

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

Oddělení výživy rostlin



**Sledování vlivu stupňované intenzity hnojení na výnosy plodin,
na agrochemické vlastnosti půd a na bilanci živin**

Výroční zpráva z polní stacionární zkoušky za rok 2017

Zpracoval: Ing. Jaroslav Hynšt, Ph.D.
Markéta Vodáková

Schválil: Ing. Michaela Smatanová, Ph.D.
vedoucí Oddělení výživy rostlin

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

Brno, březen 2019

1 ÚVOD

Dlouhodobá polní zkouška sleduje závislost mezi stupňovanou intenzitou hnojení, dosahovanou výrobností osevního sledu a změnami základních agrochemických vlastností půd. Z údajů o množství dodaných a odčerpaných živin je každoročně počítána bilance živin. Je také hodnocen vliv použitých hnojiv na kvalitu produkce.

Stacionární zkoušky byly na jednotlivých stanicích zakládány postupně, první sledování započalo v roce 1972 v Uherském Ostrohu a Žatci, nejmladší zkouška byla založena ve Věrovaněch v roce 1990. První dva osevní sledy byly devítihonné, další osmihonné. Tato výroční zpráva hodnotí čtvrtý rok současného osevního sledu, tj. rok 2017.

2 MATERIÁL A METODY

Podrobné údaje o metodice zkoušky pro období 2014 až 2021 jsou uvedeny v Prováděcích metodikách polních stacionárních zkoušek. Osevní sled pro toto období uvádí tab.1. V roce 2017 byly pěstovány rané brambory, odrůda Adéla. Kombinace hnojení jsou uvedeny v tab. 2, dávky živin jsou uvedeny v tab. 3 a tab.4.

Tab.1: Osevní sled 2014 až 2021

rok	výrobní oblast řepařská	výrobní oblast bramborářská
2014	oves - vojtěška	oves - jetel
2015	vojtěška	jetel
2016	pšenice ozimá	pšenice ozimá
2017	brambory rané	brambory rané
2018	pšenice ozimá	pšenice ozimá
2019	ječmen jarní	ječmen jarní
2020	cukrovka	brambory
2021	ječmen jarní	ječmen jarní

Tab.2: Kombinace hnojení

kombinace	minerální hnojení			organické hnojení	vápnění
	N	P	K		
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	chlévký hnůj	dle potřeby
3	2	2	0		
4	2	2	1		
5	2	2	2		
6	2	2	3		
7	2	0	2		
8	2	1	2		
9	2	3	2		
10	1	1	1		
11	3	3	3		
12 ¹⁾	2	2	2		
12 ²⁾	3	3	3		0

12¹⁾ v řepařské oblasti na rozdíl od kombinace 5 hnojeno každoročně

12²⁾ v bramborářské oblasti na rozdíl od kombinace 11 bez vápnění

Tab.3: Dávky živin (kg ha⁻¹) – výrobní oblast řepařská

živina	dobu aplikace	kombinace											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
chl.hnůj	podzim 2016 [t.ha ⁻¹]	0	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
P ₂ O ₅	podzim 2016	0	0	120	120	120	120	0	60	240	60	240	60
K ₂ O	podzim 2016	0	0	0	80	160	320	160	160	160	80	320	80
N	jaro 2017	0	0	120	120	120	120	120	120	120	80	160	120

Tab.4: Dávky živin (kg ha⁻¹) -výrobní oblast bramborářská

živina	dobu aplikace	kombinace											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
chl.hnůj	podzim 2016 [t.ha ⁻¹]	0	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
P ₂ O ₅	podzim 2016	0	0	120	120	120	120	0	60	240	60	240	240
K ₂ O	podzim 2016	0	0	0	80	160	320	160	160	160	80	320	320
N	jaro 2017	0	0	120	120	120	120	120	120	120	80	160	160

3 CHARAKTERISTIKA POKUSNÝCH MÍST

Polní zkouška je vedena na 11 lokalitách, z toho na čtyřech stanovištích v řepařské výrobní oblasti a sedmi stanovištích v bramborářské výrobní oblasti.

Tab.5: Výrobní oblast řepařská

stanoviště	rok založení	nadmoř. výška (m)	průměrné roční		půdní typ	půdní druh
			srážky (mm)	teploty (°C)		
P. Jakartice (PJA)	1979	290	650	8,0	hnědozem	h
Uh. Ostroh (UHO)	1972	196	551	9,2	hnědozem	h
Věrovany (VER)	1990	207	563	8,5	černozem	h
Žatec (ZAT)	1972	247	451	8,3	černozem	hj

Tab.6: Výrobní oblast bramborářská

stanoviště	rok založení	nadmoř. výška (m)	průměrné roční		půdní typ	půdní druh
			srážky (mm)	teploty (°C)		
Horažďovice (HOR)	1978	472	573	7,4	kambizem	hp
Chrastava (CHR)	1977	345	798	7,1	hnědozem	hp
Jaroměřice (JAR)	1975	425	535	7,5	hnědozem	h
Lípa (LIP)	1974	505	632	7,7	kambizem	ph
Staňkov (STV)	1981	370	511	7,8	hnědozem	h
Svitavy (HRA)	1981	460	624	6,5	hnědozem	ph
Vysoká (VYS)	1983	595	655	7,4	pseudoglej	h

4 VÝSLEDKY

4.1 Vegetační sledování

Duben byl na všech stanicích bohatý na srážky. Na stanicích Uherský Ostroh a Staňkov to způsobilo zdržení výsadby brambor. Na stanici Pusté Jakartice bylo vzcházení zpomaleno zamokřením po výsadbě. Výsadba brambor proběhla mezi 12. dubnem až 18. květnem ručně vesměs do dobře připravené půdy. Zbytek vegetačního období byl spíše suchý, srážky byly soustředěny do několika kratších období a jen omezeně zásobovaly rostliny vláhou. Nedostatek vláhy se nejvíce projevil na stanicích Horažďovice, Jaroměřice, Uherský Ostroh a Vysoká. Na stanici Jaroměřice došlo v důsledku sucha k pomalejšímu vzcházení. Vadnutí nati v důsledku vysokých teplot bylo pozorováno na stanici Horažďovice. Větší množství srážek v červenci bylo zaznamenáno na stanici Chrástava, na stanicích Lípa a Hradec se střídaly periody sucha a srážek. V Hradci došlo v polovině květnu po přívalem dešti k částečnému poškození některých kombinací. Poškozené parcely nebyly hodnoceny. K poškození porostu došlo také ve Věrovanech po krupobití v červnu. Na stanici Uherský ostroh způsobily srážky ve druhé polovině vegetace obnovení růstu. Také v Jaroměřicích přišly srážky po dlouhém období sucha a prodloužení vegetace vedlo ke zvýšení počtu malých a zdeformovaných hlíz.

Sklizeň brambor probíhala od 30. srpna do 2. října. Všechny sklizňové výsledky jsou spolehlivé a plně použitelné pro hodnocení.

4.2 Hodnocení dosažených výnosů

Výnosy brambor ze stanovišť v ŘVO uvádí tab.7 a tab. 8. Rozdíly mezi kombinacemi byly statisticky vyhodnoceny s využitím analýzy variance, která prokázala vliv hnojení na výnos na všech stanicích v ŘVO kromě stanice Věrovany. Rozdíly mezi jednotlivými kombinacemi byly srovnávány na základě výpočtu minimální významné difference. Výnos byl zvýšen po hnojení hnojem, největší vliv měla aplikace hnoje na stanici Pusté Jakartice, kde bylo zvýšení výnosu téměř dvojnásobné a statisticky průkazné. Na ostatních stanicích byl vliv samotného hnoje patrný, ale statisticky neprůkazný. Minerálním hnojením byl výnos dále zvyšován a zejména po hnojení vyššími dávkami živin byly rozdíly průkazné ve srovnání s kontrolou a hnojem hnojenou kombinací. Rozdíly mezi minerálně hnojenými kombinacemi však byly poměrně malé. Nejvyšší výnos byl zaznamenán po aplikaci nejvyšší dávky všech živin (kombinace N3P3K3), nebyl však průkazně vyšší, než výnosy u ostatních minerálně hnojených kombinací. Vliv stupňování dávek živin na výnos uvádí tab. 9. Ze srovnání kombinací 5 a 12 vyplývá, že každoroční a zásobní hnojení má na výnos brambor přibližně srovnatelný vliv (tab. 9).

Tab.7: Průměrný výnos brambor v ŘVO [t.ha⁻¹.rok⁻¹]. Odlišná písmena v indexu označují statisticky průkazné rozdíly mezi kombinacemi.

stanice	jednotky	1.Nehnojeno	2.CHLHN	3.N2P2K0	4.N2P2K1	5.N2P2K2	6.N2P2K3	7.N2P0K2	8.N2P1K2	9.N2P3K2	10.N1P1K1	11.N3P3K3	12.N2P2K2
PJA	t.ha⁻¹	20,0 ^c	39,4 ^b	46,4 ^{ab}	50,3 ^a	46,6 ^{ab}	53,1 ^a	47,4 ^{ab}	50,8 ^a	51,1 ^a	48,0 ^{ab}	55,2 ^a	51,2 ^a
	%	100,0	196,7	231,7	250,9	232,6	264,8	236,4	253,7	254,8	239,5	275,2	255,5
UHO	t.ha⁻¹	9,3 ^c	11,9 ^{bc}	16,0 ^a	14,5 ^{ab}	14,4 ^{ab}	15,7 ^a	14,3 ^{ab}	16,1 ^a	15,8 ^a	14,7 ^{ab}	16,4 ^a	15,1 ^a
	%	100,0	127,2	171,9	155,4	154,6	168,4	152,9	172,9	169,5	157,2	175,8	161,3
VER	t.ha⁻¹	21,5 ^b	22,8 ^{ab}	21,9 ^b	22,3 ^{ab}	23,1 ^{ab}	23,3 ^{ab}	23,3 ^{ab}	23,0 ^{ab}	24,3 ^a	23,5 ^{ab}	22,5 ^{ab}	22,8 ^{ab}
	%	100,0	105,9	101,6	103,8	107,4	108,1	108,2	106,6	112,7	109,1	104,6	105,9
ZAT	t.ha⁻¹	25,0 ^b	28,0 ^{ab}	33,6 ^a	33,9 ^a	32,9 ^a	33,7 ^a	32,9 ^a	33,9 ^a	31,5 ^{ab}	30,4 ^{ab}	35,6 ^{ab}	31,9 ^{ab}
	%	100,0	112,3	134,5	135,9	131,7	134,9	131,9	136,0	126,2	121,9	142,5	128,0
průměr	t.ha⁻¹	19,0	25,5	29,5	30,3	29,3	31,4	29,5	31,0	30,7	29,1	32,4	30,2
	%	100,0	135,5	159,9	161,5	156,6	169,1	157,4	167,3	165,8	156,9	174,5	162,7

Tab.8: Průměrný výnos brambor v OJ.ha⁻¹ a relativní srovnání v ŘVO

stanice	1.Nehnojeno	2.CHLHN	3.N2P2K0	4.N2P2K1	5.N2P2K2	6.N2P2K3	7.N2P0K2	8.N2P1K2	9.N2P3K2	10.N1P1K1	11.N3P3K3	12.N2P2K2
PJA	5,0	9,9	11,6	12,6	11,7	13,3	11,8	12,7	12,8	12,0	13,8	12,8
UHO	2,3	3,0	4,0	3,6	3,6	3,9	3,6	4,0	4,0	3,7	4,1	3,8
VER	5,4	5,7	5,5	5,6	5,8	5,8	5,8	5,7	6,1	5,9	5,6	5,7
ZAT	6,2	7,0	8,4	8,5	8,2	8,4	8,2	8,5	7,9	7,6	8,9	8,0
průměr	4,7	6,4	7,4	7,6	7,3	7,9	7,4	7,7	7,7	7,3	8,1	7,6
%	100,0	134,6	155,5	159,6	154,3	165,7	155,4	163,3	161,6	153,7	170,9	159,5

Tab.9: Vliv stupňovaných dávek hnojiv na průměrný výnos brambor v ŘVO [OJ.ha⁻¹]

komb	OJ	%	komb	OJ	%	komb	OJ	%	komb	OJ	%
1. N0P0K0	4,7	100	3. K0	7,4	100	7. P0	7,4	100	5	7,3	100
2. hnůj	6,4	135	4. K1	7,6	102	8. P1	7,7	105	12	7,6	104
10. N1P1K1	7,3	154	5. K2	7,3	99	5. P2	7,3	99			
5. N2P2K2	7,3	154	6. K3	7,9	106	9. P3	7,7	104			
11. N3P3K3	8,1	171									

Tabulka 10 a 11 uvádí průměrné výnosy brambor ze stanovišť v BVO. Analýza variance prokázala statisticky významný vliv hnojení na výnos na všech stanicích, kromě stanice Staňkov. Výnos byl zvyšován aplikací chlěvského hnoje a další zvýšení bylo pozorováno po současné aplikaci minerálních hnojiv. Ze statistického srovnání na základě minimální významné difference vyplývá, že výnos byl zvyšován stupňováním dávek minerálních hnojiv až do nejvyšší dávky (tab. 12). Byly zaznamenány průkazné rozdíly ve výnosu mezi kombinacemi hnojenými vyššími dávkami hnojiv na úrovni N2-N3, P2-P3 a K2-K3 a kombinacemi, které byly hnojeny nižšími dávkami P a K na úrovni P0-P1 a K0-K1. Pozorované rozdíly dokládají význam P a K hnojení pro udržení úrodnosti půdy. Absence vápnění při nejvyšší dávce živin se na výnosu projevila pouze na stanici Lípa, na ostatních stanicích v BVO byly výnosy nejvíce hnojených kombinací přibližně srovnatelné s vápněním i bez vápnění (tab. 12).

Tab.10: Průměrný výnos brambor v BVO [$t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$]. Odlišná písmena v indexu označují statisticky průkazné rozdíly mezi kombinacemi.

stanice	jednotky	1.Nehnojeno	2.CHLHN	3.N2P2K0	4.N2P2K1	5.N2P2K2	6.N2P2K3	7.N2P0K2	8.N2P1K2	9.N2P3K2	10.N1P1K1	11.N3P3K3	12.N3P3K3
HOR	$t \cdot ha^{-1}$	24,8 ^e	31,5 ^d	34,8 ^d	35,3 ^c	35,8 ^c	37,9 ^c	37,4 ^c	38,5 ^c	37,5 ^c	31,7 ^d	42,8 ^b	47,3 ^a
	%	100,0	127,4	1,4	142,7	144,5	153,3	151,0	155,6	151,5	128,0	173,1	191,0
CHR	$t \cdot ha^{-1}$	27,9 ^e	43,5 ^d	59,0 ^b	57,1 ^b	54,6 ^b	59,0 ^a	46,9 ^c	56,5 ^{bc}	57,3 ^{ab}	47,4 ^c	56,9 ^a	54,5 ^b
	%	100,0	156,2	211,8	205,1	195,9	211,9	168,3	202,7	205,7	170,2	204,3	195,5
JAR	$t \cdot ha^{-1}$	17,1 ^d	20,7 ^c	21,1 ^c	21,7 ^b	24,0 ^a	23,5 ^{ab}	22,1 ^{ab}	23,1 ^{ab}	22,5 ^{ab}	21,8 ^b	22,0 ^c	20,9 ^c
	%	100,0	121,5	123,9	127,2	140,6	138,0	129,6	135,5	131,7	127,5	128,8	122,7
LIP	$t \cdot ha^{-1}$	26,3 ^f	32,4 ^c	57,0 ^c	57,2 ^{bc}	57,5 ^b	60,6 ^{ab}	56,4 ^c	60,7 ^a	62,4 ^a	53,2 ^c	60,8 ^{ab}	49,5 ^d
	%	100,0	123,5	216,8	217,7	218,8	230,8	214,7	230,9	237,5	202,6	231,4	188,3
STV	$t \cdot ha^{-1}$	16,9 ^{ab}	16,9 ^{ab}	16,3 ^{ab}	17,9 ^{ab}	17,3 ^{ab}	21,3 ^a	20,7 ^{ab}	20,8 ^{ab}	20,3 ^{ab}	17,6 ^{ab}	20,1 ^{ab}	19,2 ^b
	%	100,0	100,1	96,2	105,8	102,2	126,2	122,7	123,1	120,2	104,1	119,1	113,7
HRA	$t \cdot ha^{-1}$	26,2 ^c	28,7 ^c	37,2 ^d	42,6 ^b	46,2 ^{ab}	44,8 ^{ab}	44,5 ^{ab}	42,5 ^b	44,2 ^{ab}	35,5 ^c	48,4 ^a	48,5 ^a
	%	100,0	109,4	141,9	162,5	176,2	170,9	169,9	162,1	168,7	135,7	184,8	185,3
VYS	$t \cdot ha^{-1}$	14,4 ^l	20,0 ^k	29,9 ⁱ	31,4 ^g	32,8 ^e	33,2 ^d	32,1 ^f	30,9 ^h	34,8 ^c	25,3 ^j	37,9 ^b	39,2 ^a
	%	100,0	138,6	207,4	217,7	227,7	230,5	222,6	214,6	241,2	175,2	262,7	271,7
průměr	$t \cdot ha^{-1}$	21,9	27,7	36,5	37,6	38,3	40,1	37,2	39,0	39,8	33,2	41,3	39,9
	%	100,1	126,4	166,5	171,6	174,9	182,9	169,6	178,0	181,9	151,6	188,5	182,0

Tab.11: Průměrný výnos brambor v OJ. ha^{-1} a relativní srovnání v BVO

stanice	1.Nehnojeno	2.CHLHN	3.N2P2K0	4.N2P2K1	5.N2P2K2	6.N2P2K3	7.N2P0K2	8.N2P1K2	9.N2P3K2	10.N1P1K1	11.N3P3K3	12.N3P3K3
HOR	6,2	7,9	8,7	8,8	8,9	9,5	9,3	9,6	9,4	7,9	10,7	11,8
CHR	7,0	10,9	14,8	14,3	13,6	14,8	11,7	14,1	14,3	11,9	14,2	13,6
JAR	4,3	5,2	5,3	5,4	6,0	5,9	5,5	5,8	5,6	5,4	5,5	5,2
LIP	6,6	8,1	14,2	14,3	14,4	15,2	14,1	15,2	15,6	13,3	15,2	12,4
STV	4,2	4,2	4,1	4,5	4,3	5,3	5,2	5,2	5,1	4,4	5,0	4,8
HRA	6,5	7,2	9,3	10,6	11,5	11,2	11,1	10,6	11,0	8,9	12,1	12,1
VYS	3,6	5,0	7,5	7,8	8,2	8,3	8,0	7,7	8,7	6,3	9,5	9,8
průměr	5,5	6,9	9,1	9,4	9,6	10,0	9,3	9,7	10,0	8,3	10,3	10,0
%	100,0	126,1	166,1	171,3	174,5	182,6	169,3	177,7	181,6	151,4	188,1	181,7

Tab.12: Vliv stupňovaných dávek hnojiv na průměrný výnos brambor v ŘVO [OJ. ha^{-1}]

komb.	OJ	%	komb.	OJ	%	komb.	OJ	%	komb.	OJ	%
1. N0P0K0	5,5	100	3. K0	9,1	100	7. P0	9,3	100	11	10,3	100
2. hnůj	6,9	126,1	4. K1	9,4	103	8. P1	9,7	104,8	12	10,0	97,1
10. N1P1K1	8,3	151,4	5. K2	9,6	105	5. P2	9,6	102,9			
5. N2P2K2	9,6	174,5	6. K3	10	110	9. P3	10,0	107,1			
11. N3P3K3	10,3	188,1									

4.3 Hodnocení technologických rozborů

Ve sklizených hlízách byl stanoven obsah škrobu metodou NIR. Obsah škrobu (tab.13) byl mírně snižován rostoucí dávkou živin v obou výrobních oblastech.

Tab.13: Zhodnocení škrobnatosti v hlízách [%]

stanice	1.bez hnojení	2.CHL.HN.	10. N ₁ P ₁ K ₁	5. N ₂ P ₂ K ₂	11. N ₃ P ₃ K ₃
PJA	71,4	68,4	67,6	67,5	63,4
UHO	74,2	70,2	69,1	72,4	69,5
VER	63,3	67,8	58,4	60,7	55,6
ZAT	69,2	59,8	62,0	57,2	61,0
Průměr ŘVO	69,5	66,6	64,3	64,5	62,4
Rel. srovnání v %	100	96	92	93	90
HOR	62,9	66,5	65,9	62,7	62,7
CHR	66,7	66,0	61,9	63,5	61,6
JAR	72,6	69,2	70,3	62,6	66,0
LIP	65,6	69,2	63,7	67,7	68,2
STV	81,1	77,7	76,3	70,7	75,7
HRA	84,2	85,5	80,1	79,0	73,2
VYS	69,9	70,2	66,1	69,1	62,5
Průměr BVO	71,9	72,0	69,2	67,9	67,1
Rel. srovnání v %	100	100	96	94	93

4.4 Hodnocení půdních rozborů

Za účelem sledování změn agrochemických vlastností půdy se z orniční vrstvy každoročně po sklizni pokusné plodiny odebírají půdní vzorky. V nich jsou stanovovány hodnota výměnného pH (CaCl₂) a obsah P, K, Mg a Ca ve výluhu dle Mehlich 3. V tabulkách 14 a 15 jsou uvedeny výsledky půdních rozborů po sklizni 2017 ze stanovišť v ŘVO.

Pozorovaný pokles pH při vyšší intenzitě hnojení lze vysvětlit okyselujícím účinkem vysokých dávek hnojiv, který se projevil i v předchozích letech sledování.

S rostoucími dávkami jednotlivých živin i všech živin současně roste jejich obsah v půdě. Podobný nárůst byl zaznamenán i v předchozích letech sledování. Vliv stupňování dávek na obsah živin v půdě je větší než nárůst výnosu pěstovaných plodin. Při vysokých dávkách může část živin zůstat nevyužita v půdě a tím je zvyšován jejich obsah. Určitá úroveň výnosu naopak zůstává zachována i bez hnojení, zatímco obsah živin klesá. Tím může dojít k většímu prohloubení rozdílů v obsahu živin při menších rozdílech ve výnosu.

Tab.14: ŘVO - výsledky rozborů půdy po sklizni 2017

kombinace	půdní reakce pH/CaCl ₂				
	P.Jakartice	Uh. Ostroh	Věrovany	Žatec	Průměr
1.Nehnojeno	5,8	7,0	6,1	6,6	6,4
2.CHLHN	6,3	7,0	6,4	6,5	6,6
3.N2P2K0	5,8	6,9	5,9	6,2	6,2
4.N2P2K1	5,8	6,9	6,0	6,4	6,3
5.N2P2K2	5,9	6,8	6,0	6,2	6,2
6.N2P2K3	5,9	6,8	6,2	6,4	6,3
7.N2P0K2	5,8	6,4	6,0	6,2	6,1
8.N2P1K2	5,8	6,5	6,1	6,3	6,2
9.N2P3K2	5,8	6,2	6,0	6,4	6,1
10.N1P1K1	5,8	6,7	6,2	6,2	6,2
11.N3P3K3	5,5	6,6	5,7	6,2	6,0
12.N2P2K2	5,8	6,6	6,0	5,9	6,1

kombinace	fosfor ve výluhu Mehlich 3 [mg.kg ⁻¹]				
	P.Jakartice	Uh. Ostroh	Věrovany	Žatec	Průměr
1.Nehnojeno	61	57	89	17	56
2.CHLHN	87	67	81	30	66
3.N2P2K0	103	121	107	70	100
4.N2P2K1	105	117	123	92	109
5.N2P2K2	105	128	109	92	109
6.N2P2K3	110	115	110	98	108
7.N2P0K2	84	66	107	55	78
8.N2P1K2	103	86	101	96	97
9.N2P3K2	125	141	132	167	141
10.N1P1K1	86	83	127	84	95
11.N3P3K3	125	139	137	141	136
12.N2P2K2	113	113	159	128	128

kombinace	draslík ve výluhu Mehlich 3 [mg.kg ⁻¹]				
	P.Jakartice	Uh. Ostroh	Věrovany	Žatec	Průměr
1.Nehnojeno	87	239	147	132	151
2.CHLHN	121	264	130	139	164
3.N2P2K0	111	296	132	131	168
4.N2P2K1	153	315	166	181	204
5.N2P2K2	162	407	149	221	235
6.N2P2K3	243	471	162	231	277
7.N2P0K2	199	371	167	235	243
8.N2P1K2	194	345	178	272	247
9.N2P3K2	191	321	142	293	237
10.N1P1K1	158	275	173	172	195
11.N3P3K3	225	412	158	339	284
12.N2P2K2	160	304	180	184	207

kombinace	hořčík ve výluhu Mehlich 3 [mg.kg ⁻¹]				
	P.Jakartice	Uh. Ostroh	Věrovany	Žatec	Průměr
1.Nehnojeno	107	124	133	243	152
2.CHLHN	169	131	132	267	175
3.N2P2K0	165	128	148	277	180
4.N2P2K1	183	134	147	308	193
5.N2P2K2	170	142	145	311	192
6.N2P2K3	161	119	145	277	176
7.N2P0K2	170	131	140	303	186
8.N2P1K2	156	124	142	320	186
9.N2P3K2	146	124	143	323	184
10.N1P1K1	150	117	140	303	178
11.N3P3K3	140	119	134	297	173
12.N2P2K2	159	126	154	283	181

kombinace	vápník ve výluhu Mehlich 3 [mg.kg ⁻¹]				
	P.Jakartice	Uh. Ostroh	Věrovany	Žatec	Průměr
1.Nehnojeno	1450	3470	2780	3950	2913
2.CHLHN	1670	3370	2840	4040	2980
3.N2P2K0	1570	3170	2850	3860	2863
4.N2P2K1	1730	3250	2690	4120	2948
5.N2P2K2	1700	3190	2860	3940	2923
6.N2P2K3	1620	3270	2910	3660	2865
7.N2P0K2	1580	2280	2790	3670	2580
8.N2P1K2	1620	2340	2730	3800	2623
9.N2P3K2	1520	2140	2920	3650	2558
10.N1P1K1	1520	2610	2820	3460	2603
11.N3P3K3	1510	2780	2690	3450	2608
12.N2P2K2	1620	2740	2750	3430	2635

Tab.15: ŘVO – vliv stupňování dávek hnojiv na obsah přístupného P, K a pH po sklizni 2017

výměnná půdní reakce		stupňování všech živin - P		stupňování samotného P		stupňování všech živin - K		stupňování samotného K	
komb.	pH	komb.	mg.kg ⁻¹	komb.	mg.kg ⁻¹	komb.	mg.kg ⁻¹	komb.	mg.kg ⁻¹
1. N0P0K0	6,4	1. N0P0K0	56	7. P0	78	1. N0P0K0	151	3. K0	168
2. hnůj	6,6	2. hnůj	66	8. P1	97	2. hnůj	164	4. K1	204
10. N1P1K1	6,2	10. N1P1K1	95	5. P2	109	10. N1P1K1	195	5. K2	235
5. N2P2K2	6,2	5. N2P2K2	109	9. P3	141	5. N2P2K2	235	6. K3	277
11. N3P3K3	6,0	11. N3P3K3	136			11. N3P3K3	284		

Tabulky 16 a 17 prezentují výsledky analýz půdy po sklizni 2017 na stanovištích BVO. Nejnižší hodnota pH byla zaznamenána při nejvyšší dávce živin bez vápnění. Pozorovaný pokles pH může být vysvětlen zvýšeným odběrem vápníku a dalších kationtů při jejich omezeném vstupu v hnojivech. Poměrně nízká hodnota byla zjištěna také v nehnojené kontrole, kde dochází k trvalému odčerpávání bazických iontů, především vápníku, bez jejich

doplňování formou hnojiv. Obsah P a K v půdě se zvyšoval s rostoucí dávkou hnojiv podobně, jako v ŘVO.

Tab.16: BVO – výsledky rozborů půdy po sklizni

Komb	půdní reakce pH/CaCl ₂							Průměr
	HOR	CHR	JAR	LIP	STV	HRA	VYS	
1.Nehnojeno	5,8	5,0	5,5	5,7	6,1	5,5	5,2	5,5
2.CHLHN	6,6	6,3	6,6	6,1	6,4	6,5	6,1	6,4
3.N2P2K0	6,3	6,0	6,3	6,1	6,3	6,5	5,9	6,2
4.N2P2K1	6,2	5,9	6,3	6,0	5,9	6,7	5,4	6,1
5.N2P2K2	6,3	5,8	6,4	6,0	6,0	6,3	5,7	6,1
6.N2P2K3	6,3	5,8	6,2	6,1	6,0	6,4	5,7	6,1
7.N2P0K2	6,3	5,8	6,3	5,9	5,6	6,7	5,4	6,0
8.N2P1K2	6,1	5,8	6,3	6,0	5,8	6,5	5,8	6,0
9.N2P3K2	6,1	5,9	6,4	6,0	5,9	6,3	5,6	6,0
10.N1P1K1	6,5	6,1	6,3	6,1	5,9	6,6	5,7	6,2
11.N3P3K3	6,0	5,9	6,0	5,6	6,0	6,4	5,2	5,9
12.N3P3K3	5,0	5,1	4,9	5,9	5,5	5,4	4,7	5,2

Komb	fosfor ve výluhu Mehlich 3 [mg.kg ⁻¹]							Průměr
	HOR	CHR	JAR	LIP	STV	HRA	VYS	
1.Nehnojeno	42	81	73	20	54	89	54	59
2.CHLHN	78	65	129	23	58	86	53	70
3.N2P2K0	88	101	160	29	74	121	77	93
4.N2P2K1	86	125	165	27	67	124	81	96
5.N2P2K2	82	132	164	30	70	122	92	99
6.N2P2K3	98	103	156	36	70	118	99	97
7.N2P0K2	74	69	99	20	59	97	77	71
8.N2P1K2	86	98	139	25	66	116	96	89
9.N2P3K2	109	133	230	39	103	150	102	124
10.N1P1K1	91	100	167	38	68	117	89	96
11.N3P3K3	137	142	238	33	93	148	122	130
12.N3P3K3	139	177	253	32	111	174	246	162

Komb	draslík ve výluhu Mehlich 3 [mg.kg ⁻¹]							Průměr
	HOR	CHR	JAR	LIP	STV	HRA	VYS	
1.Nehnojeno	88	81	154	115	88	109	92	104
2.CHLHN	140	104	193	114	100	106	84	120
3.N2P2K0	117	122	207	111	133	97	113	129
4.N2P2K1	143	192	226	120	106	118	128	148
5.N2P2K2	139	184	269	162	138	175	141	173
6.N2P2K3	212	203	331	166	121	224	217	211
7.N2P0K2	189	158	260	134	148	181	157	175
8.N2P1K2	139	160	247	135	172	199	277	190
9.N2P3K2	141	154	259	128	200	166	155	172
10.N1P1K1	147	156	218	130	142	149	154	157
11.N3P3K3	251	205	369	162	206	230	230	236
12.N3P3K3	220	199	402	157	277	273	373	272

Komb	hořčík ve výluhu Mehlich 3 [mg.kg ⁻¹]							Průměr
	HOR	CHR	JAR	LIP	STV	HRA	VYS	
1.Nehnojeno	148	134	209	96	136	73	134	133
2.CHLHN	180	240	201	113	172	112	140	165
3.N2P2K0	186	259	207	122	173	137	145	176
4.N2P2K1	193	261	193	120	151	133	155	172
5.N2P2K2	179	239	194	125	156	127	115	162
6.N2P2K3	162	239	182	125	157	139	125	161
7.N2P0K2	199	235	198	114	169	171	112	171
8.N2P1K2	170	230	211	115	158	159	122	166
9.N2P3K2	179	211	193	110	170	144	128	162
10.N1P1K1	202	257	193	114	192	139	120	174
11.N3P3K3	174	234	172	95	187	161	113	162
12.N3P3K3	135	182	221	97	161	117	105	145

Komb	vápník ve výluhu Mehlich 3 [mg.kg ⁻¹]							Průměr
	HOR	CHR	JAR	LIP	STV	HRA	VYS	
1.Nehnojeno	1500	1250	2400	1530	1440	1380	1670	1596
2.CHLHN	1820	1480	3040	1720	1510	1630	2050	1893
3.N2P2K0	1640	1620	3170	1770	1510	1710	2100	1931
4.N2P2K1	1880	1620	3250	1800	1350	1960	1900	1966
5.N2P2K2	1700	1480	3260	1760	1330	1530	1990	1864
6.N2P2K3	1640	1400	2950	1710	1320	1590	2010	1803
7.N2P0K2	1790	1430	2860	1640	1240	1840	1840	1806
8.N2P1K2	1710	1480	3070	1710	1260	1680	1960	1839
9.N2P3K2	1670	1550	3510	1750	1340	1670	1940	1919
10.N1P1K1	1920	1610	3180	1770	1370	1720	2110	1954
11.N3P3K3	1690	1690	2920	1540	1420	1540	2020	1831
12.N3P3K3	1250	1690	2870	1550	1240	1250	1250	1586

Tab.17: BVO – vliv stupňování dávek hnojiv na obsah přístupného P, K a půdní reakci po sklizni 2017 [mg.kg⁻¹]

výměnná půdní reakce		stupňování všech živin - P		stupňování samotného P		stupňování všech živin - K		stupňování samotného K	
komb.	pH	komb.	mg.kg ⁻¹	komb.	mg.kg ⁻¹	komb.	mg.kg ⁻¹	komb.	mg.kg ⁻¹
1. N0P0K0	5,5	1	59	7. P0	71	1. N0P0K0	104	3. K0	129
2. hnůj	6,4	2	70	8. P1	89	2. hnůj	120	4. K1	148
10. N1P1K1	6,2	10	96	5. P2	99	10. N1P1K1	157	5. K2	173
5. N2P2K2	6,1	5	99	9. P3	124	5. N2P2K2	173	6. K3	211
11. N3P3K3	5,9	11	130			11. N3P3K3	236		

4.5 Bilance živin

K udržení půdní úrodnosti je třeba, aby vstupy a výstupy živin byly v rovnováze. Bilance byla vypočítána jako rozdíl mezi množstvím dodaných živin hnojením a odebraných sklizní. Do dávky živin byly započítány živiny aplikované v chlévském hnoji v množství odpovídajícím 40 % živin z celkového množství živin v použitém hnoji přičemž v roce 2018 bude počítáno s využitelností živin 45 %. Hodnoty bilance sledovaných základních živin ze stanovišť v ŘVO uvádí tab.18.

Tab.18: Bilance živin v roce 2017 v ŘVO [kg.ha⁻¹]

živiny	kombinace											
	1.Nehnojeno	2.CHLHN	3.N2P2K0	4.N2P2K1	5.N2P2K2	6.N2P2K3	7.N2P0K2	8.N2P1K2	9.N2P3K2	10.N1P1K1	11.N3P3K3	12.N2P2K2
P. Jakartice												
N	-75	41	97	58	97	73	80	34	24	14	77	141
P	-17	27	71	68	78	64	21	47	118	45	119	44
K	-82	4	-43	38	122	117	66	25	-3	-25	98	-32
Mg	-4	-12	-13	-14	-10	-16	-14	-18	-17	-13	-15	-13
Ca	-3	-6	-6	-6	-6	-7	-6	-10	-6	-6	-7	-6
Uh. Ostroh												
N	-47	46	133	142	127	113	106	145	141	120	172	137
P	-9	16	67	63	65	60	8	41	119	42	118	39
K	-59	109	65	97	197	282	169	192	186	155	306	133
Mg	-3	-4	-5	-6	-5	-8	-7	-5	-5	-4	-6	-5
Ca	-2	-3	-4	-6	-3	-4	-5	-3	-4	-3	-5	-3
Věrovany												
N	-110	-2	113	130	61	129	89	117	90	68	145	62
P	-22	9	65	68	55	83	14	36	113	33	114	26
K	-132	-33	-2	84	102	236	95	108	98	3	245	-50
Mg	-6	-7	-5	-4	-8	-2	-6	-6	-7	-6	-6	-9
Ca	-3	-3	-4	-4	-3	-3	-5	-3	-3	-5	-3	-8
Žatec												
N	-119	-11	81	70	86	40	63	16	50	57	38	80
P	-21	36	86	86	90	85	37	58	143	65	132	59
K	-109	-71	-97	-67	-12	87	-10	-34	15	-42	100	-89
Mg	-6	-8	-8	-11	-10	-13	-11	-12	-11	-9	-15	-10
Ca	-3	-4	-5	-6	-4	-5	-4	-4	-4	-4	-5	-5

Tab.19: Průměrná bilance živin v ŘVO [kg.ha⁻¹]

kombinace	N	P	K	Mg	Ca
1.Nehnojeno	-88	-17	-95	-5	-3
2.CHLHN	18	22	2	-7	-4
3.N2P2K0	106	72	-19	-8	-5
4.N2P2K1	100	72	38	-9	-6
5.N2P2K2	93	72	102	-8	-4
6.N2P2K3	89	73	180	-10	-5
7.N2P0K2	85	20	80	-9	-5
8.N2P1K2	78	46	73	-10	-5
9.N2P3K2	76	123	74	-10	-4
10.N1P1K1	65	46	23	-8	-5
11.N3P3K3	108	121	187	-10	-5
12.N2P2K2	105	42	-9	-9	-6

Průměrná bilance dusíku a fosforu je v ŘVO kladná (tab.19) kromě kontroly, která nebyla hnojena. Bilance draslíku byla záporná i při kombinaci hnojení s vynecháním draslíku (N2P2K0). Hořčíkem a vápníkem se nehnojilo a jejich bilance je proto záporná, nebyl však zohledněn jejich přísun v chlévském hnoji.

Stupňování dávek živin zvyšovalo hodnotu bilance živin od záporných hodnot v kontrolní kombinaci až po poměrně vysoké hodnoty při nejvyšší dávce živin (tab. 20). Přebytek živin byl způsoben vysokou dávkou živin v chlévském hnoji.

Tab.20: Vliv stupňovaných dávek hnojiv na průměrnou bilanci živin v ŘVO [kg.ha⁻¹]

komb.	N	P	K	komb.	P	komb.	K
1. N0P0K0	-88	-17	-95	7. P0	20	3. K0	-19
2. hnůj	18	22	2	8. P1	46	4. K1	38
10. N1P1K1	65	46	23	5. P2	72	5. K2	102
5. N2P2K2	93	72	102	9. P3	123	6. K3	180
11. N3P3K3	108	121	187				

Bilance živin na stanovištích v BVO je uvedena v tab. 21. S rostoucí úrovní hnojení se zvyšovala i hodnota bilance živin. Bilance dusíku a fosforu byla kladná s výjimkou nehnojené kontroly. Bilance draslíku byla záporná do úrovně hnojení N2P2K1 (tab. 22, tab. 23, tab. 24).

Tab.21: Balance živin v roce 2017 v BVO [kg.ha⁻¹]

živiny	kombinace											
	1.Nehnojeno	2.CHLHN	3.N2P2K0	4.N2P2K1	5.N2P2K2	6.N2P2K3	7.N2P0K2	8.N2P1K2	9.N2P3K2	10.N1P1K1	11.N3P3K3	12.N3P3K3
Horažďovice												
N	-119	-39	53	42	58	12	35	-12	22	29	10	92
P	-21	-15	35	35	39	34	-14	7	92	14	81	87
K	-109	-57	-83	-53	2	101	4	-20	29	-27	115	126
Mg	-6	-8	-8	-11	-10	-13	-11	-12	-11	-9	-15	-10
Ca	-3	-4	-5	-6	-4	-5	-4	-4	-4	-4	-5	-5
Chrastava												
N	-108	-26	12	-22	36	-72	26	10	30	38	-22	92
P	-22	-8	36	28	33	28	-16	5	82	16	83	91
K	-179	-97	-179	-175	-99	-20	-52	-134	-26	-99	-73	76
Mg	-8	-10	-15	-16	-16	-19	-13	-16	-14	-13	-16	-15
Ca	-3	-5	-7	-7	-7	-7	-6	-7	-7	-6	-7	-7
Jaroměřice												
N	-79	12	133	121	117	92	133	106	131	58	128	158
P	-15	12	67	64	63	60	15	36	116	37	109	116
K	-109	38	49	2	108	216	134	102	142	-28	249	239
Mg	-5	-6	-5	-6	-7	-8	-6	-7	-6	-8	-8	-7
Ca	-3	-4	-5	-3	-5	-9	-6	-10	-6	-7	-8	-8
Lipa												
N	-84	-9	-18	-12	-18	-19	-23	-81	-64	-40	67	65
P	-19	13	57	57	56	52	5	26	94	25	94	100
K	-100	98	-27	-21	6	113	22	-11	-56	-35	95	133
Mg	-5	-6	-16	-16	-16	-18	-17	-20	-20	-19	-17	-15
Ca	-3	-4	-7	-7	-10	-9	-10	-8	-8	-8	-11	-10
Staňkov												
N	-87	70	173	169	178	149	179	162	167	155	212	217
P	-14	29	81	80	83	79	31	52	134	56	135	134
K	-67	-85	-97	-40	30	115	26	-13	9	-27	136	123
Mg	-4	-5	-5	-5	-5	-7	-6	-6	-6	-5	-6	-6
Ca	-2	-2	-2	-2	-2	-3	-3	-3	-3	-2	-3	-2
Svitavy												
N	-90	-9	49	47	71	50	34	76	45	12	62	42
P	-20	-2	47	46	44	49	-4	21	100	24	94	88
K	-124	-17	-64	-22	33	143	27	40	23	-7	130	-21
Mg	-7	-7	-10	-12	-12	-12	-12	-11	-11	-10	-15	-13
Ca	-3	-4	-7	-5	-6	-6	-6	-5	-6	-4	-6	-6
Vysoká												
N	-57	44	116	104	97	107	98	108	93	104	96	127
P	-9	11	59	59	61	60	10	35	108	36	107	108
K	-66	36	-33	33	67	183	77	74	24	46	121	13
Mg	-4	-5	-7	-9	-8	-11	-10	-8	-10	-6	-11	-12
Ca	-2	-2	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-3	-5	-5

Tab.22: Průměrná bilance živin v BVO [kg.ha⁻¹]

kombinace	N	P	K	Mg	Ca
1.Nehnojeno	-89	-17	-108	-6	-3
2.CHLHN	6	6	-12	-7	-4
3.N2P2K0	74	54	-62	-10	-5
4.N2P2K1	64	53	-39	-11	-5
5.N2P2K2	77	54	21	-11	-5
6.N2P2K3	46	52	122	-13	-6
7.N2P0K2	69	4	34	-11	-5
8.N2P1K2	53	26	5	-11	-6
9.N2P3K2	61	104	21	-11	-5
10.N1P1K1	51	30	-25	-10	-5
11.N3P3K3	79	100	111	-13	-6
12.N3P3K3	113	103	98	-11	-6

Tab.23: Vliv stupňovaných dávek hnojiv na průměrnou bilanci živin v BVO [kg.ha⁻¹]

kombinace	N	P	K	komb.	P	komb.	K
1. N0P0K0	-89	-17	-108	7. P0	4	3. K0	-62
2. hnůj	6	6	-12	8. P1	26	4. K1	-39
10. N1P1K1	51	30	-25	5. P2	54	5. K2	21
5. N2P2K2	77	54	21	9. P3	104	6. K3	122
11.N3P3K3	79	100	111				

Tab.24: Porovnání průměrné bilance živin v BVO a ŘVO [kg.ha⁻¹]

kombinace	N		P		K		Mg		Ca	
	BVO	ŘVO	BVO	ŘVO	BVO	ŘVO	BVO	ŘVO	BVO	ŘVO
1.Nehnojeno	-89	-88	-17	-17	-108	-95	-6	-5	-3	-3
2.CHLHN	6	18	6	22	-12	2	-7	-7	-4	-4
3.N2P2K0	74	106	54	72	-62	-19	-10	-8	-5	-5
4.N2P2K1	64	100	53	72	-39	38	-11	-9	-5	-6
5.N2P2K2	77	93	54	72	21	102	-11	-8	-5	-4
6.N2P2K3	46	89	52	73	122	180	-13	-10	-6	-5
7.N2P0K2	69	85	4	20	34	80	-11	-9	-5	-5
8.N2P1K2	53	78	26	46	5	73	-11	-10	-6	-5
9.N2P3K2	61	76	104	123	21	74	-11	-10	-5	-4
10.N1P1K1	51	65	30	46	-25	23	-10	-8	-5	-5
11.N3P3K3	79	108	100	121	111	187	-13	-10	-6	-5
12.N2P2K2		105		42		-9		-9		-6
12.N3P3K3	113		103		98		-11		-6	

Tab.25: Průměrný obsah živin v chlévském hnoji - aplikace podzim 2016

Stanice	N %	P %	K %
Horáždovice	2,13	0,26	1,73
Chrastava	1,9	0,36	1,97
Jaroměřice	2,99	0,67	3,82
Lípa	2,62	0,8	4,7
Staňkov	3,61	0,9	2,76
Svitavy	2,33	0,37	2,5
Vysoká	2,96	0,54	2,84
P. Jakartice	4,3	1,2	4,36
Uh. Ostroh	2,61	0,63	4,4
Věřovany	2,79	0,7	2,56
Žatec	2,82	1,39	1,42

5 ZÁVĚR

Výnos brambor byl zvyšován organickým hnojením oproti kontrole v BVO i ŘVO. Aplikace minerálních hnojiv výnos dále zvýšila. V ŘVO byl vliv stupňování dávky minerálních hnojiv omezený a výrazněji se projevil pouze při nejvyšší dávce všech živin (N3P3K3). Ostatní rozdíly mezi minerálně hnojenými kombinacemi byly poměrně malé. Větší nárůst výnosu s rostoucí dávkou živin byl zaznamenán v BVO, kde byly patrné rozdíly mezi kombinacemi s vyššími a sníženými dávkami N, P a K. Při hodnocení vlivu stupňování dávek P a K je však třeba vzít v úvahu, že v obou výrobních oblastech bylo poměrně velké množství živin dodáváno v chlévském hnoji. Skutečný vliv P a K na výnos tak byl patrně větší, než vyplývá ze srovnání stupňovaných dávek.

Bilance N a P byla kladná u všech kombinací hnojení kromě nehnojené kontroly v důsledku poměrně velkého množství živin v organickém hnojivu. K vyrovnaní bilance K došlo při dávce K na úrovni K2 v BVO, v ŘVO byla vyrovnána dávkou na úrovni K1. Bilance Mg a Ca byla záporná, což může na kyselejších půdách vést k poklesu úrodnosti. Pokles pH byl zaznamenán na několika stanicích v BVO v nehnojené kontrole a při absenci vápnění, pokles výnosu v půdě s nižší hodnotou pH však byl patrný pouze na stanici Lípa.

Z rozborů půdy vyplývá, že při vyšších dávkách P a K roste jejich obsah v půdě, podobně jako v předchozích letech. Nárůst obsahu živin v půdě byl větší, než nárůst výnosu. Příčinou může být klesající využití živin při vysokých dávkách hnojiv a hromadění nevyužitých živin v půdě.