

Č.j.: UKZUZ 140844/2018

Česká republika - Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský
organizační složka státu, se sídlem v Brně
Sekce zemědělských vstupů



Porovnání různých systémů hnojení v podmínkách ekologického zemědělství

Výroční zpráva ze stacionární polní zkoušky za rok 2016

Zpracoval: Ing. Anna Hammerová
Ing. Milan Gruber

Schválil: Ing. Martin Prudil, Ph.D.

Předkládá: Ing. Miroslav Florián, Ph.D.
ředitel Sekce zemědělských vstupů

Obsah

1. ÚVOD	3
2. MATERIÁL A METODY	4
2.1. Druh polního pokusu	4
2.2. Zkoušená plodina.....	4
2.3. Kombinace hnojení.....	4
2.4. Dávky živin	5
2.5. Harmonogram prací ve vegetačním roce 2015/2016.....	5
2.6. Odběry vzorků půdy	6
2.7. Odběry vzorků rostlin (technologické rozборы)	6
2.8. Odběr vzorků hnojiv	6
2.9. Hodnocení vlivu počasí	6
2.10. Vegetační pozorování a sklizeň.....	8
3. VÝSLEDKY	10
3.1. Hodnocení dosažených výnosů	10
3.2. Hodnocení jakostně-technologických vlastností.....	10
3.3. Velikostní rozdělení hlíz	11
3.4. Hodnocení základních agrochemických vlastností půdy	12
3.5. Vyhodnocení obsahu minerálního dusíku	14
3.6. Bilance živin.....	17
3.7. Vyplavování živin	19
3.7.1. Charakteristika zkušební stanice v Lípě	20
3.7.2. Klimatická charakteristika, srážky.....	20
3.7.3. Živiny a průvodní látky ve srážkové vodě.....	20
3.7.4. Odběr dusíku sklizenými rostlinami.....	20
3.7.5. Dynamika minerálního dusíku v půdě.....	21
3.7.6. Rozšířená bilance dusíku na ZS LIP.....	21
4. ZÁVĚR	23

Seznam použitých zkratk:

SZV – Sekce zemědělských vstupů

EZ – ekologické zemědělství

ZS – zkušební stanice

ZH – zelené hnojení

LOS – luskovinoobilní směska

K – kombinace

H – horizont

VDJ – velká dobytčí jednotka

AZZP – agrochemické zkoušení zemědělských půd

CAS – Čáslav

HOR – Horažďovice

JAR – Jaroměřice nad Rokytnou

LIP – Lípa

VER – Věrovany

OH – organická hmota

ŘVO – řepařská výrobní oblast

BVO – bramborářská výrobní oblast

OVO – obilnářská výrobní oblast

sv – v suchém vzorku

pv – v původním vzorku

s – v sušině

1. ÚVOD

Souhrn zaměření pokusu:

Sledování vlivu systému hospodaření s chovem a bez chovu hospodářských zvířat a aplikace vnějších vstupů na výkonnost a zdravotní stav plodin, jakost produktů, půdní vlastnosti, edafon, výskyt škodlivých činitelů a bilanci živin.

Ekologický pokus představuje dlouhodobou polní zkoušku, která si klade za cíl odpovědět na otázku, zda jsou zásoby živin v půdě a živiny z obnovitelných zdrojů dostačující pro dosažení úrodnosti půdy na úrovni udržitelné spotřeby příštích generací při nevyhnutelném omezení přístupu k neobnovitelným zdrojům nebo jejich vyčerpání.

Podle stávajících výsledků výzkumu i praxe ekologického zemědělství je problém bilance dusíku dobře řešitelný (symbiotická a nesymbiotická fixace dusíku, zvýšení obsahu a kvality organické půdní hmoty, zvýšení biodiverzity, zvýšení abundance druhů a hmotnosti biomasy edafonu, zlepšení péče o statková hnojiva a techniky hnojení).

Ostatní živiny jsou primárně získávány z neobnovitelných zdrojů, jejichž těžitelné zásoby jsou konečné. Z tohoto pohledu je nejproblematictější fosfor. Podle současných znalostí je reálný odhad, že dostupné zásoby fosforu budou při stávající spotřebě vyčerpány konvenčním zemědělstvím okolo roku 2100, při pesimistickém odhadu okolo roku 2060 a při optimistickém odhadu (který počítá i s dosud neobjevenými ložisky), okolo roku 2300. Fosfor se tak stane faktorem limitujícím výši výnosů plodin.

Problém konečnosti primárních zdrojů živin (aktuálně fosforu) se týká také (hlavně) konvenčního zemědělství, a to i když se vezme v úvahu budoucí technologický pokrok v konvenčním systému hospodaření. Konvenční zemědělství je v současném pojetí obtížně udržitelné a nutně bude stále více využívat postupů ekologického a integrovaného zemědělství. Proto budou poznatky z takto nově koncipovaného dlouhodobého pokusu obecně využitelné i pro potřeby dalšího směřování zemědělských systémů v ČR.

Pokus byl založen na podzim roku 2014 výsevem ozimé pšenice po odplevelovacím období, kdy během vegetace byl na pozemcích veden úhor. Pokus se nachází na pěti zkušebních stanicích v různých částech ČR – Čáslav (CAS), Horažďovice (HOR), Jaroměřice nad Rokytnou (JAR), Lípa (LIP) a Věrovany (VER). Pokusné plochy na jednotlivých stanicích byly přihlášeny oficiálně do režimu kontrolovaného ekologického zemědělství registrací ekologické plochy na MZe a přihlášením k certifikaci u kontrolní organizace KEZ o.p.s.

Hypotéza: Cíleným využíváním agrotechnických prostředků a obnovitelných zdrojů lze udržet půdní úrodnost na úrovni umožňující naplnění požadavků udržitelné spotřeby příštích generací při vyloučení, případně minimalizaci spotřeby neobnovitelných zdrojů živin.

Dílčí cíle:

- ***stanovit vliv zeleného hnojení (ZH)*** na výkonnost a zdravotní stav plodin, jakost produktů, půdní vlastnosti, aktivitu a složení půdních mikrobiálních společenstev, výskyt populace edafonu a výskyt škodlivých činitelů,
- ***stanovit vliv hnojení obnovitelnými vnějšími vstupy a statkovými hnojivy*** na výkonnost a zdravotní stav plodin, jakost produktů, půdní vlastnosti, aktivitu a složení půdních mikrobiálních společenstev, výskyt populace edafonu a výskyt škodlivých činitelů,
- ***ověřit vliv jednotlivých kombinací hnojení na vyplavování živin z půdního profilu*** a na bilanci živin v podmínkách EZ.

Předložená výroční zpráva shrnuje a analyzuje výsledky z roku 2016, kdy byly pokusnou plodinou **brambory**.

2. MATERIÁL A METODY

2.1. Druh polního pokusu

Pokus je založen jako přesný dlouhodobý na plochách výživářských bází zkušebních stanic (ZS) ve výrobní oblasti řepařské, bramborářské a obilnářské. Půdně-klimatické charakteristiky jednotlivých ZS jsou uvedeny v tab. č. 1. Pokus se řídí metodickými pokyny č. 2/SZV (Metodika dlouhodobého stacionárního pokusu ekologického zemědělství) a č. 23/SZV (Základní metodika přesných polních a nádobových zkoušek). Výměry hnojených a sklizňových parcel odpovídají systému zavedenému na příslušné výživářské bázi. Osevní postup je sedmihonný a na všech stanovištích stejný.

Tab. č. 1: Základní půdně-klimatické údaje

ZS	Výrob. oblast	Nadm. výška (m)	Půdní typ	Půdní druh	Dl. ø úhrn srážek (mm)	Dl. ø teplota (°C)
CAS	ŘVO	260	černozem	hlinitá	555	8,9
HOR	BVO	475	kambizem	písčito-hlinitá	585	7,8
JAR	OVO	425	hnědozem	jílovito-hlinitá	481	8,0
LIP	BVO	505	kambizem	písčito-hlinitá	594	7,5
VER	ŘVO	207	černozem	hlinitá	502	8,7

Tab. č. 2: Osevní postup pokusu

Rok	Kombinace hnojení		
	1	2, 3, 4	5 a 6
2014	úhor		
1 2015	Pšenice ozimá	Pšenice ozimá ZH	Pšenice ozimá ZH
2 2016	Brambory	Brambory	Brambory
3 2017	Pšenice oz. špalda	Pšenice oz. špalda ZH	Pšenice oz. špalda ZH
4 2018	LOS (ječmen + hrách)	LOS (ječmen + hrách)	Kukuřice silážní
5 2019	Pšenice ozimá	Pšenice ozimá ZH	Ječmen j., podsev vojtěška
6 2020	Pohanka	Pohanka	Vojtěška
7 2021	Hrách	Hrách	Vojtěška

2.2. Zkoušená plodina

V roce 2016 byly zkoušenou plodinou na všech stanovištích brambory, odrůda Adéla.

2.3. Kombinace hnojení

V pokusu se porovnávají dva rozdílné systémy hospodaření, a to systém založený výhradně na rostlinné produkci (kombinace 1 až 4) a systém s živočišnou výrobou (kombinace 5 a 6).

Kombinace hnojení

1. Nehnojená kontrola
2. ZH (zelené hnojení)
3. ZH + obnovitelné vnější vstupy

4. ZH + obnovitelné vnější vstupy + intenzifikační vstupy
5. ZH + statková hnojiva
6. ZH + statková hnojiva + intenzifikační vstupy

Pozn.:

- *obnovitelné vnější vstupy*: digestát, průmyslový kompost
- *intenzifikační vstupy*: další povolená hnojiva, pomocné rostlinné přípravky a pomocné půdní látky dle Přílohy 1 NK 889/2008
- *statková hnojiva*: močůvka, hnůj. Dávky u hnoje i močůvky jsou odpovídající vlastnímu chovu zvířat při zatížení 0,8 VDJ.ha⁻¹

Každá kombinace je 3x opakována. Sklizňové parcely jsou obklopeny ochrannými podélnými i příčnými pásy.

2.4. Dávky živin

Za účelem zjištění vlivu agrotechnických opatření, hnojení a sledování bilance živin jsou prováděny chemické analýzy všech vstupů a výstupních produktů pokusu, tj. všech druhů hnojiv a sklizených plodin (hlavní a vedlejší produkt). Je-li to relevantní, u intenzifikačních vstupů se použijí hodnoty obsahů živin tak, jak je uvádí výrobce.

Kombinace 5 a 6 je ve stanovených letech hnojena statkovými hnojivy, tedy hnojem a močůvkou, které nesmí pocházet z velkochovu. Jsou aplikována v dávce 27 t/ha hnoje a 14 t/ha močůvky.

Hnojení digestátem (14 t/ha) a kompostem (27 t/ha) se obdobně provádí na kombinacích 3 a 4. Zelené hnojení bude vyseto třikrát za osevní postup u kombinací 2 - 4 a dvakrát u kombinací 5 a 6. Vedlejší produkt (sláma obilovin a luskovin) se na kombinacích 1 – 4 po rozdrcení zapravuje do půdy, zatímco na kombinacích 5 a 6 je z parcel odvážena (simulace systému s chovem zvířat).

Vápnění bude na všech pokusných kombinacích v případě potřeby zajišťováno mletým vápencem, přičemž dávky se stanoví podle kritérií agrochemického zkoušení zemědělských půd (AZZP), tj. podle hodnoty pH zjištěné na příslušné pokusné ploše v posledním roce před vápněním a podle půdního druhu.

Dávky a termíny aplikace jednotlivých hnojiv k pšenici ozimé v roce 2016 jsou uvedeny v tab. č.3.

Tab. č. 3: Hnojení brambor [t/ha]

Komb.	Hnůj	Kompost	Močůvka	Digestát	Intenzifikační vstupy
	po sklizni 2015	po sklizni 2015	jaro 2016	jaro 2016	v průběhu vegetace 2016
1	–	–	–	–	–
2	–	–	–	–	–
3	–	27	–	14	–
4	–	27	–	14	Hycol-E*
5	27	–	14	–	–
6	27	–	14	–	Hycol-E*

* Hycol-E 5 l/ha

2.5. Harmonogram prací ve vegetačním roce 2015/2016

Po sklizni předešlé plodiny (pšenice ozimé) bylo v srpnu 2015 na příslušných kombinacích hnojeno hnojem (K5 a K6) nebo kompostem (K3 a K4) v dávce 27 t/ha a hnojiva byla poté

zapravena do půdy. Od poloviny srpna 2015 proběhl výsev zeleného hnojení (ZH), kterým byl hrách setý. Zmulčování ZH proběhlo v první polovině měsíce listopadu, mulč byl zapraven střední orbou. Na jaře proběhla příprava půdy před výsadbou a aplikace tekutých hnojiv. Na kombinacích K3 a K4 byl použit digestát a na kombinacích K5 a K6 močůvka. V obou případech šlo o dávku 14 t/ha, přičemž hnojiva byla okamžitě po aplikaci zapravena do půdy. Všechna v pokusu použitá hnojiva odpovídala požadavkům pravidel ekologické produkce. Výsadba brambor odrůdy Adéla na jednotlivých zkušebních stanicích proběhla od poloviny dubna (ZS CAS 13.4.) do začátku května (ZS LIP 4.5.). Vzcházení na ZS CAS, JAR a VER bylo ovlivněno suchem, zatímco na ZS HOR a LIP byly podmínky během vzcházení srážkově normální až vlhké. Na příslušných pokusných kombinacích (K4 a K6) byl v průběhu června a července aplikován intenzifikační vstup Hycol-E, následovala ochrana proti mandelince (2x přípravek SpinTor a na ZS CAS navíc 1x NeemAzal-T/S) a ochrana proti plísni bramborové - přípravek Kuprikol 250 SC. Na některých ZS (HOR a VER) způsobil vysoký počet srážkových dnů během června a července zvýšený tlak plísně bramborové. V srpnu došlo k nástupu velice suchého a teplého počasí s urychleným dozráváním. Sklizeň brambor proběhla v první polovině září (1.9. ZS JAR až 13.9. ZS HOR).

Tab. č. 4: Polní práce a pokusné zásahy

Druh práce/zásahu	ZS CAS	ZS HOR	ZS JAR	ZS LIP	ZS VER
Aplikace kompostu/hnoje	12.8.2015	26.8.2015	11.8.2015	18.8.2015	26.8.2015
Výsev ZH	13.8.2015	28.8.2015	12.8.2015	24.8.2015	27.8.2015
Zmulčování ZH	10.11.2015	13.11.2015	11.11.2015	5.11.2015	2.11.2015
Aplikace digestátu/močůvky	5.4.2016	15.4.2016	22.4.2016	21.4.2016	7.4.2016
Výsadba brambor	13.4.2016	21.4.2016	3.5.2016	4.5.2016	22.4.2016
Hycol-E	VII	VI	VI	VII	VI/VII

2.6. Odběry vzorků půdy

Parametry stanovené na jaře: N-NH₄, N-NO₃, N_{min}.

Parametry stanovené po sklizni: N-NH₄, N-NO₃, N_{min}, obsah přístupného P, K, Ca, Mg, Mn, B, Cu, Fe, Zn metodou Mehlich III. Stanovení mikrobiální nitrifikace, denitrifikace, respirace, složení nitrifikačního a denitrifikačního společenstva, mikrobiální biomasa, C_{ox}.

2.7. Odběry vzorků rostlin (technologické rozbor)

V hlízách byly stanoveny N-látky, obsah N, P, K, Ca, Mg, obsah dusičnanů a škrobu.

2.8. Odběr vzorků hnojiv

Tekutá hnojiva (digestát, močůvka): obsah N, P, K, Ca, Mg.

2.9. Hodnocení vlivu počasí

Tabulky č. 5 a 6 uvádějí průměrné měsíční srážky a teploty za období září 2015 až srpen 2016.

Tab. č. 5: Průměrné měsíční srážky v roce 2015/2016

ZS	Průměrné měsíční srážky [mm]												Σ roční
	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
Horažďovice													
suma měs. srážek [mm]	32	45	68	16	33	50	23	24	75	89	1,1	37	591
měsíční normál [mm]	45	39	38	35	32	25	37	37	59	74	87	77	585
% normálu	71	115	179	46	103	200	62	65	127	120	114	48	101
Jaroměřice													
Suma měs. srážek [mm]	29,2	74,6	52,2	17,8	15,8	50,2	22,3	38,8	38	60,2	69,4	13,4	481,9
měsíční normál [mm]	40	29	32	27	24	22	25	32	57	64	71	58	481
% normálu	73	257	163	66	66	228	89	121	67	94	98	23	100
Lípa													
suma měs. srážek [mm]	49,8	46,1	91,7	16,3	29,9	49,9	29,4	23,1	45,9	59,9	118,7	19,6	580,3
měsíční normál [mm]	51	36	42	39	36	28	38	36	59	77	81	71	594
% normálu	98	128	218	42	83	178	77	64	78	78	147	28	98
Čáslav													
suma měs. srážek [mm]	18,6	42,5	68,7	19,1	23,5	32,1	35,6	26,1	39,2	82,7	93,2	40,9	522,2
měsíční normál [mm]	50	32	36	30	27	22	33	36	66	73	83	67	555
% normálu	37	133	191	64	87	146	108	73	59	113	112	61	94
Věrovany													
suma měs. srážek [mm]	17,4	32,5	18,5	14,7	16,8	71,3	19,4	63,6	10,3	30,6	140,4	47,2	482,7
měsíční normál [mm]	47	36	36	26	22	18	25	33	61	70	71	57	502
% normálu	37	90	51	57	76	396	78	193	17	44	198	83	96

Tab. č. 6: Průměrné měsíční teploty v roce 2015/2016

ZS	Průměrné měsíční teploty [°C]													Ø roční [°C]
	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		
Horažďovice														
Ø denní teplota [°C]	12,7	7,4	5,8	3,6	-1,0	2,6	2,8	6,9	12,4	15,9	18,3	16,9	8,7	
měsíční normál [°C]	12,9	8,1	2,4	0,1	-1,9	-1,0	3,4	7,2	12,5	15,4	17,2	17,0	7,8	
Jaroměřice														
Ø denní teplota [°C]	18,8	8,1	5,6	2,5	-1,6	3,3	3,8	8,1	13,8	17,9	19,7	18,1	9,8	
měsíční normál [°C]	13,4	8	2,3	-0,9	-2,4	-0,8	3,1	7,8	13,3	16,4	18,2	18,1	8,0	
Lípa														
Ø denní teplota [°C]	12,3	7,5	5,5	3,8	-1,5	2,9	3	7,3	13	16,8	18,4	16,7	8,8	
měsíční normál [°C]	12,8	7,9	2,3	-0,6	-2,1	-1	2,8	6,7	12,5	15,3	17	16,9	7,5	

Čáslav													
Ø denní teplota [°C]	14,7	9	7,3	5,7	0,1	4,5	4,6	9,1	14,9	18,8	20,3	19,1	10,7
měsíční normál [°C]	14	8,9	3,6	0,7	-1	0,4	4,3	8,6	14	16,6	18,4	18,3	8,9
Věrovany													
Ø denní teplota [°C]	15,3	8,8	5,4	2,5	-1,7	4,5	4,8	9,4	14,9	19,2	20,2	18,9	10,2
měsíční normál [°C]	13,8	8,7	3,1	-0,4	-2	-0,3	3,9	8,9	14,3	17,1	18,9	18,7	8,7

Podzimní období v roce 2015 bylo převážně teplotně normální, ke konci teplé. Srážkově byl začátek podzimu suchý až normální, později byl převážně vlhký až velmi vlhký. Zima byla mírně až velmi teplá, k výraznému ochlazení došlo v lednu, kdy se teploty pohybovaly kolem teplotního normálu a teploty klesaly pod bod mrazu. Teploty na jaře odpovídaly dlouhodobému normálu, srážky byly podprůměrné (kromě ZS VER, které měly první dvě třetiny mírně vlhké až velmi vlhké). Léto bylo teplotně průměrné a srážkově normální se suchým srpnem. Výjimkou byly Věrovany, kde úhrn srážek v měsíci červenci dosáhl dvojnásobku dlouhodobého měsíčního normálu. Pokud jde o sumu srážek a průměrné teploty za období IX/2015-VIII/2016, bylo toto období oproti dlouhodobým normálům srážkově průměrné a teplotně nadprůměrné. Největší průměrný roční teplotní rozdíl oproti dlouhodobému normálu byl naměřen na ZS JAR a ZS CAS a to 1,8 °C. Nejmenší průměrný roční teplotní rozdíl oproti dlouhodobému normálu byl naměřen na ZS HOR a to 0,9 °C.

2.10. Vegetační pozorování a sklizeň

Celý vegetační rok bylo prováděno předepsané vegetační pozorování (dle aktuálního Metodického pokynu č. 23/SZV). Záznamy o stavu porostu na jednotlivých kombinacích se zaznamenávaly do polního zápisníku, přičemž byly porovnávány rozdíly mezi jednotlivými pokusnými kombinacemi. Důraz byl kladen na sledování a záznam výskytů chorob, škůdců a plevelů.

Vzcházení a vývoj byl většinou dobrý, na některých stanicích porost ovlivnilo sucho, zde pak k zapojení porostu docházelo později, a pouze u vzrůstnějších variant (K3 až K6).

V době přehlídek byly zjištěny téměř u všech zkušebních stanic (ZS) znatelné rozdíly mezi kombinacemi, a to hlavně při porovnání kombinací K1 a K2 vůči zbylým kombinacím. Výjimkou byla ZS VER, kde nebyly rozdíly mezi kombinacemi znatelné. Kombinace hnojená zeleným hnojením (K2) většinou dosahovala vyšších a zapojenějších porostů než nehnojená kombinace (K1). Tento rozdíl nebyl zaznamenán u ZS HOR a ZS VER. Při porovnání kombinací hnojených obnovitelnými vnějšími vstupy – kompostem a digestátem (K3 a K4) vůči kombinacím hnojeným statkovými hnojivými – hnojem a močůvkou (K5 a K6) nebyl zaznamenán výrazný rozdíl. Výjimkou byla ZS LIP, kde se mírný rozdíl projevil ve prospěch kombinací hnojených obnovitelnými vnějšími vstupy. Na žádné ZS se neprojevil vliv intenzifikačního vstupu použitého u kombinací K4 a K6. U ZS CAS byla zřejmá nevyrovnanost pozemku, kde opakování B vykazovalo vůči zbylým opakováním nižší výšku porostu.

Porost brambor byl téměř u všech ZS vyrovnaný (nepočítáme-li ojediněle nevzešlé hlízy), nižší vyrovnanost byla vidět u ZS LIP.

Plevely byly regulovány prooráváním, popř. vláčením prutovými branami. Na všech zkušebních stanicích se z pohledu ekologické praxe plevel vyskytoval v přijatelném množství. Zaplevelení předplodinou bylo minimální. Nejméně plevelů bylo zjištěno u ZS JAR a ZS LIP. Lze tedy konstatovat, že management plevelů na jednotlivých zkušebních stanicích byl zvládnut dobře.

Z chorob a škůdců byla nejčastěji zjištěna plíseň bramborová. Na ZS VER byl tlak plísně takový, že nať musela být odstraněna předčasně (18.8.). Na ZS JAR v druhé dekádě srpna

zničila celou listovou plochu hnědá skvrnitost. Požer listů mandelinkou byl většinou na nízké úrovni, případně ložiskově vyšší. V době přehlídek se na porostu nacházel nízký počet mandelinek, kromě porostu na ZS CAS, kde byl porost napaden poměrně zdatně.

U brambor byl zjišťován výnos hlavního sklizňového produktu, tj. výnos hlíz, a následně jejich velikostní třídění.

3. VÝSLEDKY

3.1. Hodnocení dosažených výnosů

Tabulka č. 7 uvádí výnosy brambor na jednotlivých ZS.

Tab. č. 7: Výnosy brambor (t/ha)

ZS	Kombinace hnojení						Ø výnos
	1	2	3	4	5	6	
HOR	27,24	29,06	38,27	38,91	38,51	37,46	34,91
JAR	12,85	13,92	16,44	17,40	17,45	18,44	16,08
LIP	8,69	12,24	24,94	27,15	20,83	19,85	18,95
CAS	25,99	25,81	37,98	37,10	28,31	24,79	30,00
VER	48,86	50,24	52,05	49,89	49,74	47,45	49,71
Ø	24,73	26,25	33,94	34,09	30,97	29,60	-
%	100	106	137	138	125	120	-

Nejvyšší průměrný výnos brambor byl dosažen na kombinaci č. 4, kde bylo hnojeno obnovitelnými vstupy (kompost, digestát) a byl použit intenzifikační vstup. Výnos oproti nehnojené kombinaci byl o 38 % vyšší. Všechny ostatní kombinace (K2 – K6) dosáhly oproti nehnojené kombinaci také vyššího výnosu. Vyšší výnos byl zjištěn u kombinací 3 a 4 (aplikace kompostu a digestátu) než u kombinací 5 a 6 (hnoje a močůvky), a to pravděpodobně kvůli nižšímu obsahu dusíku v močůvce oproti digestátu (viz. tab. č. 16). V porovnání jednotlivých zkušebních stanic byly nejvyšší výnosy dosaženy na ZS VER, zatímco nejnižší na ZS JAR.

3.2. Hodnocení jakostně-technologických vlastností

U brambor byl sledován obsah dusičnanů, N-látek a obsah škrobu.

Tab. č. 8: Technologické vlastnosti brambor

ZS	Stanovení	Kombinace hnojení					
		1	2	3	4	5	6
HOR	NO ₃ /pv [mg]	130,1	104,4	<100*	121,1	<100*	172,9
	obsah N-látek/s [%]	9,22	8,26	8,23	8,71	8,80	9,19
	škrob NIR/s [%]	67,37	71,51	71,74	68,24	67,70	70,27
JAR	NO ₃ /pv [mg]	<100*	122,9	181,8	262,8	122,9	202,3
	obsah N-látek/s [%]	7,96	8,74	9,07	9,17	9,92	10,04
	škrob NIR/s [%]	71,29	68,95	66,56	66,79	61,69	62,40
LIP	NO ₃ /pv [mg]	<100*	<100*	116,4	103,7	116,4	130,2
	obsah N-látek/s [%]	8,02	7,93	8,53	8,57	9,69	8,93
	škrob NIR/s [%]	72,86	69,34	68,35	67,71	66,86	67,26
CAS	NO ₃ /pv [mg]	<100*	132,2	114,2	109,9	105,8	<100*
	obsah N-látek/s [%]	7,31	8,28	8,36	7,89	7,47	7,45
	škrob NIR/s [%]	73,14	69,19	69,99	69,68	73,21	73,40
VER	NO ₃ /pv [mg]	<100*	<100*	<100*	144,8	116,6	166,9
	obsah N-látek/s [%]	7,94	8,45	8,11	8,13	9,46	7,90
	škrob NIR/s [%]	73,64	71,51	73,17	71,34	65,97	71,40

Ø	NO ₃ /pv [mg]	66,02	91,9	102,5	148,5	102,34	168,1
	obsah N-látek/s [%]	8,09	8,33	8,46	8,49	9,07	8,70
	škrob NIR/s [%]	71,66	70,10	69,96	68,75	67,09	68,95

* pro získání průměru a další vyhodnocování použita hodnota 50

Obsah N-látek v hlízách brambor byl na většině kombinací vyrovnaný, s hodnotami 8–9 %. Obsah škrobu byl největší na kombinacích 1, kde byl nejnižší výnos, a naopak nejnižší na kombinacích s nejvyšším výnosem. Výskyt dusičnanů v hlízách byl nejvyšší v kombinaci 6, kde bylo hnojeno statkovými hnojivy a intenzifikačním vstupem, a nejnižší naopak na nehnojené kontrole. Žádný vzorek nicméně nedosáhl hodnoty 300 mg/kg, tedy v minulosti platného maximálního limitu pro dusičnany v bramborách.

3.3. Velikostní rozdělení hlíz

Tabulka č. 9 uvádí procentické zastoupení jednotlivých kategorií hlíz na zkušebních stanicích. Z tabulky lze rovněž vyčíst výskyt hlíz napadených hnilobami na jednotlivých kombinacích.

Tab. č. 9: Procentické zastoupení kategorií hlíz [%]

ZS CAS	1	2	3	4	5	6	Ø
hlízy napadené hnilobami	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
malé hlízy (< 4 cm)	32,6	29,7	20,0	18,9	29,6	36,5	26,8
tržní hlízy (4 - 7 cm)	67,4	70,3	80,0	81,1	70,4	63,5	73,2
velké hlízy (> 7 cm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ZS HOR							
hlízy napadené hnilobami	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
malé hlízy (< 4 cm)	28,4	13,3	16,0	12,8	16,2	9,6	15,3
tržní hlízy (4 - 7 cm)	71,6	83,8	84,0	87,2	83,8	90,4	84,2
velké hlízy (> 7 cm)	0,0	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5
ZS JAR							
hlízy napadené hnilobami	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
malé hlízy (< 4 cm)	49,7	57,7	47,0	29,0	47,1	31,2	42,9
tržní hlízy (4 - 7 cm)	50,3	42,3	53,0	71,0	52,9	68,8	57,1
velké hlízy (> 7 cm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ZS LIP							
hlízy napadené hnilobami	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
malé hlízy (< 4 cm)	33,0	34,7	15,4	22,5	26,9	18,1	23,2
tržní hlízy (4 - 7 cm)	67,0	65,3	82,3	77,5	73,1	81,9	76,3
velké hlízy (> 7 cm)	0,0	0,0	2,2	0,0	0,0	0,0	0,5
ZS VER							
hlízy napadené hnilobami	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,1	0,8
malé hlízy (< 4 cm)	25,6	42,1	28,0	19,1	20,1	29,7	27,4
tržní hlízy (4 - 7 cm)	70,2	55,3	69,4	73,8	79,9	64,0	68,9
velké hlízy (> 7 cm)	4,3	2,6	2,6	7,1	0,0	2,2	3,0
Průměr ze ZS							
hlízy napadené hnilobami	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	-
malé hlízy (< 4 cm)	33,9	35,5	25,3	20,4	28,0	25,0	-
tržní hlízy (4 - 7 cm)	65,3	63,4	73,8	78,1	72,0	73,7	-
velké hlízy (> 7 cm)	0,9	1,1	1,0	1,4	0,0	0,4	-

Hlízy brambor nebyly až na výjimky (ZS VER) napadeny hnilobou. Nejvyšší procentické zastoupení podle velikosti měly tržní hlízy (4 – 7 cm). Podle tohoto parametru byla nejlepší úroda na ZS HOR, kde 84 % hlíz spadalo do kategorie tržní hlízy. Naopak na ZS JAR bylo pouze 57 % hlíz tržních a 43 % hlíz malých.

3.4. Hodnocení základních agrochemických vlastností půdy

V následujících tabulkách jsou uvedeny hodnoty výsledků rozborů půdních vzorků. V tabulce č. 12 a 13 jsou výsledky analýz půdních vzorků, které byly odebrány po sklizni brambor. Tabulky č. 10 a 11 uvádějí hodnoty získané před založením pokusu na podzim roku 2014.

Každoročně je po sklizni v půdních vzorcích stanovována půdní reakce a obsah základních živin (Mehlich III). Hodnoty jsou uváděny v mg/kg suchého vzorku.

Tab. č. 10: Obsahy základních živin v půdě před zahájením pokusu (podzim 2014)

Parametr	Jednotka	ZS				
		CAS	HOR	JAR	LIP	VER
pH (CaCl ₂)	-	6,4	6,2	6,6	6,6	7
P	mg/kg	65,6	78,7	89,5	68,6	106
K	mg/kg	172	143	200	77,1	215
Mg	mg/kg	159	151	211	112	136
Ca	mg/kg	3080	1710	3020	2260	3180
Cu	mg/kg	5,4	4,01	3,81	2,17	4,01
Zn	mg/kg	4,2	3,54	3,08	3,1	3,65
Fe	mg/kg	298	311	300	299	221
Mn	mg/kg	147,4	65,4	160,7	125,9	187,2
B	mg/kg	1,22	<0,55	0,72	<0,55	1,21

Půdní reakce (pH) se pohybovala od mírně kyselé po neutrální.

V rámci analýz před založením pokusu byl rovněž v jednotlivých vzorcích stanoven obsah rizikových prvků, viz tab. č. 11. Hodnoty jsou uváděny v mg/kg suchého vzorku. Zjištěné hodnoty byly až na jednu výjimku výrazně nižší než preventivní hodnoty pro rizikové prvky, uvedené ve vyhlášce č. 153/2016 Sb. Na ZS HOR byla překročena preventivní hodnota pro arsen.

Tab. č. 11: Obsahy rizikových prvků v půdě (podzim 2014)

Parametr	Jednotka	ZS				
		CAS	HOR	JAR	LIP	VER
As	mg/kg	15,10	17,40	9,52	9,71	6,95
Be	mg/kg	1,06	1,14	1,12	0,98	0,82
Cd	mg/kg	0,23	0,27	0,22	0,21	0,23
Co	mg/kg	10,20	11,40	13,10	12,90	9,20
Cr	mg/kg	31,50	46,10	41,20	30,40	27,20
Cu	mg/kg	20,60	23,70	21,00	12,30	16,00
Mo	mg/kg	0,54	0,58	0,60	0,48	0,38
Ni	mg/kg	22,60	20,30	27,00	13,10	19,00
Pb	mg/kg	23,80	28,20	19,70	20,70	17,80
V	mg/kg	40,90	50,30	48,30	48,40	32,90
Zn	mg/kg	63,30	86,20	70,80	64,50	53,40

Tab. č. 12: Základní agrochemické vlastnosti půdy (H1: 0-30 cm, po sklizni 2016)

ZS	Parametr	Jednotka	Kombinace hnojení					
			1	2	3	4	5	6
HOR	pH	-	6,0	6,1	6,3	6,2	5,9	6,1
	P	mg/kg	83,6	78,5	96,1	86,5	73,0	78,9
	K	mg/kg	142,1	133,7	172,3	150,8	140,4	156,8
	Mg	mg/kg	165,4	190,1	180,1	161,3	157,0	173,9
	Ca	mg/kg	1737	1944	1925	1628	1489	1788
JAR	pH	-	6,5	7,0	6,7	6,7	6,8	6,7
	P	mg/kg	83,5	72,4	91,5	95,4	98,7	99,5
	K	mg/kg	168,6	168,4	239,9	230,2	243,5	245,6
	Mg	mg/kg	205,1	222,1	217,2	221,4	216,5	220,7
	Ca	mg/kg	2764	3255	3013	3015	2853	2847
LIP	pH	-	6,0	6,1	6,6	6,6	6,5	6,2
	P	mg/kg	61,3	64,1	80,3	75,7	68,1	60,9
	K	mg/kg	62,6	76,7	116,3	114,1	84,4	90,3
	Mg	mg/kg	125,7	139,4	146,0	148,8	139,8	142,6
	Ca	mg/kg	2211	2145	2253	2390	2208	2340
CAS	pH	-	6,4	6,4	6,5	6,5	6,6	6,5
	P	mg/kg	60,2	64,0	68,6	84,4	102,3	93,1
	K	mg/kg	173,6	172,4	216,7	216,9	185,3	193,4
	Mg	mg/kg	149,4	144,9	160,7	156,8	150,8	144,9
	Ca	mg/kg	2833	2839	2760	2858	2871	2732
VER	pH	-	7,0	7,1	7,0	7,0	6,9	7,0
	P	mg/kg	94,4	95,2	106,1	109,3	104,6	92,9
	K	mg/kg	164,0	164,8	199,0	193,3	163,5	155,3
	Mg	mg/kg	141,1	150,1	146,4	161,8	154,3	143,5
	Ca	mg/kg	3274	3232	3336	3201	3048	3157

V porovnání s odběrem na podzim roku 2014 se pH výrazněji nezměnilo. Na všech stanicích i kombinacích je pH neutrální nebo slabě kyselé. Zásoba P, K a Mg mírně vzrostla nebo zůstala stejná. Obsah P je na stanicích vyhovující nebo dobrý. Zásoba K je vyhovující až na ZS LIP, kde je nízká. Obsah Ca v půdě zůstal podobný jako při odběrech v předchozích letech.

Zásoba P a K v půdě je mírně vyšší na K3, K4, K5 a K6, kde se hnojí kompostem a digestátem příp. hnojem a močůvkou. U Mg a Ca není tento trend pozorován.

Tab. č. 13: Obsah mikroprvků v půdě (H1: 0-30 cm, po sklizni 2016)

ZS	Parametr	Jednotka	Kombinace hnojení					
			1	2	3	4	5	6
HOR	S	mg/kg	7,9	11,4	8,1	7,3	8,2	9,6
	Cu	mg/kg	7,6	5,8	6,2	6,2	5,5	6,0
	Zn	mg/kg	3,7	3,8	4,2	3,8	3,8	4,2
	Al	mg/kg	804,4	839,0	804,5	771,2	811,8	862,4
	Fe	mg/kg	391,4	400,1	407,7	369,1	397,8	407,2
	Mn	mg/kg	80,9	84,7	84,2	79,3	81,8	87,2
	B	mg/kg	<0,5	0,5	0,6	<0,5	<0,5	0,5

JAR	S	mg/kg	3,3	4,5	5,3	5,7	5,4	7,1
	Cu	mg/kg	4,9	5,1	4,4	4,9	5,5	5,4
	Zn	mg/kg	2,7	2,3	3,2	3,3	3,3	3,9
	Al	mg/kg	951,5	941,3	960,7	950,3	967,2	983,8
	Fe	mg/kg	262,0	293,9	266,0	274,9	264,8	262,9
	Mn	mg/kg	160,1	157,3	158,7	156,5	158,9	159,4
	B	mg/kg	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7
LIP	S	mg/kg	9,4	11,4	10,6	12,8	9,3	10,9
	Cu	mg/kg	3,0	5,7	3,7	7,1	3,2	4,3
	Zn	mg/kg	2,2	2,2	2,9	3,2	2,4	2,5
	Al	mg/kg	1223,0	1207,0	1127,0	1175,0	1049,0	1174,0
	Fe	mg/kg	348,5	361,1	352,4	386,4	366,1	344,2
	Mn	mg/kg	133,3	138,9	139,4	151,2	150,9	131,7
	B	mg/kg	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
CAS	S	mg/kg	6,4	6,1	6,8	6,1	10,0	6,9
	Cu	mg/kg	7,1	7,4	7,7	7,3	7,1	7,3
	Zn	mg/kg	3,9	3,7	4,0	4,3	4,5	3,9
	Al	mg/kg	907,8	877,1	932,6	951,0	917,1	921,6
	Fe	mg/kg	314,4	272,4	351,4	430,9	362,6	367,2
	Mn	mg/kg	153,8	149,9	153,1	162,9	153,3	156,4
	B	mg/kg	1,3	1,3	1,4	1,4	1,3	1,3
VER	S	mg/kg	5,7	6,2	5,9	5,9	4,6	5,0
	Cu	mg/kg	4,5	4,6	4,6	4,5	4,4	4,3
	Zn	mg/kg	3,3	3,5	3,7	4,0	4,0	3,7
	Al	mg/kg	758,3	745,3	746,3	734,7	700,3	692,4
	Fe	mg/kg	277,5	271,0	256,3	255,3	261,6	215,7
	Mn	mg/kg	192,0	194,3	202,7	202,0	196,2	192,7
	B	mg/kg	1,2	1,2	1,4	1,3	1,3	1,2

Obsahy mikroprvků nevykazovaly závislosti na jednotlivých pokusných kombinacích.

3.5. Vyhodnocení obsahu minerálního dusíku

V rámci pokusu bylo provedeno vstupní stanovení obsahu minerálního dusíku (N_{\min}), který je součtem obsahu nitrátového a amonného dusíku ($N-NO_3$ a $N-NH_4$). Stanovení obsahu nitrátového a amonného dusíku ($N-NO_3$ a $N-NH_4$) se provádí za účelem zjištění zásobenosti půd pohotovým dusíkem a pro jeho případné doplnění formou jarního regeneračního a produkčního hnojení u ozimých zemědělských plodin. Sledování rovněž slouží ke zjištění obsahu nitrátového dusíku ($N-NO_3$), který je značně mobilní a může být vyplavován do hlubších vrstev půdy nebo vody a představuje tak nebezpečí ohrožení povrchových i spodních vod. Největším rizikem je jeho vysoký obsah v půdě na konci podzimu, kdy již není předpoklad jeho využití vegetací. Pro porovnání zjištěných obsahů byla použita kritéria $N-NO_3$ v půdě dle nadmořské výšky stanoviště.

V roce 2016 byly vzorky půdy pro stanovení forem minerálního dusíku odebírány dvakrát (na jaře před hnojením a po sklizni) ze dvou půdních horizontů (H1 0 – 30 cm, H2 30 – 60 cm), a to v souladu s metodickým pokynem ÚKZÚZ č.2/SZV (Metodika dlouhodobého stacionárního pokusu ekologického zemědělství).

Tab. č. 14: Obsahy dusíků v půdě (H1: 0-30 cm, 2016)

ZS	Kombinace	Jaro			Po sklizni		
		N-NH ₄ /s [mg/kg]	N-NO ₃ /s [mg/kg]	N _{min} /s [mg/kg]	N-NH ₄ /s [mg/kg]	N-NO ₃ /s [mg/kg]	N _{min} /s [mg/kg]
CAS	1	2,2	5,0	7,2	<0,2	8,1	8,1
	2	2,0	8,4	10,4	<0,2	7,4	7,4
	3	2,3	6,0	8,3	<0,2	6,7	6,7
	4	2,3	7,4	9,7	<0,2	8,2	8,2
	5	2,8	5,0	7,8	<0,2	9,0	9,0
	6	1,9	6,0	7,9	<0,2	7,0	7,0
HOR	1	1,4	9,0	10,4	0,8	2,2	3,0
	2	1,1	14,7	15,8	0,7	3,1	3,8
	3	0,8	8,8	9,6	1,2	3,7	4,8
	4	0,9	9,1	10,0	0,8	5,4	6,2
	5	1,3	16,4	17,7	0,9	2,8	3,7
	6	1,0	13,7	14,6	0,9	3,6	4,5
JAR	1	1,3	4,4	5,7	<0,2	5,5	5,5
	2	1,0	8,2	9,2	<0,2	7,6	7,6
	3	0,9	6,9	7,8	0,6	10,0	10,6
	4	0,9	6,1	6,9	0,2	8,9	9,1
	5	1,0	7,9	8,9	0,6	12,4	12,9
	6	1,4	14,7	16,1	<0,2	12,0	12,0
LIP	1	0,9	5,9	6,8	0,7	8,3	8,9
	2	1,2	5,6	6,8	0,9	3,4	4,2
	3	1,1	6,9	8,0	0,9	2,6	3,5
	4	0,7	6,5	7,2	1,1	6,3	7,5
	5	0,9	6,9	7,9	1,7	5,7	7,4
	6	1,0	8,4	9,4	0,8	4,0	4,8
VER	1	0,6	7,7	8,3	<0,2	4,0	4,0
	2	1,1	6,6	7,6	0,9	6,1	7,0
	3	1,4	8,0	9,4	<0,2	4,2	4,2
	4	1,1	7,9	9,0	<0,2	5,3	5,3
	5	0,7	5,8	6,6	0,4	4,6	5,0
	6	1,2	7,1	8,3	1,1	6,0	7,1

Tab. č. 15: Obsahy dusíků v půdě (H2: 30-60 cm, 2016)

ZS	Kombinace	Jaro			Po sklizni		
		N-NH ₄ /s [mg/kg]	N-NO ₃ /s [mg/kg]	N _{min} /s [mg/kg]	N-NH ₄ /s [mg/kg]	N-NO ₃ /s [mg/kg]	N _{min} /s [mg/kg]
CAS	1	2,6	5,0	7,5	0,2	7,6	7,9
	2	2,9	5,9	8,7	<0,2	6,5	6,5
	3	1,4	3,9	5,2	<0,2	8,3	8,3
	4	2,5	4,9	7,4	<0,2	8,8	8,8

	5	2,6	4,3	6,8	<0,2	7,7	7,7
	6	2,3	5,6	7,9	<0,2	7,5	7,5
HOR	1	<0,2	4,2	4,4	0,3	0,9	1,2
	2	0,2	6,3	6,5	<0,2	<0,2	<0,2
	3	<0,2	2,3	2,5	<0,2	0,4	0,4
	4	0,3	6,8	7,1	0,3	0,5	0,8
	5	0,3	7,3	7,6	0,7	0,9	1,6
	6	<0,2	3,8	3,8	0,5	0,5	1,0
JAR	1	1,2	4,0	5,3	0,4	5,9	6,3
	2	1,6	5,8	7,4	0,7	7,9	8,6
	3	1,8	7,1	8,9	<0,2	8,2	8,2
	4	2,1	5,2	7,4	0,3	12,1	12,4
	5	2,1	4,2	6,3	<0,2	16,1	16,1
	6	2,5	9,8	12,2	<0,2	8,8	8,8
LIP	1	1,2	4,4	5,5	0,4	11,6	12,0
	2	1,0	7,3	8,2	0,8	5,2	6,0
	3	0,8	9,3	10,1	0,4	5,4	5,9
	4	0,6	6,0	6,6	0,8	7,1	7,9
	5	0,7	9,0	9,6	1,1	6,6	7,7
	6	1,1	5,4	6,6	0,5	5,5	6,0
VER	1	0,7	15,3	16,0	0,6	1,9	2,5
	2	1,0	19,0	19,9	0,3	0,8	1,1
	3	1,4	11,1	12,5	<0,2	3,6	3,6
	4	2,1	14,3	16,4	0,3	6,0	6,3
	5	6,9	15,6	22,5	0,2	3,7	3,9
	6	1,2	18,6	19,8	<0,2	0,9	0,9

Hodnocení obsahu minerálního dusíku bylo především zaměřeno na sledování jeho nitrátové formy, která je nejrizikovější z pohledu možného ohrožení kvality povrchových, a především spodních vod, do kterých se dostává prostupem půdním profilem

Obsah nitrátového dusíku v horizontu 1 (0-30 cm) se po sklizni oproti jarním odběrům snížil u ZS VER, ZS HOR a s výjimkou kombinace 1 i u ZS LIP. V případě ZS CAS došlo naopak s výjimkou kombinace 2 k mírnému navýšení obsahu nitrátového dusíku ve vzorcích, odebraných po sklizni. Na ZS JAR byl rovněž obsah nitrátového dusíku po sklizni vyšší, a to s výjimkou kombinací 2 a 6.

Pokud jde o kategorizaci obsahu nitrátového dusíku z pohledu jeho rizikovosti, u ZS HOR se jeho obsah z kategorií přiměřený až rizikový posunul po sklizni do kategorií velmi bezpečný (u pěti kombinací) a bezpečný (jedna kategorie). Podobně u ZS VER a LIP se u řady kombinací obsah nitrátového dusíku posunul do bezpečnější kategorie, případně zůstal ve stejné kategorii z pohledu jeho rizikovosti. Výjimkou byla kombinace 1 u ZS LIP, kde se naopak jeho obsah posunul z kategorie bezpečný do kategorie přiměřený. U ZS CAS a JAR až na výjimky zůstal obsah nitrátového dusíku z pohledu rizikovosti ve stejných bezpečnostních kategoriích.

Pokud jde o obsah nitrátového dusíku v horizontu 2 (30-60 cm), mezi jarními a posklizňovými odběry došlo k jeho poklesu u všech kombinací na ZS VER a HOR. Naopak u ZS CAS byly v posklizňových vzorcích zjištěny vyšší obsahy nitrátového dusíku oproti jeho obsahu ve vzorcích, odebraných v jarním období. S výjimkou kombinace 6 totéž platilo

i pro ZS JAR. V polovině vzorků (kombinace 2, 3 a 5), odebraných na ZS LIP byl obsah dusíku po sklizni oproti jarním odběrům nižší, zatímco ve zbývajících vzorcích (kombinace 1, 4 a 6) naopak nižší.

Z pohledu kategorizace obsahu nitrátového dusíku došlo k nejvýraznějšímu posunu u ZS VER, kdy po sklizni vzorky ze všech kombinací odpovídaly kategorii velmi bezpečný (pět kombinací) a bezpečný (jedna kombinace), zatímco na jaře se jeho obsah pohyboval v kategoriích přiměřený až nadměrný. Ke zlepšení došlo i u ZS HOR, kde obsah nitrátového dusíku oproti jarním odběrům zůstal v kategorii velmi bezpečný (kombinace 3 a 6) nebo se posunul z kategorie bezpečný do kategorie velmi bezpečný (kombinace 1, 2, 4 a 5). V případě ZS CAS naopak došlo k tomu, že u většiny kombinací (1, 3, 4 a 5) se obsah nitrátového dusíku posunul z kategorie velmi bezpečný do kategorie bezpečný, pouze u dvou zbývajících kombinací (2 a 6) zůstal v kategorii bezpečný. Na ZS JAR u většiny kombinací došlo oproti jarním odběrům k posunu nitrátového dusíku do rizikovější kategorie, přičemž k nejvýraznějšímu posunu došlo u kombinace 5, resp. 4. U ZS LIP pak u některých kombinací (2, 4 a 6) zůstal nitrátový dusík ve stejné kategorii z pohledu rizikovosti, u dvou kombinací (3 a 5) došlo k posunu do bezpečnější kategorie a v případě kombinace 1 naopak došlo k posunu do rizikovější kategorie.

Na základě výše uvedených skutečností lze konstatovat, že k nejvýraznějším sezónním změnám v obsahu nitrátového dusíku došlo na ZS VER a HOR, kde jeho obsahy po sklizni výrazně poklesly, což je z pohledu možného znečištění spodních vod v zimním období pozitivní zjištění. Toto naopak neplatilo v případě ZS CAS, kde byl zaznamenán opačný trend. Podobné zjištění platilo i pro většinu kombinací na ZS JAR. U ZS LIP nebylo možné trend jednoznačně stanovit.

Lze předpokládat, že klíčový vliv na sezónní změnu obsahu nitrátového, resp. celkového minerálního dusíku v půdě, má jeho odběr sklizenými plodinami. Je tedy ovlivněn výnosem, dosahovaným u pokusných kombinací na jednotlivých ZS. To by potvrdila skutečnost, že největšího výnosu, a tedy i největšího odběru dusíku sklizenými plodinami bylo dosaženo na ZS VER a ZS HOR. Svou roli pak sehrává i půdní charakteristika a ráz počasí (teploty, srážky) v daném roce na jednotlivých zkušebních stanicích.

3.6. Bilance živin

V tomto dlouhodobém polním pokusu jsou prováděny analýzy všech vstupních a výstupních produktů (veškerá organická hnojiva, hlavní a vedlejší sklizené produkty). Výsledky těchto analýz pak slouží jako podklad pro výpočet bilance živin. Do bilance se nezapočítávaly intenzifikační vstupy, a to z důvodu zanedbatelného množství dodaných živin.

Ve výpočtu bilance živin na jednotlivých zkušebních stanicích se v roce 2016 počítalo s využitím živin z pevných a tekutých hnojiv, a to močůvky a statkového hnoje na kombinacích 5 a 6 a digestátu a kompostu na kombinacích 3 a 4. Na kombinacích 1 – 4 se rovněž do vstupů započítávají živiny ze slámy zapravené do půdy.

Tab. č. 16: Rozbor živin tekutých hnojiv (2016)

Druh hnojiva	Sušina OH	N /s	Ca/s	K/s	Mg/s	P/s
	%	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Digestát	8,28	16,52	19000	64550	5665	9418
Močůvka	0,51	11,05	24450	219900	15040	4635

Tab. č. 17: Rozbor živin tuhých hnojiv – kompost, chlévský hnůj (2016)

Kompost

Vlhkost OH	Spal.látky/s	N/s	pH	C:N	K/s	Mg/s	P/s	nad 5 mm (ner.přím.)
%	%	%	-	-	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%
24,70	32,30	1,73	8,29	9,3	17750	5179	4027	5,96

Chlévský hnůj

ZS	Sušina OH	N (c) /s	P (c)/s	K (c)/s	Ca (c)/s	Mg (c)/s
	%	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
CAS	27,15	1,41	2100	19610	8560	2037
HOR	15,75	2,65	5132	49830	13100	5463
JAR	30,29	2,89	9210	56560	15410	7764
LIP	23,19	3,89	6223	46530	24190	10910
VER	21,27	3,42	9362	19230	27430	11110

Výsledky bilance živin z dlouhodobého EZ pokusu jsou uvedeny v tabulkách č. 18 až 22.

Tab. č. 18: Bilance živin na ZS CAS

Kombinace	Roční dávky živin dodané hnojením [kg/ha]									Odběr živin sklizní [kg/ha]			BILANCE ŽIVIN [kg/ha]		
	Tekutá hnojiva			Pevná hnojiva			Dodáno celkem			N	P	K	N	P	K
	N	P	K	N	P	K	N	P	K						
1	0	0	0	6	1	24	6	1	24	65	18	99	-59	-17	-75
2	0	0	0	6	1	29	6	1	29	89	19	118	-83	-18	-88
3	191	11	75	54	13	94	246	24	169	121	26	176	125	-3	-8
4	191	11	75	53	13	95	245	24	169	97	24	184	148	0	-14
5	8	0	16	41	7	65	49	7	80	88	20	109	-38	-13	-28
6	8	0	16	41	7	65	49	7	80	76	17	110	-27	-9	-30

Tab. č. 19: Bilance živin na ZS HOR

Kombinace	Roční dávky živin dodané hnojením [kg/ha]									Odběr živin sklizní [kg/ha]			BILANCE ŽIVIN [kg/ha]		
	Tekutá hnojiva			Pevná hnojiva			Dodáno celkem			N	P	K	N	P	K
	N	P	K	N	P	K	N	P	K						
1	0	0	0	9	3	40	9	3	40	69	13	110	-60	-10	-70
2	0	0	0	9	2	33	9	2	33	71	13	131	-63	-10	-98
3	191	11	75	53	13	91	245	24	166	89	19	168	156	5	-1
4	191	11	75	53	14	91	245	25	166	96	16	167	149	9	-1
5	8	0	16	45	10	95	53	10	111	99	18	166	-46	-8	-55
6	8	0	16	45	10	95	53	10	111	100	16	163	-47	-6	-52

Tab. č. 20: Bilance živin na ZS JAR

Kombinace	Roční dávky živin dodané hnojením [kg/ha]									Odběr živin sklizní [kg/ha]			BILANCE ŽIVIN [kg/ha]		
	Tekutá hnojiva			Pevná hnojiva			Dodáno celkem			N	P	K	N	P	K
	N	P	K	N	P	K	N	P	K						
1	0	0	0	14	3	47	14	3	47	43	9	58	-28	-5	-11

2	0	0	0	13	2	44	13	2	44	47	8	62	-34	-5	-17
3	191	11	75	61	16	116	253	27	191	57	7	70	196	20	120
4	191	11	75	62	15	111	254	26	186	74	10	88	180	16	98
5	8	0	16	95	34	208	102	34	224	61	8	82	41	26	142
6	8	0	16	95	34	208	102	34	224	65	10	93	38	24	131

Tab. č. 21: Bilance živin na ZS LIP

Kombinace	Roční dávky živin dodané hnojením [kg/ha]									Odběr živin sklizní [kg/ha]			BILANCE ŽIVIN [kg/ha]		
	Tekutá hnojiva			Pevná hnojiva			Dodáno celkem								
	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K
1	0	0	0	9	1	19	9	1	19	25	6	31	-16	-5	-11
2	0	0	0	6	1	21	6	1	21	41	9	42	-35	-7	-21
3	191	11	75	53	13	78	244	24	152	65	13	114	179	11	38
4	191	11	75	52	13	78	244	24	153	79	16	133	165	7	20
5	8	0	16	97	18	131	105	18	147	65	13	97	40	5	50
6	8	0	16	97	18	131	105	18	147	66	13	85	39	5	62

Tab. č. 22: Bilance živin na ZS VER

Kombinace	Roční dávky živin dodané hnojením [kg/ha]									Odběr živin sklizní [kg/ha]			BILANCE ŽIVIN [kg/ha]		
	Tekutá hnojiva			Pevná hnojiva			Dodáno celkem								
	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K
1	0	0	0	21	4	74	21	4	74	136	27	194	-115	-24	-120
2	0	0	0	25	4	72	25	4	72	133	31	215	-108	-27	-143
3	191	11	75	74	16	133	265	27	208	156	35	253	110	-7	-45
4	191	11	75	71	16	125	262	27	200	136	30	200	126	-3	-1
5	8	0	16	79	24	50	86	25	65	149	30	231	-63	-5	-166
6	8	0	16	79	24	50	86	25	65	140	29	212	-53	-5	-146

Z uvedených hodnot vyplývá, že na ZS JAR a LIP byla na kombinacích 3 až 6 u všech živin dosažena pozitivní bilance. U ZS CAS, VER a HOR byla zjištěna u všech kombinací negativní bilance draslíku, zatímco v případě dusíku byla na těchto třech ZS pozitivní bilance zjištěna u kombinací 3 a 4. Bilance živin byla ovlivněna výnosem hlíz na jednotlivých ZS, kdy tento byl na ZS JAR a LIP oproti ostatním ZS nižší, tudíž i množství živin, odebrané sklizenou plodinou, bylo nižší, což se podepsalo na výsledku bilance živin. Nehnojená pokusná kombinace, resp. kombinace hnojená pouze zeleným hnojením, vykazovaly na všech ZS negativní bilanci.

3.7. Vyplavování živin

Vyplavování živin bylo sledováno na zkušební stanici v Lípě, kde byl instalován lyzimetr před založením pokusu na podzim roku 2014, a to pod pokusnými kombinacemi 1, 3, 4 a 6.

Sběrné misky pod těmito kombinacemi jsou umístěny v hloubce 30 a 60 cm v opakování B. Šachta je umístěna mimo pokusné parcely. Provozování lyzimetru a zhodnocení výsledků je prováděno podle Metodického pokynu č. 24/SZV.

Cílem lyzimetrických sledování ÚKZÚZ je dlouhodobé vyhodnocování procesu translokace živin (zejména dusíku) v půdě, a to především z hlediska klimatu, půdy a výživy

rostlin. Prvořadým záměrem lyzimetrických měření je sledování pohybu živin v půdě na základě analýz eluátu (průsakové vody). Z tohoto hlediska jsou zvláště významné obsahy živin v eluátu zachyceném v hloubce 60 cm, které většinou představují ztrátu pro rostliny a současně nebezpečí pro kvalitu vod.

Lyzimetr založený na orné půdě je umístěn na pozemku tak, aby sběrná oblast lyzimetru mohla být běžně obdělávána a hnojena s použitím veškeré mechanizace na pozemku používané. Agrotechnické zásahy, včetně hnojení a ochrany rostlin, se řídí požadavky pravidel ekologické produkce.

Vzorky eluátu z nově založeného lyzimetru měly být odebírány poprvé v roce 2015, a to vzhledem k tomu, že po založení lyzimetru se doporučuje určitý čas, kdy se eliminuje retence sběrných misek, vyčistí se eluát od příměsí z písku a usadí se výkop pracovní jámy kolem šachty. První rok provozu lyzimetru, tedy rok 2015, se z výše uvedených důvodů považuje za zkušební. Navíc se rok 2015 ukázal jako srážkově podprůměrný, tudíž během roku nedošlo k záchytu eluátu.

3.7.1. Charakteristika zkušební stanice v Lípě

Na pokusné ploše nad lyzimetrem byly pěstovány brambory, odrůda Adéla. Výsadba byla provedena 4.5.2016 a sklizeň proběhla 7.9.2016.

3.7.2. Klimatická charakteristika, srážky

Rok 2016 byl dle meteorologického sledování celkově teplotně nadnormální, teplotní průměr byl 8,4 °C, což je oproti dlouhodobému normálu o 0,9 °C vyšší. Co se týkalo srážek, jednalo se o rok srážkově lehce podprůměrný, bylo naměřeno 84 % dlouhodobého srážkového normálu. K záchytu eluátu došlo v roce 2016 v měsících červenec, srpen a listopad.

3.7.3. Živiny a průvodní látky ve srážkové vodě

Srážková voda představuje z hlediska výživy rostlin nezanedbatelnou dodávku živin a průvodních látek do půdy. Přehled živin a průvodních látek dodaných srážkovou vodou v roce 2016 je uveden v kg/ha.

Tab. č. 23: Srážková voda, obsah živin a průvodních látek (2016)

pH	N-NO ₃	N-NH ₄	Cl	P	K	Mg	Ca	Na	SO ₄
-	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha
6,2	30,7	0,93	36,26	0,9	15,9	49,2	109,87	59,03	86,78

Srážkovou vodou se do půdy dostalo 31,63 kg N/ha.

3.7.4. Odběr dusíku sklizenými rostlinami

Tab. č. 24: Odběr dusíku sklizenými rostlinami (2016)

Sklizňové produkty	Kombinace	N/s [%]	Výnos [t/ha]	Výnos z 1 ha v kg sušiny [kg/ha]	Odebráno N [kg/ha]
HLÍZY	1	1,42	8,69	1758	24,85
	3	1,35	24,94	4816	65,02
	4	1,31	27,15	6027	78,95
	6	1,73	19,85	3835	66,35

3.7.5. Dynamika minerálního dusíku v půdě

Odběr půdních vzorků na stanovení minerálního dusíku na orné půdě byl prováděn dvakrát ročně, na jaře a po sklizni brambor. Hloubka odběru vzorků odpovídá hloubce uložení sběrných misek v lyzimetru a je označena H1 (0 - 30 cm), H2 (30 - 60) cm.

Tab. č. 25: Dynamika minerálního dusíku v půdě (2016)

Kombinace	Termín	Horizont	N-NO ₃ /s	N-NH ₄ /s	N _{min} /s	N
		[cm]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
1	jaro	0 - 30	5,85	0,93	6,78	40,68
		30 - 60	4,38	1,17	5,55	16,65
	po sklizni	0 - 30	8,25	0,68	8,93	53,58
		30 - 60	11,56	0,44	12,00	36,00
3	jaro	0 - 30	6,85	1,14	2,88	47,94
		30 - 60	9,29	0,84	30,39	26,76
	po sklizni	0 - 30	2,60	0,89	3,49	20,94
		30 - 60	5,44	0,44	5,88	17,64
4	jaro	0 - 30	6,52	0,70	7,22	43,32
		30 - 60	6,02	0,60	6,62	19,86
	po sklizni	0 - 30	6,34	1,12	7,46	44,76
		30 - 60	7,12	0,77	7,89	23,67
6	jaro	0 - 30	8,36	1,00	9,36	56,16
		30 - 60	5,43	1,12	6,55	19,65
	po sklizni	0 - 30	3,97	0,79	4,76	28,56
		30 - 60	5,53	0,45	5,98	17,94

3.7.6. Rozšířená bilance dusíku na ZS LIP

Základními údaji pro toto hodnocení dusíku jsou jeho vstupy z organických hnojiv (podzim 2015 - chlévský hnůj, kompost; jaro 2016 – digestát, močůvka) a výstupy formou sklizně hlavního produktu. V lyzimetrických sledováních je možné do vstupů zařadit i dusík dodaný dešťovými srážkami a jarní obsah N_{min} v půdě (zásobní). Do výstupů lze zařadit ztrátu dusíku vyplavením z hloubky 60 cm. Výsledky rozšířeného hodnocení dusíku na ZS LIP uvádí tab. 26 jako ± N v kg/ha.

Tab. č. 26: Rozšířená bilance dusíku na ZS LIP

Kombinace	A – vstupy [kg/ha]			B – výstupy [kg/ha]			ROZDÍL A - B
	Organ. hnojení	Srážky	Celkem	Odběr sklizní	Ztráty pod 60 cm	Celkem	
1	0	32	32	25	0,03	25	7
3	244	32	276	65	0,02	65	211
4	244	32	276	79	0,04	79	197
6	105	32	137	66	0,52	67	70

V roce 2016 bylo naměřeno 84 % srážkového normálu, v průběhu roku byly 3 záchyty eluátu (červenec, srpen, listopad) v horizontech H1 a H2. Průměrná roční teplota dosáhla hodnoty 8,4 °C, což je oproti dlouhodobému normálu o 0,9 °C vyšší hodnota. Dle dlouhodobého sledování lze konstatovat, že dešťovými srážkami je dodáván do půdy především dusík v nitrátové formě. Bilance dusíku je na všech sledovaných kombinacích pozitivní. Nejvýraznější pozitivní bilance byla zjištěna u kombinací 3 a 4, hnojených

kompostem a digestátem. Z tabulky č. 26 je zřejmé, že v rámci ekologického pokusu u žádné sledované pokusné kombinace prakticky nedošlo k vyplavování dusíku eluátem pod horizont 60 cm a k ohrožení spodních vod dusičnanovým dusíkem, a to ani v případě kombinací 3 a 4, u kterých je přívod dusíku hnojením nejvyšší.

4. ZÁVĚR

Dlouhodobý polní ekologický pokus si klade za cíl sledování vlivu systému hospodaření s chovem a bez chovu hospodářských zvířat a aplikace vnějších vstupů na výkonnost a zdravotní stav plodin, jakost produktů, půdní vlastnosti, edafon, výskyt škodlivých činitelů a bilanci živin.

Rok 2016 byl druhým rokem osevního sledu, kdy pěstovanou plodinou na všech kombinacích byly brambory, odrůda Adéla. Hodnocené parametry u sklizně byly výnos a technologické vlastnosti. Dále byly hodnoceny agrochemické vlastnosti půdy, bilance hlavních živin (N, P, K) a vyplavování dusíku. Z výše uvedených výsledků získaných v tomto roce lze konstatovat následující:

1. Nejvyšší průměrný výnos hlíz byl dosažen na kombinaci 4 (systém bez chovu hospodářských zvířat). Zvýšení výnosu proti nehnojené kombinaci bylo o 38 %. Výnos se zvýšil u všech hnojených kombinací, k největšímu nárůstu pak došlo na zmíněné kombinaci 4, která byla hnojená kompostem, digestátem a intenzifikačním vstupem (Hycol-E).

2. Hlízy brambor nebyly napadeny hnilobou. Mírný výskyt hniloby se vyskytoval pouze na zkušební stanici Věrovany v kombinaci 6. Nejvíce zastoupenou kategorii v rámci velikostního třídění byly tržní hlízy (4–7 cm). Podle tohoto parametru byla úroda nejlepší v Horažďovicích, kde 84 % hlíz spadalo do této kategorie. Naopak zkušební stanice Jaroměřice nad Rokytou měla pouze 57 % hlíz tržních a 43 % hlíz malých.

3. V rámci lyzimetrického sledování na zkušební stanici Lípa bylo v roce 2016 naměřeno 84 % srážkového normálu, rok byl tedy srážkově lehce podprůměrný. K záchytu eluátu došlo v roce 2016 v měsících červenec, srpen a listopad. Teplotně byl tento rok nadnormální, teplotní průměr byl 8,4 °C, což je oproti dlouhodobému normálu o 0,9 °C vyšší teplota. Dle dlouhodobého sledování lze konstatovat, že dešťovými srážkami je dodáván do půdy především dusík v nitrátové formě. Bilance dusíku je na všech sledovaných kombinacích pozitivní. Nejvýraznější pozitivní bilance byla zjištěna u kombinací 3 a 4, hnojených kompostem a digestátem. V rámci ekologického pokusu u žádné sledované kombinace prakticky nedošlo k vyplavování dusíku eluátem pod horizont 60 cm a k ohrožení spodních vod dusičnanovým dusíkem.

4. Obsah nitrátového dusíku v půdě v roce 2016 se při porovnání se vzorky z podzimu roku 2014 (založení ekologického pokusu) na jednotlivých zkušebních stanicích snížil. Při porovnání obsahu nitrátového dusíku na jaře a po sklizni v roce 2016 lze konstatovat, že k nejvýraznějším sezónním změnám v obsahu nitrátového dusíku došlo na ZS Věrovany a Horažďovice, kde jeho obsahy po sklizni výrazně poklesly, což je z pohledu možného znečištění spodních vod v zimním období pozitivní zjištění. Toto naopak neplatilo v případě ZS Čáslav, kde byl zaznamenán opačný trend. Podobné zjištění platilo i pro většinu kombinací na ZS Jaroměřice. U ZS Lípa nebylo možné trend jednoznačně stanovit. Obdobně tomu bylo i při zařazení půd do bezpečnostních kategorií, kdy rizikovým faktorem byl právě obsah nitrátového dusíku. Na ZS Věrovany a Horažďovice se půdy po sklizni z pohledu tohoto parametru oproti jaru řadily do kategorií s nižší rizikostí, zatímco u ZS Čáslav a s výjimkou některých kombinací i u ZS Jaroměřice většinou zůstávaly ve stejné kategorii či se přesunuly do kategorie s vyšší rizikostí. U ZS Lípa půda na některých kombinacích zůstala ve stejné kategorii, zatímco u některých se přesunula do kategorií s nižší, resp. vyšší rizikostí.

Lze předpokládat, že klíčový vliv na sezónní změnu obsahu nitrátového, resp. celkového minerálního dusíku v půdě, má jeho odběr sklizenými plodinami. Je tedy ovlivněn výnosem, dosahovaným u pokusných kombinací na jednotlivých ZS. To by potvrdzovala skutečnost,

že největšího výnosu, a tedy i největšího odběru dusíku sklizenými plodinami bylo dosaženo na ZS VER a ZS HOR. Svou roli pak zřejmě sehrává i půdní charakteristika a ráz počasí (teploty, srážky) v daném roce na jednotlivých zkušebních stanicích.

5. Bilance živin byla na zkušebních stanicích Jaroměřice nad Rokytnou a Lípa u kombinací 3 až 6 pro všechny živiny pozitivní. U zkušebních stanic Čáslav, Věrovany a Horažďovice měl pozitivní bilanci na kombinaci 3 a 4 dusík. Bilance draslíku byla na všech kombinacích u těchto tří zkušebních stanic negativní. Pozitivní bilance u všech sledovaných živin byla na všech zkušebních stanicích zjištěna u kombinací 3 a 4. Na kombinaci 5 a 6 je bilance fosforu pozitivní a u ostatních prvků mírně negativní. Nehnojená kombinace a kombinace pouze se zeleným hnojením měly vždy bilanci negativní.