

Mendelova univerzita v Brně

Agronomická fakulta

Ústav agrochemie, půdoznalství, mikrobiologie a výživy rostlin



Vliv stupňovaných dávek digestátu na výnos ozimé pšenice a silážní kukuřice

Bakalářská práce

Vedoucí práce:
doc. Ing. Pavel Ryant, Ph.D.

Vypracoval:
Daniel Pásek



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zpracovatel : **Daniel Pásek**
Studijní program: Agrobiologie
Obor: Fytotechnika
Konzultant: Ing. Jiří Antošovský
Název tématu: **Vliv stupňovaných dávek digestátu na výnos ozimé pšenice a silážní kukuřice**
Rozsah práce: 30 – 40 stran

Zásady pro vypracování:

1. Studium literárních pramenů týkajících se řešené problematiky.
2. Zpracování literární rešerše se zaměřením na digestát a na výživu a hnojení ozimé pšenice a silážní kukuřice.
3. Založení a vedení poloprovozního polního pokusu s aplikací digestátu ozimé pšenice a silážní kukuřice.
4. Posouzení vlivu aplikace digestátu na výnos a kvalitu ozimé pšenice a silážní kukuřice.
5. Statistické zhodnocení dosažených výsledků, formulace závěrů a doporučení.

Seznam odborné literatury:

1. CIGÁNEK, K. *Oožření účinnosti odlišných digestátů v různých systémech organického hnojení*. Disertační práce. Brno: MENDELU Brno, 2011. 108.
2. ZIMOLKA, J. – HŘIVNA, L. – JÁNSKÝ, J. – MAREČEK, J. – RICHTER, R. *Pšenice – pěstování hodnocení a využití zrna*. 1. vyd. Praha: Profi Press s.r.o., 2005. 180 s. ISBN 80-86726-09-6.
3. ZIMOLKA, J. a kol. *Kukuřice – hlavní a alternativní užitkové směry*. 1. vyd. Praha: Profi Press s.r.o., 2008. 300 s. ISBN 978-80-86726-31-1.
4. RYANT, P. a kol. *Multimediální učební texty z výživy a hnojení polních plodin*. [online]. 2004. URL: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/hnojeni_plodin.
5. RYANT, P. a kol. *Multimediální učební texty z výživy rostlin*. [online]. 2003. URL: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin.
6. FECENKO, J. – LOŽEK, O. *Výživa a hnojení polních plodin*. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 2000. 442 s. ISBN 80-7137-777-5.
7. VANĚK, V. a kol. *Výživa polních a zahradních plodin*. Praha: Profi Press, 2007. 176 s. ISBN 978-80-86726-25-0.
8. MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. 2. vyd. London: Academic Press, 2006. 889 s. ISBN 978-0-12-473543-9.

Datum zadání bakalářské práce: březen 2016

Termín odevzdání bakalářské práce: duben 2016

Daniel Pásek
Autor práce



doc. Ing. Pavel Ryant, Ph.D.
Vedoucí práce

doc. Ing. Petr Škarpa, Ph.D.
Vedoucí ústavu

doc. Ing. Pavel Ryant, Ph.D.
Děkan AF MENDELU

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci: Vliv stupňovaných dávek digestátu na výnos ozimé pšenice a silážní kukuřice vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 Autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity o tom, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně, dne 24. dubna, 2016

PODĚKOVÁNÍ:

Děkuji panu doc. Ing. Pavlu Ryantovi, Ph.D. za trpělivost a odborné vedení při vypracovávání bakalářské práce, dále chci poděkovat podniku Agria, a.s. za vytvoření podmínek pro uskutečnění pokusu a tamním zaměstnancům za spolupráci, zejména panu Ostřížkovi, který mi pomohl vybrat vhodné pozemky, správně založit pokus a byl ochotný kdykoliv poradit a pomoci.

Abstrakt

Digestát je sekundární produkt vznikající anaerobní fermentací při výrobě bioplynu, v praxi je používán k hnojení různých plodin či k posklizňovým zbytkům, aby zúžil poměr uhlíku a dusíku organického materiálu.

V roce 2015 byl v podniku Agria, a.s., sídlícím poblíž Slavkova u Brna, založen pokus aplikování stupňovaných dávek digestátu na ozimou pšenici Patras a kukuřičný hybrid SY Kardona k silážování. U pšenice nebyl prokázán vliv aplikace digestátu. Výnos kukuřice hnojené nejvyšší dávkou digestátu byl o 12 % vyšší než u digestátem nehnojené kontroly. Dále byl průkazný rozdíl mezi nejnižší dávkou a kontrolou (6,3 %), podobně jako u dávek nejvyšší a střední (5,8 %). V podstatné části vegetace bylo sucho, které zejména v pokusu s kukuřicí negativně ovlivnilo výnos.

Klíčová slova: Digestát, pšenice ozimá, silážní kukuřice, výnos

Abstract

Digestate is a secondary product of anaerobic digestion in the procedure of biogas production. It is used as a fertilizer for many plants or as a source of nitrogen to narrow C : N ratio.

In 2015 was in the company Agria, a.s., located near Slavkov u Brna, implemented experiment: application of digestate escalated doses regarding to yield of winter wheat Patras and maize SY Kardona for silage. Comparing yields of wheat, there was no influence of digestate application. In the experiment with maize, there was highly significant difference (12 %) between the highest dose and zero. There were significant differences between highest and intermediate dose (6,3 %) and between zero and lowest dose too (5,8 %). The 2015 season was very dry and affected the experiment.

Key words: Digestate, winter wheat, silage maize, yield

Obsah

1	ÚVOD.....	9
2	LITERÁRNÍ PŘEHLED	10
2.1	Digestát	10
2.1.1	Složení digestátu	10
2.1.2	Hnojení digestátem	12
2.1.2.1	Mechanizace aplikace digestátu.....	12
2.2	Pšenice ozimá.....	13
2.2.1	Pšenice ozimá v ČR	13
2.2.2	Agrotechnika pšenice ozimé.....	13
2.2.2.1	Požadavky pšenice na půdu, klima a osevň. postup	13
2.2.2.2	Zpracování půdy před setím pšenice ozimé	14
2.2.2.3	Setí pšenice ozimé.....	14
2.2.2.4	Hnojení a výživa pšenice ozimé.....	15
2.2.2.5	Ochrana proti škodlivým organismům pšenice ozimé.....	17
2.3	Silážní kukuřice.....	18
2.3.1	Silážní kukuřice v ČR	18
2.3.2	Agrotechnická specifika silážní kukuřice	18
2.3.3	Specifika hnojení a přijímání živin silážní kukuřice	19
3	CÍL PRÁCE.....	21
4	MATERIÁL A METODIKA	22
4.1	Půdně klimatická charakteristika pokusné lokality.....	22
4.2	Obsah živin v digestátu a jeho aplikace v pokusech.....	22
4.3	Realizace pokusu s pšenicí ozimou.....	23
4.3.1	Agrotechnika pokusu s pšenicí ozimou	23
4.4	Realizace pokusu s kukuřicí.....	25
4.4.1	Agrotechnika pokusu s kukuřicí	25
4.5	Použití statistických metod	27
5	VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ A DISKUZE	28
5.1	Vyhodnocení výsledků pšenice ozimé.....	28
5.2	Vyhodnocení výsledků kukuřice.....	29

6	ZÁVĚR.....	31
	LITERATURA	32
	SEZNAM OBRÁZKŮ	37
	SEZNAM TABULEK	38

1 ÚVOD

V České republice se k 31. 12. 2015 nachází 507 bioplynových stanic, o 358 MW instalovaného výkonu. Z toho pouze 172 stanic nespadá do zemědělské kategorie (ČBA, 2016). Bioplynová stanice, které by v střednědobém horizontu bylo přerušeno zásobování, by mohla být přirovnána k polouzavřené soustavě, již opouští zejména plynné látky a energie. Veškeré zbytky z fermentujícího materiálu, které by stanicí neopustily jako plyn, by zůstaly v soustavě, kde by se stávaly součástí digestátu. Jelikož bioplyn obsahuje zejména látky obsahující uhlík, vodík, dusík, kyslík a síru, a bod varu popelovin je násobně nad provozními teplotami fermentoru, může být považováno za fakt, že téměř 100 % popelovin (včetně těžkých kovů) obsažených ve vstupních surovinách se bude nacházet také v digestátu. V závislosti na technologii a používaném substrátu, každá z 335 stanic produkuje tisíce tun digestátu ročně. Je v zájmu provozovatele zemědělské BPS, aby živiny, které zůstaly v digestátu efektivně využil. Zodpovědné hospodaření s vedlejšími produkty je stavebním kamenem trvalé udržitelnosti zemědělské produkce, výroby energie z obnovitelných zdrojů a úspor na vstupech v rostlinné produkci.

Ozimá pšenice je celosvětově nejpěstovanější plodinou a svojí relativní náročností na živiny a agrotechniku, může být považována za vhodný objekt k aplikování digestátu.

Kukuřičná siláž má v současnosti v zemědělské produkci v podstatě nezastupitelnou úlohu. Silážní kukuřice vyniká kvalitou i kvantitou píče vhodné ke konzervaci, zkrmování dobyt看em, ale také vysokými nároky na živiny a teplo. Metodicky správné hnojení digestátem, spolu s dusíkatými hnojivy a neutrální bilancí organické hmoty v půdě, by mělo poskytnout silážní kukuřici dostatek živin vedoucí k požadovanému výnosu organické hmoty a trvale udržitelnému hospodaření.

2 LITERÁRNÍ PŘEHLED

2.1 Digestát

Vyhláška č. 131/2014 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva definuje digestát jako hnojivo vzniklé anaerobní fermentací při výrobě bioplynu, které se vyrábí výhradně z krmiv a statkových hnojiv. S obsahem sušiny v rozmezí 3 – 13 % a dusíku minimálně 0,3 %. V České republice se používá termín anaerobní fermentace, který významem odpovídá anaerobní digesci (Slejška, Váňa, 2002).

Anaerobní digesce je komplexem fermentačních procesů, kdy skupina mikroorganismů s rozdílnými metabolickými dráhami rozkládá v anaerobních podmínkách biologicky rozložitelnou organickou hmotu za vzniku směsi plynů (CH_4 , CO_2 , H_2 , N_2 , H_2S) a nerozloženého zbytku organické hmoty. Procesy na sebe navazují a podílí se na nich různé skupiny anaerobních mikroorganismů. Výpadek kterékoli skupiny může způsobit zhroucení celého systému (Dohányos, 2008).

Výsledkem procesu anaerobní digesce v bioplynových stanicích je také fermentovaný zbytek – digestát, který nebyl využit bakteriální mikroflórou v procesu anaerobní digesce (Koutný, 2010).

Digestát je možné používat jako organominerální hnojivo vysoké kvality nebo jednu ze surovin při výrobě kompostu. Využití může nalézt i jako rekultivační materiál. Hlavní předností oproti kejďě je redukce zápachu, patogenů, klíčivosti semen plevelů a poškození rostlin při kontaktu (CZ Biom, 2014).

2.1.1 Složení digestátu

Složení digestátu je závislé na podmínkách samotné digesce uvnitř fermentoru, ale také na vlastnostech a původu surovin vstupujících do procesu anaerobní digesce a dále na způsobu úpravy a skladování digestátu před následným využitím (Poffet, 2008). Vysoký význam je nutno přičíst i složení aplikovaného digestátu nejen z hlediska obsahu živin pro polní plodiny žádoucích, ale také z hlediska možného vnosu rizikových prvků nebo organických persistentních polutantů, jako jsou polycyklické aromatické uhlovodíky, polychlorované bifenyly, dioxiny, rezidua pesticidů atp. (Kupper et al., 2008).

Tabulka 1: *Limitní hodnoty pro registraci hnojiva (CZ Biom, 2014)*

Rizikový prvek	mg . kg ⁻¹ sušiny
Hg	1
Cd	2
Pb	100
Cr	100
Cu	100
Zn	300
Ni	50
Mo	5
As	10

Procesem anaerobní fermentace je redukován obsah sušiny organické hmoty, snižuje se hodnota biologické spotřeby kyslíku a celkové množství organického uhlíku ze zpracovávaných vstupních surovin. Pro fermentační zbytek je charakteristický vysoký podíl amoniakálního dusíku z celkového obsahu dusíkatých látek, alkalická reakce a nižší poměr C : N (Möller, 2009).

Zdroji substrátu v systému anaerobní digesce jsou (mimo jiné) energetické plodiny. Využití nalézá biomasa z energetických plodin v čerstvém i upraveném stavu nebo různé rostlinné zbytky, či exkrementy s podestýlkou domácích zvířat. Obsah sušiny vstupního materiálu je v procesech anaerobní digesce konvertován v průměru z 50 %. Optimální poměr C : N pro přeměnu organických látek leží mezi 20 – 30 : 1. Nejvýznamnějším inhibátorem těchto procesů je lignin. Jeho obsah, s každým procentem v sušině, snižuje degradovatelnost o 3 %. Ta závisí i na poměru proteinů, sacharidů a tuků v použitých surovinách (Nijaguna, 2006).

Analýzy různých organických materiálů (energetických plodin, výkalů hospodářských zvířat, průmyslových odpadů) prošlých procesem anaerobní digesce, prokázaly degradaci labilnějších složek organické hmoty (např. sacharidů, organických kyselin, proteinů atd.) a vysokou koncentraci nehydrolyzovatelných tuků a ligninu obsažených v digestátu (Tambone et al., 2009). Typický přibližný poměr koncentrace dusíku, fosforu a draslíku v nefermentovaných zbytcích anaerobní digesce je 2 : 1 : 3 (Mouat et al. 2010).

2.1.2 Hnojení digestátem

Aplikací digestátů bývají ovlivněny půdní vlastnosti, z čehož vyplývá vliv na růst, vývoj a zdravotní stav pěstovaných rostlin v závislosti na kvalitě digestátu a jeho utilizaci (Fuchs et al., 2008). Tekuté digestáty obsahují vyšší obsah amonného dusíku oproti surové kejďě, existuje tedy vyšší riziko volatizace amoniaku. Díky převaze dusíku zastoupeného v amoniakální formě, lze toto hnojivo považovat za zdroj snadno přístupného dusíku. Množství rostlinami přístupného N dodaného hnojením digestáty je obecně považováno za ekvivalentní množství NH_2 dodaného minerálními hnojivy. Organicky vázaný N musí projít mineralizací, čímž se stane přijatelným pro rostliny (Mouat et al., 2010). Cigánek (2011) ze své práce vyvozuje závěr, že digestát nezlepšuje bilanci primárních organických látek. Biomasu pro humifikační procesy je tedy nutné doplnit z jiného zdroje.

2.1.2.1 Mechanizace aplikace digestátu

K aplikaci digestátu se používají fekální cisterny vybaveny různými aplikačními koncovkami či nástavbami. V praxi nepoužívanější jsou plošné, hadicové, botkové, radličkové, kotoučové nebo injektážní aplikátory. Birkmose (2011) srovnával charakteristiky 4 nepoužívanějších metod aplikace digestátu a surové kejdy (hadicové, botkové, injektážní a plošné aplikátory). Za kritéria zvolil riziko volatizace amoniaku, zápach, kontaminaci a mechanické poškození plodin a vyrovnanost aplikační dávky. Nejvhodnější metodou aplikace se ukázalo být použití injektážních, hadicových a botkových aplikátorů.



Obrázek 1: Joskin 22/45 s 18m širokým hadicovým aplikátorem (Foto: Pásek)

2.2 Pšenice ozimá

Pěstitelsky nejvýznamnější z rodu *Triticum* L. je hexaploidní druh *Triticum aestivum* L. Klas je nelámavý, osinatý nebo bez osin, plevy i pluchy jsou vejčité až podlouhle vejčité, obilky nahé, klíček mírně vystouplý. Byla vyšlechtěna pravděpodobně z *Triticum Spelta* L. a existuje ve čtyřech varietách. V České republice převažují odrůdy z variety *lutescens* (Zimolka et al., 2005).

2.2.1 Pšenice ozimá v ČR

Celosvětově je pšenice nejpěstovanější plodinou na orné půdě, ČR není výjimkou. Vzhledem k vyšší výkupní ceně potravinářské pšenice, převažují na pěstěných plochách jakostní skupiny A a E. Produkce nesplňující parametry potravinářské pšenice je zpeněžována jako pšenice ke krmivářským účelům, k čemuž není optimální, díky nevhodnému zastoupení dusíkatých látek. Dle Zimolky et al. (2005) je tento trend trvale neudržitelný.

Z celkové osevní plochy 2 457 465 ha, byla v roce 2015 zaseta ozimá pšenice na 778 200 ha, což odpovídá necelým 32 %. Situace je srovnatelná s minulými pěti lety (ČSÚ, 2015).

Tabulka 2: Pěstování pšenice v ČR (ČSÚ, 2015)

	celková osevní plocha	pšenice celkem, vč. jarní
2010	2 495 859	833 577
2011	2 488 141	863 132
2012	2 480 655	815 381
2013	2 476 922	829 393
2014	2 468 700	835 941
2015	2 457 465	829 820

2.2.2 Agrotechnika pšenice ozimé

2.2.2.1 Požadavky pšenice na půdu, klima a osevní postup

Z výsledků dlouhodobých, výnosových, polyfaktoriálních pokusů vyplývá význam ročníku a stanoviště, které mají vliv kolem 25 % na výsledek. V důsledku slabě vyvinutého kořenového systému vyhovuje pšenici středně těžká až těžká půda dobře zásobená živinami s neutrální až slabě kyselou reakcí. V kukuřičné a řepařské oblasti je

výnos limitován spíše úhrnem srážek během vegetace. Nejvhodnějšími předplodinami jsou jeteloviny, luskoviny, olejnin, okopaniny a organicky hnojená zelenina. Vhodné jsou i plodiny sklizené na zelenou hmotu. V oblastech s nižším úhrnem srážek, které jsou velmi dobré pro pěstování ozimé pšenice, je přínosné snížit v osevním postupu zastoupení plodin způsobujících vláhový deficit v půdě. V praxi to často znamená pěstování obilnin po sobě, čímž se zvyšuje riziko výskytu choroby pat stébel, které je zde však nejnižší a je možné ho dále snížit užitím rezistentních odrůd, pěstováním meziplodin na zelené hnojení a aplikací systémových herbicidů (Zimolka et al., 2005).

2.2.2.2 Zpracování půdy před setím pšenice ozimé

Předseťové zpracování představuje až 40 % energetických vstupů technologie pěstování ozimé pšenice. Má zásadní vliv na založení porostu, přezimování, zaplevelení, výskyt chorob a další faktory ovlivňující výnos. Porosty je ideální zakládat za fyzikálních podmínek specifických pro půdní druh. Například pro hlinitou půdu platí objemová hmotnost v seťovém lůžku 1,3 – 1,45 g/cm³ a 0,85 – 1 g/cm³ ve vrstvě nad obilkou. Rozmezí optimální vlhkosti je 15 – 22 % (Zimolka et al., 2005).

Způsoby zpracování půdy se dle vynechávání procesů dělí na konvenční, nebo minimalizační. Minimalizační je dále dělen: minimalizace s kypřením půdy do zvolené hloubky (bez obracení půdy); půdoochranné zpracování půdy, kdy více než 30 % zbytků z předplodiny nebo meziplodiny zůstává na povrchu půdy; a přímé setí do nezpracované půdy s použitím totálního herbicidu (Hůla, Procházková, 2008).

2.2.2.3 Setí pšenice ozimé

Cílem setí je pravidelné horizontální i vertikální rozmístění obilek v půdě. V přehoustlých porostech se projevuje konkurence mezi rostlinami a později i mezi stébly. U řídkých porostů není naplněn pěstební potenciál a zhoršují se půdní vlastnosti. V současnosti se využívají možnosti setí: do řádků, do pásků a tzv. „na široko“. Výhodou řádkového setí je jednoduchost technického řešení a s tím související nižší pořizovací cena mechanizace. Nevýhodou bývá přílišná velikost rozteče, obzvlášť v lokalitách se sníženou úrodností, kde vzniklý prostor mezi řádky dává příležitost k uchycení plevelům. Obvyklou roztečí bývá 125 – 170 mm, přičemž snížením rozteče o 10 mm až do 100 mm se zvyšuje výnos zrna 0,7%. Setí do pásků je vylepšenou variantou řádkového setí. Osivo je ukládáno do pásků širokých 30 – 40 mm s roztečí

100 – 150 mm. Takto zaseté rostliny lépe vzchází a rychleji a více odnožují. U této techniky setí se často uplatňuje tzv. „hnojení pod patu“. Plošné setí je definováno rovnoměrným rozptylem osiva v celém záběru secího stroje, čímž se zvětšuje vzdálenost mezi jednotlivými obilkami až na 2,5 násobek. To má za výsledek vyšší intenzitu odnožování, rychlejší a mohutnější tvorbu kořenového systému, což rezultuje v rychlejší příjem živin a vyšší konkurenceschopnost vůči plevelům. Stejně tak se zvyšuje i protierozní efekt plodiny a zároveň se snižuje výpar půdní vláh. V závislosti na předplodině a počasí je v našich podmínkách možné vysévat pšenici již v září. S pozdějším termínem se zvyšuje doporučený výsevek z 2,5 až na 6,0 MKS/ha. (Zimolka et al., 2005).

Kvalitní přezimování porostů vyžaduje, aby rostliny během podzimu přijaly dostatek živin a vytvořily si energetické zásoby pro zimní období. Nejvýznamnějším opatřením je časný termín setí, který limituje délku podzimní vegetace a přispívá při vhodných povětrnostních podmínkách k vyšší tvorbě sušiny rostlin během podzimu, což podmiňuje i vyšší vitalitu a schopnost rostlin přečkat mrazy. Velmi rané výsevy jsou však zatížené riziky např. vyššího výskytu virových chorob (Hřivna, 2012).

Setí po agronomické lhůtě se projevuje negativně na výnosu, stejně jako se při příliš brzkém setí může snížit schopnost přezimování v důsledku přerůstání porostu. Ve vhodných podmínkách se zrna sejí na hloubku 3 mm a vynechává se kolejový řádek na vzdálenost záběru aplikační techniky pro ochranu a hnojení vzešlých rostlin (Zimolka et al., 2005).

2.2.2.4 Hnojení a výživa pšenice ozimé

Při pěstování pšenice pro velký výnos je lepší aplikovat vhodné množství dusíku ve správný čas, než jednorázově aplikovat zbytečně velkou dávku. Obecně pšenice potřebuje cca 2 – 3 kg dusíku na 100 litrů zrna, za ideálních podmínek může být toto množství až poloviční (MSU, 2014).

Ozimá pšenice je řazena mezi plodiny se střední potřebou živin. Na 1 tunu zrna včetně odpovídajícího množství biomasy spotřebuje dle tabulky 3:

Tabulka 3: *Průměrný odběr živin na tunu zrna PO (Ryant, 2004)*

prvek	N	P	K	Mg	S
hmotnost (kg)	25	5	20	2,4	4,3

Rozložení aplikace dusíku v průběhu vegetace a jeho množství souvisí s vlastnostmi zvolené odrůdy a jejím následným využitím. Při pěstování pečárenských odrůd by měl být respektován nejvýznamnější výnosotvorný prvek odrůdy. U pšenice s vysokou produktivností klasu je nezbytné soustředit vysokou dávku do produkčního hnojení. Pokud jsou pěstovány odrůdy specializované na hustotu porostu a počet odnoží, je vhodné aplikovat vyšší dávku dusíku při regeneračním hnojení. Kompenzační typy mívají kombinaci předchozích požadavků a k odrůdám pro pečivářské, škrobářské nebo lihovarnické použití je lepší dávku směřovat do 1. poloviny vegetace (Zimolka et al., 2005).

Vývoj jedince začíná při klíčení obilky, kdy se enzymaticky rozkládají složité látky obsažené v zrně na látky jednoduché. Látky obsažené v obilce jsou tedy významné před přechodem na půdní výživu. Do zimního období se podstatná část kořenů se nachází do hloubky 40 cm, proto je potřebná dostupnost živin půdě. Jejich nedostatek je příčinou slabého odnožování a může snížit počet rostlin, které přežijí zimu. Podíl odebraného dusíku na podzim nepřevyšuje 12 % z celkového odběru. Aplikace vysokých dávek dusíku před setím je tedy neekonomická, protože hrozí ztráty vyplavením, a bezohledná k životnímu prostředí (Ryant et al., 2004).

Potřeba dusíku během podzimu závisí zejména na předplodině a způsobu jejího zapravení a dodržení agrotechnických lhůt. Pokud pšenice v osevním postupu následuje leguminózu, nemusí být základní hnojení nezbytně nutné vzhledem k dostupnosti dusíku v půdě. V případě pozdějšího setí je vhodné dusík aplikovat pro podpoření růstu a zlepšení přezimovacích schopností (MSU, 2014).

Nárůst odběru dusíku nastává na jaře, kdy rostliny po zimě obnovují biomasu. S koncem odnožování rostliny přijmou v průměru asi 40 % N a intenzita čerpání roste až do konce kvetení, kdy odeberou dalších 30 %. V důsledku relokace dusíkatých látek z těla rostliny do tvořícího se zrna se po odkvětu požadavky rostlin na tuto živinu relativně snižují. Bezprostředně před sklizní je v zrně nahromaděno až 75 % dusíku, avšak využití dusíku na tvorbu zrna je v rostlinné produkci často limitováno nedostatkem ostatních živin (Ryant et al., 2004).

Aplikace dusíku na jaře by měla přijít krátce po přerušení zimní dormance ve fázi plného odnožování či prodlužování listových pochev, avšak musí být dokončena nejpozději při prvním hmatném kolénku. Při jednorázové aplikaci hnojiva je optimální fází přechod mezi odnožováním a sloupkováním (MSU, 2014).

Hnojení fosforem i draslíkem je podstatně méně komplikované než dusíkem, protože nehrozí poškození porostu. V důsledku nízké mobility fosfátů v půdním horizontu je zanedbatelné jejich vyplavování, přičemž pšenice čerpá fosfor v podstatě celou vegetaci s výrazným vrcholem od začátku metání až do konce zrání (až 50 % celkové spotřeby P). Hnojení draslíkem nabývá ještě vyššího významu v suchých oblastech a letech, neboť při nedostatku vláhy se zhoršují pro rostliny možnosti jeho příjmu z půdních zásob. Draslík je taktéž přijímán od počátku růstu, nejdynamičtěji během sloupkování až kvetení, ale při zrání obilek je již desorbován zpět do půdy. Při požadavku na vysoký výnos se dobře osvědčila foliální aplikace hořčíku. Stejnou technikou se hnojí i mikroprvky, u pšenice je nejvýznamnější měď, zinek a mangan (Fecenko, Ložek; 2000).

S ohledem na pokles emisí síry doporučuje Ryant et al. (2004) použít při předseťové přípravě půdy i hnojiva se sírou. V regionech s dlouhodobě nízkým sirným spadem a na půdách s minimálním obsahem síry rozpustné ve vodě se nejlépe projevuje pozitivní vliv hnojení sírou. Tabulka 4 popisuje výnos pšenice ozimé s deficiencí síry. SK sol (30% S) byl aplikován při prvním produkčním hnojení v dávce 12,5 kg síry na hektar.

Varianta	Výnos zrna t.ha ⁻¹	Pád č. (s)	SDS (Axford) (ml)	NL (%)	Lepek (%)	Obj.hm. (g/l)
kontrola	5,990	234	47,5	10,5	24,5	776
SK-sol	7,167	272	59,0	12,1	29,7	780

Tabulka 4 : *Kompenzace deficiencie síry (Ryant et al., 2004)*

2.2.2.5 Ochrana proti škodlivým organismům pšenice ozimé

Škodlivé organismy zapříčiňují snížení výnosu a kvality sklizené produkce. Zásadní předpoklad pro účinné ochranné zásahy proti významným patogenům je jejich identifikace, znalost biologie a způsobu šíření, a hospodářské škodlivosti. Informace ÚKZÚZ o aktuálním rozšíření škodlivých organismů, hustotě populace v dané plodině a riziku vzniku poruch, mohou pomoci farmářům při výběru a časování ochranných opatření (ÚKZÚZ, 2016).

2.3 Silážní kukuřice

Většina dnes pěstovaných hybridů kukuřice (*Zea mays*) vznikla z convar. *indurata*, syn. *vulgaris* a *indentata*, syn. *dentiformis*. Přechod mezi nimi tvoří varieta *semindentata*, syn. *aorista*. Všechny tyto formy nachází využití v klasické rostlinné produkci (zrno, siláž, dělená sklizeň), nejčastěji jsou pěstovány hybridní odrůdy typu *dentiformis* (Zimolka et al., 2008).

2.3.1 Silážní kukuřice v ČR

V roce 1990 při naplněných kapacitách chovu skotu, se na území našeho státu pěstovala kukuřice zhruba na 420 000 ha. Poté plocha kukuřice klesala, ale rozvojem bioplynu zase stoupá. V roce 2012 byla vyseta na 324 000 ha - asi 13% z celkové výměry orné půdy ČR, resp. 110 tisíc hektarů kukuřici na zrno a asi 40 tisíc hektarů byla kukuřice pro výrobu bioplynu, tedy necelých 20% z celkové plochy kukuřice k silážování (Honsová, 2013).

ročník	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Plocha sil. Kukuřice (ha)	179 663	181 939	197 579	214 876	218 786	235 531

Tabulka 5: *Nárůst ploch silážní kukuřice v ČR (ČSÚ 2015)*

2.3.2 Agrotechnická specifika silážní kukuřice

Kukuřice je velmi citlivá na agrotechnické zásahy, které limitují její vysoký výnosový potenciál. Její největší zvláštností, ve skupině obilovin, je rozdílná metabolická dráha fotosyntézy, tj. Hatch-Slackův cyklus. Díky vysoké účinnosti fotosyntézy a specifické stavbě listu dosahuje 2 – 3krát většího efektu při tvorbě sušiny. (Zimolka et al., 2008). Mladé porosty kukuřice jsou velmi odolné vůči suchu a suchem zdeformované listy se při dešti napnou. V našich podmínkách bývají spíše problémy ve fázi zrychleného růstu, kdy kukuřice silně metabolizuje a nároky na vodu strmě stoupají. Právě tehdy často bývá celkový výnos limitován úhrnem srážek (Fecenko, Ložek, 2000).

Přestože je kukuřice obilnina, svými požadavky na agrotechniku má charakter okopaniny, protože dobře snáší organická hnojiva. Na předplodinu není náročná, v osevním postupu může být zařazena i vícekrát za sebou, ale zvyšují se nároky na hnojení a agrotechniku. Silážní kukuřice se obvykle vyznačuje kratší vegetační dobou, takže může být následována v osevním postupu i ozimy (Zimolka et al., 2008).

Způsoby úpravy půdy jsou značně variabilní a metody se mohou lišit např. implementací minimalizačních technologií, nebo zjednodušením přípravy půdy po vhodné předplodině (Zimolka et al., 2008).

Termín setí by měl zohledňovat optimální období pro vegetaci kukuřice, záleží na odrůdě, lokalitě a účelu, ale všeobecně je možno označit rozmezí 15.4 – 15. 5. Hustota zakládaného porostu se odvíjí od stejných kritérií (Zimolka et al., 2008).

2.3.3 Specifika hnojení a přijímání živin silážní kukuřice

Kukuřice je typická nízkým odběrem v počátku vegetace živin. První měsíc svého růstu odčerpá z hektaru 3,3 – 5,6 kg N, avšak stejné množství dusíku přijme před mléčnou zralostí během jednoho dne. Před objevením laty je kukuřicí odčerpáno 75 % živin z celé vegetace. V těchto vývojových fázích má kukuřice vedle požadavků na dusík ještě větší nároky na draslík (Vaněk et al. 1998). Vrchol příjmu draslíku nastává ve fázi voskové zralosti, kdy je silážní kukuřice sklízena (RYANT et al., 2004).

Odběr fosforu lze u kukuřice téměř vyjádřit lehce stoupavou přímkou, ale existují dvě kritická období. První je na počátku růstu při tvorbě kořenového systému a druhé v době objevení se laty až květu. Při teplotách vzduchu pod 10 °C se nezřídka objevuje hyperchlorofylace rostlin, která je důsledkem omezeného příjmu fosforu a projevuje fialováním vegetativních orgánů. Pro předejití hyperchlorofylaci je vhodné hnojit fosforem „pod patu“. Druhé kritické období je kvetení. Pro kukuřici je přínosné do této doby přijmout dostatek fosforu, protože poté následuje jeho translokace do palic (RYANT et al., 2004). Fecenko a Ložek (2000) uvádí, že zde má fosfor pozitivní vliv na dozrávání zrna.

V řadě států EU se doporučuje hnojení kukuřice sírou, která je nezbytná pro tvorbu sirných aminokyselin. Při jejím nedostatku se zpomaluje Proteosyntéza a tím se i snižuje využití dusíku (RYANT et al., 2004).

Kukuřice je náročná na řadu mikrobiogenních prvků. Riziko jejich nedostatku se různí dle půdního druhu, typu a reakce půdy. Na půdách písčitých nebo alkalických hrozí více nedostatek železa, mědi, manganu, zinku a bóru. Na půdách kyselých je vyšší pravděpodobnost nedostatku manganu. Insuficience mikroprvků může být v kombinaci s povětrnostními podmínkami indukována i vysokými dávkami makroprvků. Mikroelementy se většinou doporučuje aplikovat foliálně (Zimolka et al., 2008).

Foliální aplikace zinku zvýšila výnos v průměru o 7 %, optimální koncentrace v rostlinách je mezi 30 – 70 mg na kilogram sušiny. Nedostatek bóru je registrován na půdách s vyšším pH než 6 a s vysokým obsahem uhličitanů. Kritická hladina obsahu v půdě po vyluhování zeminy se nachází v rozmezí 0,2 – 0,5 mg.kg⁻¹. Doporučená dávka pro aplikaci bóru činí 280 g.ha⁻¹. Při nedostatečné zásobě manganu a mědi je možné prvky dodat ve formě roztoků síranů. Železo často kukuřici chybí na karbonátových alkalických půdách. Jeho aplikaci je nutné 2 – 3 krát opakovat (Zimolka et al., 2008).

U kukuřice se odchylky od optimální koncentrace živin projevují vizuálními symptomy nedostatku a omezením růstu (RYANT et al., 2004).

Tabulka 6: *Spotřeba dusíku silážní kukuřice za vegetaci, dle výnosu (Fisher, 1993 cit. Ryant et al., 2004)*

výnos sušiny (t.ha ⁻¹)	odběr dusíku (kg.ha ⁻¹)
12	160
15	200
18	240
21	280

3 CÍL PRÁCE

Cílem této práce bylo v provozních podmínkách zemědělského podniku realizovat jednoletý pokus se stupňovanými dávkami digestátu za účelem zjistit, jak se tyto dávky projeví na výnosu biomasy kukuřice a výnosu i kvalitě zrna pšenice.

V práci byly vysloveny tyto hypotézy:

1. Aplikace digestátu se pozitivně projeví na výnosu a kvalitě zrna pšenice ozimé.
2. Aplikace digestátu se pozitivně projeví na výnosu sušiny silážní kukuřice.
3. Aplikace násobných dávek digestátu ovlivní výnos více než dávka základní.

4 MATERIÁL A METODIKA

4.1 Půdně klimatická charakteristika pokusné lokality

Obě parcely leží v bezprostřední blízkosti obce Nížkovice. Nachází se dle dat Českého hydrometeorologického ústavu v suché a teplé oblasti s průměrnými ročními srážkami kolem 500 mm a průměrnou teplotou 8 – 9 °C. (ČHMÚ, 2016a).

Obec Nížkovice je vzdušnou čarou vzdálena od letiště Brno – Tuřany asi 16 km. Data brněnské meteorologické stanice byla použita k hodnocení. Oproti průměru let 1961–1990, byl podzim 2014 nadprůměrně teplý, obzvlášť říjen a listopad, úhrn srážek dvojnásobně překonal průměr za srpen a trojnásobně za září, v dalších měsících se pohyboval okolo dlouhodobého průměru. Leden roku 2015 byl z hlediska teplot nadprůměrný a vyznačoval se v podstatě absencí mrazů. Vývoj teplot v dalších měsících až do června odpovídal průměru. Od června se teploty neustále zvyšovaly a červenec překročil dlouhodobý průměr o více než 5 °C, srpen byl také teplejší, avšak nikoli tak extrémně (ČHMÚ, 2016b).

Srážkový deficit se v ČR v roce 2015 začal projevovat už od února a hluboce podprůměrné srážky jarních měsíců tento vývoj podpořily. Průměrný kumulovaný srážkový úhrn se během června pohyboval v deficitu kolem 25 %. V polovině srpna dosáhl již 150 mm (ČHMÚ, 2015).

4.2 Obsah živin v digestátu a jeho aplikace v pokusech

Před aplikací digestátu je nezbytné nechat provést jeho rozbor ať už z hlediska legislativního (Vyhláška č. 377/2013 Sb., § 7 (5)), či agronomického, pro racionální dávku živin.

Tabulka 7: Analýza digestátu na obsah živin (Agrolab, 2015)

Složka	g.kg ⁻¹
Sušina	85,9
P	0,89
K	2,74
N	0,60

V podniku Agria, a.s. je zavedena základní dávka digestátu na 23 t.ha⁻¹, z této dávky se vycházelo a byla stupňována na dvoj- a trojnásobek. V tabulce 7 je uvedeno množství takto dodaných živin.

Tabulka 8: *Dávky živin v digestátu v kilogramech na hektar*

	23 t.ha ⁻¹	46 t.ha ⁻¹	69 t.ha ⁻¹
P	204,7	409,4	614,1
K	630,2	1260,4	1890,6
N	138	276	414

4.3 Realizace pokusu s pšenicí ozimou

Pro pokus byl zvolen půdní blok 6206/13 R o výměře 16,37 ha. Pozemek leží v průměrné nadmořské výšce 318,13 m a průměrná sklonitost je 4,62 °. 1,89 ha je mírně ohroženo erozí LPIS (2016). Půda je středně těžká, černozemního typu.

Půdní blok byl v rámci agrochemického zkoušení zemědělských půd testován roku 2012. Zprůměrováním hodnot z odběrných bodů vychází pH 7,2 a obsah vápníku 5475 mg.kg⁻¹, hořčíku 318 mg.kg⁻¹, fosforu 36 mg.kg⁻¹ a draslíku 188 mg.kg⁻¹. Dle Škarpy (2010) byla tedy půdní zásoba vápníku velmi vysoká, hořčíku vysoká, fosforu nízká a draslíku dobrá.

Předpokládaný výnos byl asi 8 t.ha⁻¹ zrna.

Tabulka 9: *Výsledky AZZP pozemku s pšenicí (LPIS, 2016)*

Odběrný bod	pH	Ca	Mg	P	K
1	7,5	7380	257	28	155
2	6,9	3570	378	44	221
Průměr	7,2	5475	318	36	188

4.3.1 Agrotechnika pokusu s pšenicí ozimou

Předplodinou byl ječmen jarní. Na posklizňové zbytky včetně slámy bylo aplikováno 50 kg NP sol 8 – 24, následovalo zapravení podmítačem.

Zvolenou odrůdou byl Patras. Jeho přednostmi jsou vhodnost pěstování po obilnině, vysoká pekařská kvalita, dobrá přezimovací schopnost, stabilita výnosu, HTZ > 50g (Saaten Union, 2016).

6. 10. 2014 byla pšenice zasetá do řádků radličkovým secím strojem Horsch Pronto 6 DC, výsevkem 224 kg.ha⁻¹ a hnojením pod patu 100 kg Polidap (18 N, 46 P₂O₅).

Porost přezimoval bez problémů, regenerační hnojení bylo realizováno 6. 4. 2015, na počátku sloupkování porostu 120 kg močoviny rozmetadlem Rauch ALPHA 1101. Hnojení digestátem proběhlo během hlavního sloupkování a bylo provedeno traktorem poháněným fekálním vozem Joskin 22/45 s 18 m širokým hadicovým aplikátorem.

Na obrázku níže je schematicky znázorněno rozložení pokusu na parcele. Barevný pruh značí pás přihnojený digestátem o šířce záběru aplikátoru, tedy 18 m. Mezi každým pásem je 18 m bez digestátu. Bílý pás značí kontrolu, která byla pro shodnost měření přejetá, ale nehnojena. Zelený pás značí dávku 23, žlutý 46, a modrý 69 t.ha⁻¹. Pásky byly po aplikaci označeny kolíky s popisem varianty pro lepší orientaci při sklizení zrna.



Obrázek 2: Schematický obrázek pokusu s pšenicí (LPIS, 2016; upraveno)

Na pšenici byly dle doporučení a stavu porostu aplikovány i ochranné přípravky, jejichž seznam je uveden v tabulce 8.

Tabulka 10: Seznam ochranných prostředků a dávkování na pokus s pšenicí

přípravek	Mustang forte	Stabilan	N - fenol	Fury	optimus
dávka (l.ha ⁻¹)	1	1,5	0,2	0,1	0,4
přípravek	Amistar Xtra	Zamir + Velocity		Fortestim alfa	
dávka (l.ha ⁻¹)	0,75	1,2	0,25	7	

Zrno bylo sklizeno 24. 7. 2015 sklízecí mlátičkou Massey Ferguson CEREAL se šířkou lišty 6,75 m. Obsluha se při sklizení okrajem lišty držela kraje kolejového řádku, aby se zamezilo zkreslení výsledků. Po sklizení 0,55 ha (počítadlo měřilo na setiny

hektaru), vyprázdnila zásobník do valníku taženého traktorem. Naložené zrno bylo odvezeno a zváženo na nájezdové váze s přesností na desetinu tuny. Dále byl do polyethylenového sáčku odebrán vzorek a obsah valníku vysypán na rošt posklizňové linky. Takto se postupovalo celkem třikrát.

Vzorky byly zaslány do podniku Agrovýkup, a. s. Moravské Budějovice, kde prošly kontrolou jakosti potravinářské pšenice.

4.4 Realizace pokusu s kukuřicí

Pro pokus byl zvolen půdní blok 8104 R o výměře 38,94 ha. Pozemek se nachází v průměrné nadmořské výšce 262,30 m a průměrná sklonitost je 4,24 °. 1,09 ha je mírně ohroženo erozí LPIS (2016). Půda je středně těžká, typ černozem.

Půdní blok byl v rámci agrochemického zkoušení zemědělských půd testován roku 2012. Zprůměrováním hodnot z odběrných bodů, vychází půdní reakce mírně alkalicky a obsah vápníku 7160 mg.kg⁻¹, hořčíku 259 mg.kg⁻¹, fosforu 74 mg.kg⁻¹ a draslíku 181 mg.kg⁻¹. V roce 2012 byla půdní zásoba vápníku velmi vysoká, hořčíku dobrá, fosforu vyhovující a draslíku dobrá (Škarpa 2010).

Předpokládaný výnos byl 55 t.ha⁻¹ čerstvé hmoty o sušině cca 30%.

Tabulka 11: Výsledky AZZP pozemku pro silážní kukuřici (LPIS, 2016)

Číslo měření	pH	Ca	Mg	P	K
1.	7,4	7150	241	77	192
2.	7,4	7680	240	98	185
3.	7,4	7630	269	56	169
4.	7,4	6180	284	63	177
Průměr	7,4	7160	259	74	181

4.4.1 Agrotechnika pokusu s kukuřicí

Předplodinou byla pšenice ozimá, posklizňové zbytky včetně slámy byly zapraveny podmítačem, později proběhla orba.

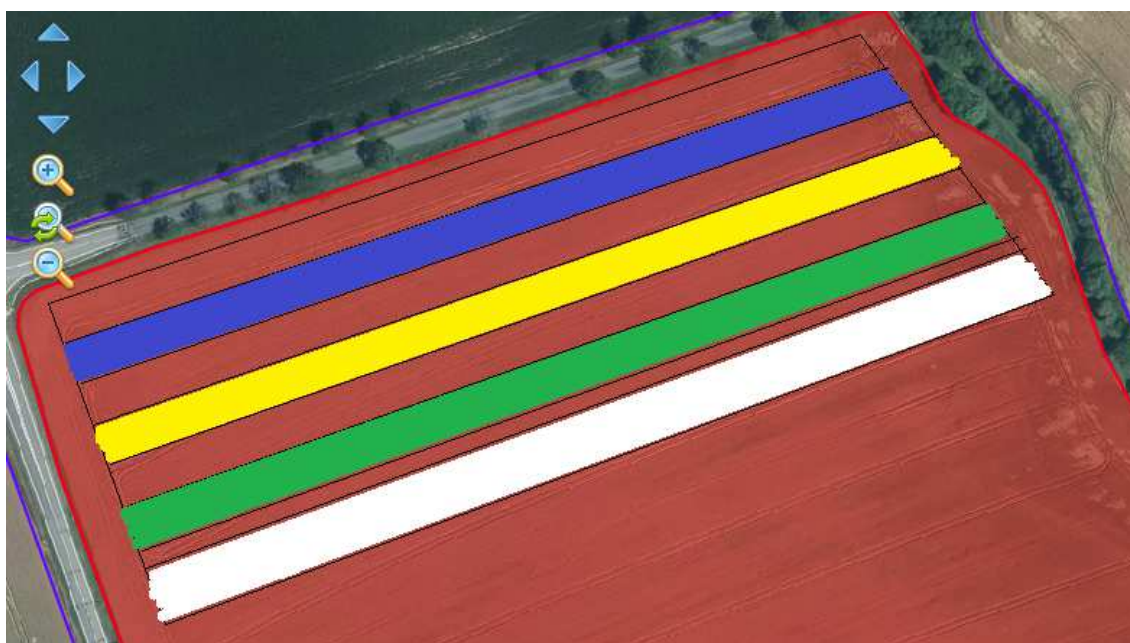
Za odrůdu byla zvolena SY Kardona. Důležitou vlastností této odrůdy je stay-green efekt, dobrá tolerance vůči chorobám, flexibilita pro sklizeň na siláž, zvýšený obsah škrobu a vhodnost k pěstování na bioplyn. Jedná se o dvouliniový hybrid s tvrdým typem zrna až mezitypem. Výrobce doporučený výsevek na hektar je 85 – 90 tisíc rostlin, FAO na siláž má hodnotu 260 (Syngenta, 2016).

9. 4. 2015 byl aplikován digestát na pozemek dle obrázku 3, fekálním vozem Joskin 22/45 s 18 m širokým hadicovým aplikátorem. Následně se připravila půda kombinátorem (Farmet Kompaktomat P, záběr 8 m), čímž bylo 200 kg močoviny, 136 kg Amofosu na hektar a v případě vytyčené parcely i digestát, zapraveny do půdy.

11. 4. 2015 byla kukuřice zaseta osmiřádkovým secím strojem Monosem DC, výsevkem cca 90 000 zrn/ha.

Agrotechnická opatření během vegetace uzavřel postřik herbicidem Adengo v dávce 0,44 l/ha.

Na obrázku 4 je schematicky znázorněno rozložení pokusu na parcele. Barevný pruh značí pás přihnojený digestátem o šířce záběru aplikátoru, tedy 18m. Mezi každým pásem je 18m bez digestátu. Bílý pás značí kontrolu, zelený pás značí dávku 23, žlutý 46, a modrý 69 t.ha⁻¹.



Obrázek 3: Schematický obrázek pokusu s kukuřicí (LPIS, 2016; upraveno)

Sklizeň řezanky se uskutečnila 25. 8. 2015 sklízecí řezačkou Claas Jaguar 850 se záběrem 6 m (8 řádků). Obsluha řezačky po sklizení souvratí zpracovala osmiřadí hraničního pásu, aby při nedostupnosti dvou vozidel určených k vážení řezanky z pokusů, mohla sklízet dále. Hmoty z každého měření byla převezena dvěma určenými stroji a zvážena na nájezdové váze s přesností na desetinu tuny. Dále byl odebrán vzorek a doručen do laboratoře MT Energy, s. r. o. Zvážený materiál byl vysypán do silážního žlabu. Hmotnost nákladu vozidel se sečetla a podělila plochou pásu měřenou palubním počítačem řezačky.

4.5 Použití statistických metod

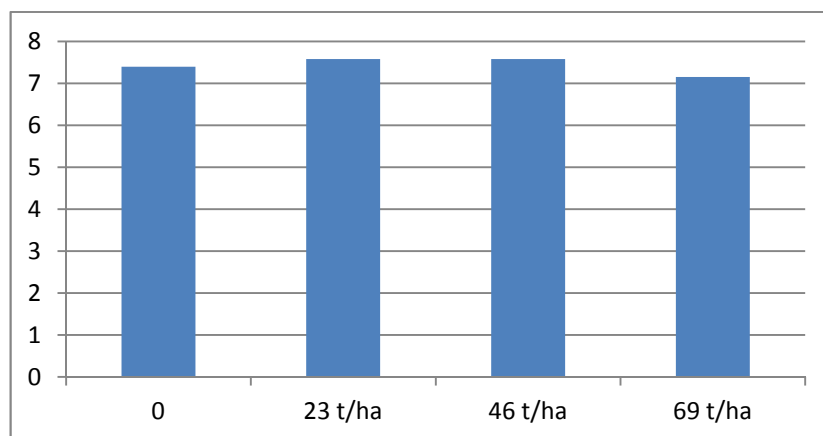
Naměřené výsledky výnosu byly analyzovány jednofaktorem analýzou variace v programu Microsoft Excel 2010 s instalovaným statistickým rozšířením. Další testování bylo provedeno Tukeyovým HSD testem významnosti rozdílů v programu STATISTICA version 12.

5 VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ A DISKUZE

5.1 Vyhodnocení výsledků pšenice ozimé

Tabulka 12: *Statistické porovnání hodnot metodou ANOVA u OP*

Zdroj variability	SČ výnos	Stupně volnosti	MS	F	P	F krit
Vliv dávek digestátu	11	3	3,67	1,57	0,27	4,07
Chyba měření	18,67	8	2,33			
Celkem	29,67	11				



Obrázek 4: *Graf průměrného výnosu zrna pšenice dle varianty (t.ha⁻¹)*

Hodnota F je menší než F kritická. Výsledek lze interpretovat tak, že hnojení digestátem nemělo na výnos pšenice ozimé prokazatelný vliv.

Tabulka 13: *Jakost potravinářské pšenice v závislosti na hnojení digestátem.*

	kontrola	23 t.ha ⁻¹	46 t.ha ⁻¹	69 t.ha ⁻¹
vlhkost (%)	13,5	12,8	13,3	10,6
objemová hmotnost (kg.m ⁻³)	782	781	789	797
N-látky (%)	13,7	13,5	14,4	14,6
Zeleného test (ml)	47	47	52	54
číslo poklesu (s)	490	480	372	456

K provedení statistického vyhodnocení nebylo dostatečné množství dat.

Cigánek (2011) ve své práci uvádí vliv digestátu na výnos pšenice ozimé v maloparcelkovém pokusu jako velmi vysoce průkazný a to o 63,9 % (digestát I), 30 % (digestát II) a průkazně vyšší koncentraci dusíku v znu ve variantě digestát I. Výsledky ovšem nejsou úplně srovnatelné, neboť v pokusu popsaném v této práci slouží digestát jen jako jeden z mnoha zdrojů živin, kterých nejspíš rostliny měly dostatek i v kontrolní variantě.

5.2 Vyhodnocení výsledků kukuřice

Tabulka 14: *Statistické porovnání hodnot metodou ANOVA u kukuřice*

<i>Zdroj variability</i>	<i>SČ výnos</i>	<i>Stupně volnosti</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>F krit</i>
Vliv dávek digestátu	1675,9	3	558,6	9,54	0,0051	4,07
Chyba měření	468,5	8	58,6			
Celkem	2144,4	11				

V hodnocení obsahu sušiny nebyl mezi variantami rozdíl. Stejným postupem jako u ozimé pšenice byl vyhodnocen pokus na silážní kukuřici, kde byla hodnota *F* větší než *F* kritická a hladina pravděpodobnosti *P* 0,0051. Aplikace digestátu měla tedy s vysokou průkazností statisticky významný vliv na výnos silážní kukuřice. Získaná data mělo smysl dále testovat.

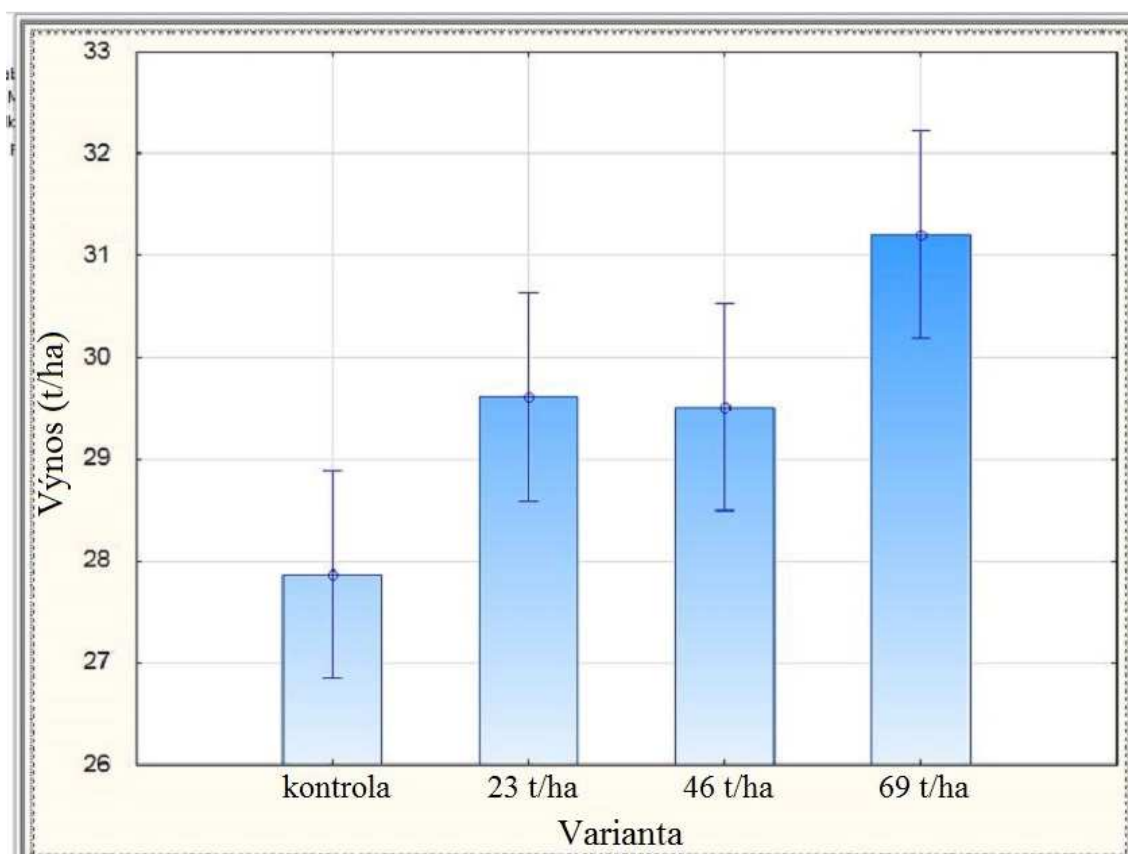
Tabulka 15: *Výnosy kukuřice, Tuckeyův test, písmeně jsou označeny signifikantní difference mezi variantami ($\alpha = 0,05$)*

Faktor	úroveň faktoru	N	průměr ± sm. odchylka	statistická průkaznost rozdílů	Výnos/ výnos kontrola	Výnos/ výnos dávka 46 t.ha ⁻¹
varianta hnojení	kontrola	3	27,9 ± 0,4	a	100%	94,4%
	dávka 23t.ha ⁻¹	3	29,6 ± 0,3	bc	106,3%	100,4%
	dávka 46t.ha ⁻¹	3	29,5 ± 1,2	ac	105,9%	100,0%
	dávka 69t.ha ⁻¹	3	31,2 ± 0,8	b	112,0%	105,8%

Obsah sušiny byl ve všech variantách stejný, tj. 32 %. Ve srovnání s kontrolou bez digestátu je výnos z dávky digestátu 23 t.ha⁻¹ statisticky průkazně vyšší a výnos z dávky digestátu 69 t.ha⁻¹ vysoce průkazně vyšší. Prokazatelný rozdíl je dále mezi variantou 69 t.ha⁻¹ a 46 t.ha⁻¹. Výsledky ilustruje graf na obrázku 5.

V nádobovém pokusu Cigánek (2011) prokázal vliv digestátu na výnos hybridní silážní kukuřice, podobně jako u pšenice 40,6 % (digestát I), + 31,2 % (digestát II). Goncalves (2012) popisuje více než dvojnásobný výnos sušiny kukuřice hnojené digestátem oproti nehnojené. Metodika nádobových pokusů je výrazně odlišná od pokusů popisovaných v této práci. Zásadním rozdílem je možnost rostlin čerpat i živiny, které v půdě zůstaly před založením pokusu. Aplikace živin neobsažených v digestátu je popsána v metodice.

Předpokládaný výnos a tomu přizpůsobené hnojení byly větší než reálné výsledky. Na výnosech kukuřice se negativně projevilo sucho, rostliny byly pravděpodobně stresovány nedostatkem vláhy a nemohly naplnit svůj biologický potenciál a optimálně využít v půdě dostupné živiny. Vzhledem ke změnám klimatu je možné pro praxi doporučit zabývat se možnostmi závlahy pro předpokládaný vysoký výnos kukuřice.



Obrázek 5: Grafické znázornění Tukeyova testování výnosů kukuřice

6 ZÁVĚR

Po zpracování výsledků jednoletého polního pokusu v provozních podmínkách byly vyvozeny tyto závěry:

- Digestátem přihnojená pšenice ozimá nevyprodukovala vyšší výnos než kontrolní varianta, na kterou se digestát neaplikoval.
- U zrna z parcel, na které byl digestát aplikován, nebyla prokázána lepší mlynářská a pekařská jakost než u zrna z kontrolní varianty.
- Výnos kukuřičné hmoty z dávky digestátu $23 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ byl ve srovnání s kontrolou bez digestátu průkazně vyšší o 6,3 % a výnos z dávky digestátu $69 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ vysoce průkazně vyšší o 12 %.
- Průkazný rozdíl je mezi variantami $69 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ a $46 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Výnos více hnojené varianty byl o 5,8 % vyšší.

LITERATURA

BIRKMOSE, T. S. *Proceedings 656*. Nitrogen recovery from organic manures: improved slurry application techniques and treatment - the Danish Scenario. 2009. York: International Fertiliser Society. 24 s.

CIGÁNEK, K. *Ověření účinnosti odlišných digestátů v různých systémech organického hnojení*. Disertační práce. Brno: MENDELU Brno, 2011. 108 s.

CZ Biom. *Nakládání s digestátem, možnost využití jako kvalitní hnojivo*. Biom.cz [online]. 2014-04-23 [cit. 2016-04-18]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/nakladani-s-digestatem-moznost-vyuziti-jako-kvalitni-hnojivo>>. ISSN: 1801-2655.

ČESKÁ BIOPLYNOVÁ ASOCIACE. [online] 2015. [cit. 2016-04-23]. Dostupné z WWW: <<http://www.czba.cz/>>.

ČESKÝ HYDROMETEROLOGICKÝ ÚŘAD. *Mapy charakteristik*. [online]. [cit. 2016-04-16a]. Dostupné z WWW: <<http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mapy-charakteristik-klimatu#>>.

ČESKÝ HYDROMETEROLOGICKÝ ÚŘAD. *Měsíční data*. Brno – Tuřany. [online]. [cit. 2016-04-16b]. Dostupné z WWW: <<http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mesicni-data#>>.

ČESKÝ HYDROMETEROLOGICKÝ ÚŘAD. *Vyhodnocení sucha na území České republiky v roce 2015*. Shrnutí. [online]. 06-10-2015 [cit. 2016-04-16]. Dostupné z WWW: <http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/SUCHO/zpravy/Sucho_2015-predbezna_zprava_CHMU.pdf>.

ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. *Odhady sklizně zemědělských plodin k 15. 8. 2015*. [online] 2015. [cit. 2016-03-22]. Dostupné z WWW: <<https://www.czso.cz/csu/xh/odhady-sklizni-k-15-8-2015>>.

ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. *Osevní plochy zemědělských plodin (k 31.5.)*. [online] 2015. [cit. 2016-03-22]. Dostupné z WWW:

<https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/index.jsf?page=vystup-objekt&sp=N&nahled=N&filtr=G~F_M~F_Z~F_R~F_P~_S~_null_null_&verze=-1&z=T&f=TABULKA&katalog=30840&zo=N&pvo=ZEM02&c=v3~8__RP2014&u=v46__VUZEMI__97__19#w=>>.

ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. *Zemědělství - časové řady*. [online] 2015. [cit. 2016-03-22]. Dostupné z WWW: <https://www.czso.cz/csu/czso/zem_cr>.

DOHÁNYOS, M. *Anaerobní reaktor není černou skřínkou - teoretické základy anaerobní fermentace*. Biom.cz [online] 2008. [cit. 2016-03-11]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/anaerobni-reaktor-neni-cernou-skrinkou-teoreticke-zaklady-anaerobni-fermentace>>

FECENKO, J., LOŽEK, O. *Výživa a hnojení pol'ných plodín*. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 2000. 442 s. ISBN 80-7137-777-5.

GONCALVES, T. V. F. *Využití digestátu z bioplynové stanice ke hnojení kukuřice seté*. Diplomová práce. Brno: MENDELU Brno, 2012. 44 s.

HONSOVÁ, H. *Pěstování kukuřice na výrobu bioplynu*. Biom.cz [online]. 2013-09-16 [cit. 2016-04-17]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/pestovani-kukurice-na-vyrobu-bioplynu>>. ISSN: 1801-2655.

HŘIVNA, L. *Výživa a hnojení porostů pšenice ozimé a kvalita produkce* ŠLECHTITELSKÉ LISTY [online]. 2012. [cit. 2016-04-02]. Dostupné z WWW: <http://www.druvod.cz/files/aktuality/vyziva_a_hnojeni_porostu_psenice_ozime_a_kvalita_produkce.pdf>.

HŮLA, J., PROCHÁZKOVÁ, B. *Minimalizace zpracování půdy*. 1. vyd. Praha: Profi Press, 2008. ISBN 978-80-86726-28-1.

KOUTNÝ, R. *Termické využití separátu po anaerobní fermentaci biologicky rozložitelných odpadů*. Biom.cz [online]. 2010-01-25 [cit. 2016-04-18]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/termicke-vyuziti-separatu-po-anaerobni-fermentaci-biologicky-rozlozitelnych-odpadu>>. ISSN: 1801-2655.

KUPPER, T., RAHEL, C., BRÄNDLI, R. C., BUCHELI, T. D., STÄMPFLI, C., ZENNEGG, M., BERGER, U., EDDER, P., POHL, M., NIANG, F., IOZZA, S., MÜLLER, J., SCHAFFNER, CH., SCHMID, P., HUBER, S., ORTELLI, D., BECKER-VAN SLOOTEN, K., MAYER, J., BACHMANN, H.-J., FRANZ, X., STADELMANN, F. X., TARRADELLAS, J., 2008: Organic pollutants in com-post and digestate: occurrence, fate and impacts. *Proceedings of the international congress CODIS 2008*. Solothurn, Switzerland, 310 s.

MÖLLER, K., 2009: Influence of different manuring systems with and without biogas digestion on soil organic matter and nitrogen inputs, flows and budgets in organic cropping systems. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 84 (2): 179–202.

MOUAT, A., BARCLAY, A., MISTRY, P., WEBB, J., 2010: *Digestate market development in Scotland*. Zero Waste Scotland, 52 s.

MISSISSIPPI STATE UNIVERSITY. *Wheat Production in Mississippi*. Nitrogen recommendations for wheat. [online]. 2014-08-21. [cit. 2016-04-14]. Dostupné z WWW: <http://msucares.com/crops/wheat/faq6_nitrogen.html>.

NIJAGUNA, B. T. *Biogas technology*. New Delhi. New Age International (P) Ltd., Publishers. 2006. ISBN:81-224-1380-3

POFFET, G., 2008: *The Swiss environmental policy and the use of biomass*. Proceedings of the international congress CODIS 2008. Solothurn, Switzerland, 310 s.

PORTÁL FARMÁŘE. *Registr půdy LPIS* [online] 2016. [cit. 2016-03-11]. Dostupné z WWW: <<https://eagri.cz/ssl/app/lpisext/lpis/ng/mapa/>>.

RYANT, P., RICHTER, R., HLUŠEK, J., FRYŠČÁKOVÁ, E., PŘÍKOPA, M., ŠKARPA, P., BURIANOVÁ, L. *Multimediální učební texty z výživy rostlin*. [online]. 2003. [cit. 2016-04-06]. Dostupné z WWW: <http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin>.

RYANT, P., RICHTER, R., POULÍK, Z., HŘIVNA, L., FRYŠČÁKOVÁ, E., BURIANOVÁ, L. *Multimediální učební texty z výživy a hnojení polních plodin*. [online]. 2004. [cit. 2016-04-06]. Dostupné z WWW: <http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/hnojeni_plodin>.

SAATEN UNION. *Přehled odrůd. Ozimá pšenice. Patras*. [online]. [cit. 2016-04-15]. Dostupné z WWW: <<http://www.saaten-union.cz/index.cfm/action/varieties/cul/48/v/1197.html>>.

SLEJŠKA, A., VÁŇA J. *Anaerobní digesce, fermentace, stabilizace, vyhánění či zkvašování?* Biom.cz [online] 2002. [cit. 2016-03-21]. z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/anaerobni-digesce-fermentace-stabilizace-vyhnavani-ci-zkvasovani>>.

SYNGENTA. *Průvodce produkty. Osiva*. [online]. [cit. 2016-04-15]. Dostupné z WWW: <<http://www3.syngenta.com/country/cz/cz/syngenta/pruvodce-produkty/osiva/kukurice/Pages/sy-kardona.aspx>>.

ŠKARPA, P. *Multimediální učební texty – Laboratorní výuka z výživy rostlin. Stanovení přístupných živin v půdě* [online]. 2010. [cit. 2016-04-15]. Dostupné z WWW: <http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/laborator/index.php?N=1&I=3&J=9&K=0>

TAMBONE, F., GENEVINI, P., D'IMPORZANO, G., ADANI, F., 2009: Assessing amendment properties of digestate by studying the organic matter composition and the degree of biological stability during the anaerobic digestion of the organic fraction of MSW. *Bioresource Technology*, 100 (12): 3140–3142.

ÚKZÚZ. *Škodlivé organismy a poruchy rostlin* [online]. [cit. 2016-04-06]. Dostupné z WWW: <<http://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal/skodlive-organismy/>>.

VANĚK, V. *Výživa a hnojení polních plodin, ovoce a zeleniny*. 1.vyd. Praha: Farmář - Zemědělské listy, 1998. ISBN 80-902413-1-X

Vyhláška č. 131/2014 Sb., kterou se mění vyhláška Ministerstva zemědělství č. 474/2000 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva, ve znění pozdějších předpisů.

Vyhláška č. 377/2013 Sb., o skladování a způsobu používání hnojiv.

ZIMOLKA, J., BALOUNOVÁ, M., CERKAL, R., ČERVINKA, J., DOLEŽAL, P., DVOŘÁK, J., FAJMAN, M., HRSTKOVÁ, P., JÁNSKÝ, J., KŘEN, J., PALÍK, S., POLÁČKOVÁ, J., POLEŠENSKÁ, I., POVOLNÝ, M., PROCHÁZKOVÁ, B., PROKOP, M., RICHTER, R., ŘÍHA, K., SMUTNÝ, V., TICHÝ, F. 2008. *Kukuřice – hlavní a alternativní užitkové směry*. Praha: Profi Press, s. r. o., 2008. 200 s. ISBN 978-80-86726-31-1

ZIMOLKA, J., HŘIVNA, L., JÁNSKÝ, J., MAREČEK, J., RICHTER, R.: *Pšenice – pěstování hodnocení a využití zrna*. 1. vyd. Praha: Profi Press s. r. o., 2005, 180 s. ISBN 80-86726-09-6

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: <i>Joskin 22/45 s 18m širokým hadicovým aplikátorem (Foto: Pásek)</i>	12
Obrázek 2: <i>Schematický obrázek pokusu s pšenicí (LPIS, 2016; upraveno)</i>	24
Obrázek 3: <i>Schematický obrázek pokusu s kukuřicí (LPIS, 2016; upraveno)</i>	26
Obrázek 4: <i>Graf průměrného výnosu zrna pšenice dle varianty ($t \cdot ha^{-1}$)</i>	28
Obrázek 5: <i>Grafické znázornění Tukeyova testování výnosů kukuřice</i>	30

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: <i>Limitní hodnoty pro registraci hnojiva (CZ Biom, 2014)</i>	11
Tabulka 2: <i>Pěstování pšenice v ČR (ČSÚ, 2015)</i>	13
Tabulka 3: <i>Průměrný odběr živin na tunu zrna PO (Ryant, 2004)</i>	15
Tabulka 4 : <i>Kompenzace deficiencie síry (Ryant et al., 2004)</i>	17
Tabulka 5: <i>Nárůst ploch silážní kukuřice v ČR (ČSÚ 2015)</i>	18
Tabulka 6: <i>Spotřeba dusíku silážní kukuřice za vegetaci, dle výnosu (Fisher, 1993 cit. Ryant et al., 2004)</i>	20
Tabulka 7: <i>Analýza digestátu na obsah živin (Agrolab, 2015)</i>	22
Tabulka 8: <i>Dávky živin v digestátu v kilogramech na hektar</i>	23
Tabulka 9: <i>Výsledky AZZP pozemku s pšenicí (LPIS, 2016)</i>	23
Tabulka 10: <i>Seznam ochranných prostředků a dávkování na pokus s pšenicí</i>	24
Tabulka 11: <i>Výsledky AZZP pozemku pro silážní kukuřici (LPIS, 2016)</i>	25
Tabulka 12: <i>Statistické porovnání hodnot metodou ANOVA u OP</i>	28
Tabulka 13: <i>Jakost potravinářské pšenice v závislosti na hnojení digestátem</i>	28
Tabulka 14: <i>Statistické porovnání hodnot metodou ANOVA u kukuřice</i>	29
Tabulka 15: <i>Výnosy kukuřice, Tuckeyův test, písmeně jsou označeny signifikantní difference mezi variantami ($\alpha = 0,05$)</i>	29