1: Popisná statistika půdních charakteristik (směsný vzorek) při odběru vzorku před setím (20. 4. 2019)

| Proměnná | N platných | Průměr | Minimum | Maximum | Sm.odch. |
|--------------------------|------------|----------|----------|----------|----------|
| C _{PPOH} (%) | 3 | 1,825333 | 1,818500 | 1,830100 | 0,006070 |
| TOC (%) | 3 | 2,543333 | 2,430000 | 2,660000 | 0,115036 |
| Konstanta <i>k</i> (sec) | 3 | 1,051025 | 1,022047 | 1,066005 | 0,025100 |
| C _{SOF} (%) | 3 | 0,718000 | 0,713233 | 0,724833 | 0,006070 |

Příloha 2: Průměrné hodnoty sledovaných parametrů dle variant hnojení a metody regulace plevelů



Příloha 3: Seznam použitých zkratk

BPEJ - bonitovaná půdně ekologická jednotka

CCM - kukuřičná směs palic s větveny bez listenů

DAM - kapalné dusíkaté hnojivo

DASA - dusíkaté hnojivo s obsahem síry

FK - fulvokyseliny

HK - huminové kyseliny

HTS - hmotnost tisíce semen

LAV - ledek amonný s vápencem hnojivo

LV - ledek vápenatý hnojivo

NP - dusíkato fosforečné hnojivo

NPK - dusíkato-fosforečno-draslné hnojivo

PPOH - primární půdní organická hmota

TOC - celkový organický uhlík