

VLIV KLIMATICKÝCH PODMÍNEK A MINERÁLNÍ VÝŽIVY NA OBSAH POLYFENOLŮ A ASKORBOVÉ KYSELINY V BRAMBORÁCH

ROLE OF CLIMATIC CONDITIONS AND MINERAL NUTRITION IN POLYPHENOLS AND ASCORBIC ACID CONTENT OF POTATOES

Karel HAMOUZ¹, Jaromír LACHMAN², Petr DVOŘÁK¹, Matyáš ORSÁK², Vladimír PIVEC², Milan ČÍŽEK³

^{1,2}Česká zemědělská univerzita v Praze, ¹katedra rostlinné výroby, ²katedra chemie
³Výzkumný ústav bramborářský, Havlíčkův Brod

Abstract

During 2004 and 2005 influence of site, cultivars with yellow and purple pulp and fertilization on ascorbic acid content, total polyphenols content and antioxidant activity of tubers was investigated. Ascorbic acid content and total polyphenols content was confirmatively influenced by cultivar and site conditions. Of four locations the highest ascorbic acid content was found in lowland (174 m above sea level) with the warmest and dry climate. The highest content of total polyphenols was found at the location with high above sea level (860 m). In cultivars with purple pulp 1.5 up to 2.5 times higher content of total polyphenols and up to 3 times higher antioxidant activity in comparison with yellow pulp cultivars was found. Ascorbic acid content and total polyphenols content was not confirmatively influenced by mineral fertilization.

Key words: ascorbic acid; polyphenols; potatoes; cultivar; fertilization

Úvod

Hlízy brambor představují významný zdroj antioxidantů v lidské výživě. Hlavními antioxidanty brambor jsou polyfenoly, L-askorbová kyselina (AK), karotenoidy, tokoferoly, α -lipoová kyselina a selen (Lachman, Hamouz, 2005). Reyes et al. (2005) zjistili pozitivní korelaci mezi obsahem celkových polyfenolů (CP) a antioxidační aktivitou (AA). Podle Browna et al. (2005) brambory obsahují v průměru 20 mg/100g č. h. AK, která se podílí až 13% na celkové antioxidační kapacitě.

Obsah CP je ovlivněn odrůdou, ročníkem, stresovými faktory jako jsou mechanické poškození či působení světla na hlízy. V menší míře se zřejmě uplatňují vliv lokality, draselného hnojení, γ -záření, o nichž v literatuře není dostatek prokazatelných poznatků (Friedman, 1997). Na obsah AK v čerstvě sklizených hlízách má podle Zgórske, Frydecke-Mazurczyk (2000) vliv především ročník a genotyp odrůdy. V pokusech Pawelzik et al. (1999) převládá vliv odrůdy nad vlivem stanoviště.

Cílem této práce bylo prohloubit poznatky o vlivu rozdílných přírodních podmínek a hnojení na obsah CP a AK v hlízách brambor. Dále byl porovnáván obsah těchto látek u odrůdy s fialovou dužninou s jejich obsahem u žlutomasých odrůd.

Materiál a metody

V přesných polních pokusech v letech 2004 a 2005 byly na čtyřech lokalitách v ČR s rozdílnou nadmořskou výškou (Přerov n. L., Praha – Suchdol, Lípa, Stachy) vypěstovány podle jednotné agrotechniky brambory odrůd Impala, Karin, Ditta a Saturna, na lokalitě Lípa navíc odrůdy Agria, Asterix, Magda, Marabel a také odrůda Valfi s fialovou dužninou. Dvě odrůdy s fialovou dužninou (Violette a Valfi) byly vypěstovány na lokalitě Suchdol. Druhý pokus byl založen na stanovišti Valečov, kde byl sledován u odrůd Karin a Ditta vliv různé úrovně minerálního hnojení živinami N, P, K, Mg na obsah AK a

CP (varianty pokusu viz tab. 4). Charakteristika stanovišť je uvedena v tab. 1.

Pokusy byly založeny ve čtyřech opakováních ve sponu 0,75 x 0,30 m, velikost parcely 3 m (4 řádky) x 7,2 m. Po sklizni ve fyziologické zralosti byly z jednotlivých variant a opakování každého pokusu odebrány vzorky hlíz k laboratorním rozborům, které byly provedeny na katedře chemie ČZU v Praze. Pro stanovení obsahu CP byly vzorky hned po sklizni zmrazeny a poté lyofilizovány, obsah AK byl stanovován z čerstvých hlíz. Obsah CP byl stanoven spektrofotometricky s Folin-Ciocalteuovým činidlem, obsah AK polarograficky.

Výsledky a diskuze

Vliv stanoviště

Obsah kyseliny askorbové: Ze čtyř pokusných lokalit byl v průměru obou let zjištěn průkazně nejvyšší obsah AK na stanovišti Přerov n. L. (tab. 2). Na ostatních lokalitách byly v průměru obou let zaznamenány nižší hladiny AK v hlízách (v Lípě o 6,7%, v Suchdole o 7,4% a ve Stachách o 11,5%). K nejvyššímu obsahu AK v Přerově n. L. přispělo počasí s nejvyššími teplotami a s nízkými srážkami ve vegetačním období pokusných let. Tento náš poznatek odpovídá závěrům z pokusů Sawické a Mikos-Bielak (1995), kde vysoké teploty vzduchu ve vegetaci příznivě stimulovaly akumulaci vitamínu C v hlízách velmi raných odrůd brambor. Ke stejnému poznatku dospěly na základě šestiletého pokusu též Jablonska-Ceglarek, Wadas (2005). Současně s povětrnostními podmínkami se mohl uplatnit i vliv lehké písčité půdy na lokalitě Přerov n. L. (průkazný rozdíl proti lokalitě Suchdol s obdobnými klimatickými podmínkami, ale na hlinité půdě), což by odpovídalo poznatkům Mondy et al. (1979). Průkazný vliv na obsah AK měl ročník. V suchém roce 2004 byl zjištěn o 9,3% vyšší obsah AK v porovnání s vlhčím ročníkem 2005 (v r. 2005 za vegetační období v průměru všech lokalit o 36% vyšší srážkový úhrn proti roku 2004).

Potvrdil se tak poznatek autorů Nowacki et al. (2000), který tito autoři učinili z dlouhodobého sledování obsahu AK v suchých a v mokrych letech v období 1974-1997.

Obsah celkových polyfenolů: Rozdílné stanovištní podmínky průkazně ovlivnily obsah CP v hlízách (tab. 2). V obou letech byl zjištěn nejvyšší obsah CP u brambor vypěstovaných na stanovišti Stachy. V roce 2004 dosáhl rozdíl proti ostatním stanovištím 11,2 až 13,4%, v roce 2005 5,7 až 12,3%. Příčina vyššího obsahu CP ve Stachách zřejmě souvisí s výrazně odlišnými klimatickými podmínkami tohoto stanoviště (tab. 1), které se projeví v úrovni průměrných teplot a srážkových úhrnů ve vegetačním období pokusných let. Lokalita Stachy se v porovnání s ostatními lokalitami vyznačuje nejvyšší nadmořskou výškou, nejnižší průměrnou roční teplotou a nejvyššími ročními úhrny srážek. V roce 2004 byly ve Stachách zjištěny průměry teplot za vegetační období o 3,5 až 6°C nižší a v roce 2005 o 2,7 až 6,1°C nižší než na ostatních lokalitách. Srážky ve Stachách dosahovaly v roce 2004 153 až 193% a v roce 2005 176 až 181 % hodnot na ostatních lokalitách. Nižší teploty ve vegetačním období považujeme za hlavní příčinu vyššího obsahu CP ve Stachách. Také Reyes et al. (2004) uvádějí, že delší dny a nižší teploty v Coloradu způsobily asi 2,5 a 1,4x vyšší obsah anthokyanů a CP ve srovnání s hlízami vypěstovanými v Texasu.

Vliv odrůdy

Obsah kyseliny askorbové v hlízách jednotlivých odrůd na stanovišti Lípa se pohyboval v rozmezí hodnot 136,3 až 211,8 mg/kg č. h. a byl prokazatelně ovlivněn odrůdou. V průměru obou let (tab. 3) bylo dosaženo nejvyššího obsahu AK (207,2 mg/kg č. h.) u odrůdy Marabel, která průkazně převýšila odrůdy Saturna, Magda, Impala, Agria, Asterix a Ditta o 15 až 49 %. Na druhé místo se zařadila odrůda Karin, která průkazně předčila tytéž odrůdy jako odrůda Marabel s výjimkou odrůdy Ditta (třetí v pořadí). Nad průměr uvedeného souboru odrůd se zařadila ještě odrůda Agria.

Obsah celkových polyfenolů: Odrůda Valfi s fialovou dužninou se v obou letech průkazně lišila vyšším obsahem CP od všech žlutomasých odrůd. V průměru dvou let (tab. 3) dosáhla vyššího obsahu CP o 53% až 153% ve srovnání s jednotlivými žlutomasými odrůdami. V rámci odrůd se žlutou dužninou se některé odrůdy mezi sebou též průkazně lišily obsahem CP. V této skupině byl zjištěn v obou letech nejvyšší obsah CP u odrůdy Karin. Lewis et al. (1998) v souladu s našimi poznatky zjistili, že odrůdy s purpurovou a červenou dužninou mají 2x vyšší koncentraci flavonoidů v porovnání s bělomasými a 3x až 4x vyšší koncentraci fenolových kyselin. Několikanásobně vyšší koncentraci anthokyaninů a CP u odrůd s purpurovou a červenou dužninou uvádějí Reyes et al. (2005). Průkazný vliv odrůdy na obsah CP uvádějí též Pawelzik et al. (1999) a Friedman (1997).

Vliv odrůdy na antioxidační aktivitu hlíz:

Z obr. 1 jsou patrné rozdíly v AA hlíz mezi odrůdami se žlutou a fialovou barvou dužniny. Odrůdy Violette a Valfi s fialovou dužninou vykazaly průkazně vyšší AA v porovnání se žlutomasými odrůdami. Nejvyšší AA byla zjištěna u odrůdy Violette (27,4 mg EAA/100 g č. h. = 100%; EAA = ekvivalent askorbové kyseliny), u odrůdy Valfi byla AA o 19,3% nižší a pokles u odrůd se žlutou

dužninou se pohyboval od 53,3 do 66,8%. Vyšší AA u odrůdy Violette proti odrůdě Valfi může souviset s její poněkud tmavší barvou dužniny a větším obsahem anthokyaninů. Ve skupině odrůd se žlutou dužninou Karin a Ditta průkazně předčily odrůdu Saturna. Tyto výsledky potvrzují poznatky Browna (2005), podle nichž anthokyaniny mohou být společně s chlorogenovou a kávovou kyselinou hlavními nositeli AA brambor. Vysoce kladné korelace mezi antioxidační kapacitou a obsahem anthokyaninů a CP naznačují, že uvedené látky jsou hlavním zdrojem antioxidační kapacity (Delgado, 2001).

Vliv minerálního hnojení

Obsah kyseliny askorbové nebyl průkazně ovlivněn rozdílnou úrovní minerálního hnojení; zaznamenali jsme však trend nižšího obsahu AK při zvýšené úrovni N hnojení (180 kg N/ha). U varianty se zvýšeným K a Mg hnojením došlo k neprůkaznému nárůstu obsahu AK.

Rozdíly v obsahu CP mezi čtyřmi pokusnými variantami hnojení se pohybovaly v rozmezí 9,9%, ale nebyly statisticky průkazné (tab. 4). Nejvyšší obsah CP byl zjištěn u varianty č. 2 s běžnými dávkami živin N, P, K a Mg. Nejvýraznější trend poklesu obsahu CP byl zjištěn u varianty č. 3 se zvýšenou dávkou K a Mg proti ostatním variantám (opačný trend než u AK). Tento poznatek koresponduje s výsledky autorů Kaldy, Lynch (1983), podle nichž použití K hnojiv pozitivně ovlivnilo obsah fenolů a barevné změny dužniny. Friedman (1997) řadí K hnojení mezi faktory, které obsah CP ovlivňují v menší míře. Podle Míči a Vokála (1995) K snižuje obsah tyrozínu a chlorogenové kyseliny.

Závěr

Obsah CP i AK v hlízách byl průkazně ovlivněn odrůdou. Nejvyšším obsahem CP se vyznačovala odrůda Valfi s fialovou dužninou (cca 250-150% hodnoty odrůd se žlutou dužninou). V Přerově n. L. s nejvyššími teplotami a nízkými srážkami ve vegetačním období byl zjištěn prokazatelně nejvyšší obsah AK (o 8 až 12% vyšší oproti ostatním lokalitám). V případě CP byl prokázán jejich nejvyšší obsah na stanovišti Stachy, což souvisí s výrazně nižšími teplotními průměry ve vegetačním období proti ostatním lokalitám. Odrůdy s fialovou dužninou Violette a Valfi vykazaly průkazně vyšší antioxidační aktivitu hlíz v porovnání se žlutomasými odrůdami Karin a Ditta (o 53 až 67%). Rozdílné hnojení minerálními hnojivy průkazně neovlivnilo obsah CP a AK v hlízách. Projevil se však trend vyššího obsahu AK a pokles CP při zvýšené úrovni K a Mg hnojení a pokles AK při vysoké hladině N hnojení.

Abstrakt

V letech 2004 a 2005 byl zkoumán vliv stanoviště, odrůd se žlutou a fialovou dužninou a hnojení na obsah askorbové kyseliny (AK), celkových polyfenolů (CP) a antioxidační aktivitu (AA) hlíz. Obsah AK i CP byl průkazně ovlivněn odrůdou i podmínkami stanoviště. Ze čtyř lokalit byl zaznamenán nejvyšší obsah AK v nižší oblasti (174 m n. m.) s nejteplejším a suchým klimatem. V případě CP byl naopak zjištěn jejich nejvyšší obsah na stanovišti s vysokou nadmořskou výškou (860 m). U odrůd s fialovou dužninou byl zjištěn 1,5 až 2,5x vyšší

obsah CP proti odrůdám se žlutou dužninou a až 3x vyšší AA. Obsah AK ani CP přes určité trendy nebyl průkazně ovlivněn minerálním hnojením.

Klíčová slova: kyselina askorbová; polyfenoly; brambory; odrůda; hnojení

Tato práce byla zpracována za podpory grantu NAZV MZe ČR číslo 1G46058 a výzkumného záměru MŠMT 6046070901

Literatura

- BROWN, C. R. 2005. Antioxidants in potato. In: Am. J. Pot. Res., roč. 82, 2005: s. 163-172.
- FRIEDMAN, M. 1997. Chemistry, biochemistry, and dietary role of potato polyphenols. A review. In: J. Agric. Food Chem., roč. 45, 1997, s. 1523-1540.
- DELGADO, E., SULAIMAN, M. I., PAWELZIK, E. 2001. Importance of chlorogenic acid on the oxidative potential of potato tubers of two German cultivars. In: Pot. Res., roč. 44, 2001, č. 2, s. 207-218.
- JABLOŇSKA-CEGLAREK, R., WADAS, W. 2005. Effect of nonwoven polypropylene covers on early tuber yield of potato crops. In: Plant Soil Environ., roč. 51, 2005, s. 226-231.
- KALDY, M. S., LYNCH D. R. 1983. Chlorogenic acid content of Russet Burbank potato in Alberta. In: Am. Potato J., roč. 60, 1983, s. 375-377.
- LACHMAN, J., HAMOUZ, K. 2005. Red and purple coloured potatoes as a significant antioxidant source in human nutrition – a review. In: Plant Soil Environ., roč. 51, 2005, s. 477-482.
- LEWIS, C.E., WALKER, J.R.L., LANCASTER, J.E., SUTTON, K.H. 1998. Determination of anthocyanins, flavonoids and phenolic acids in potatoes. I: Coloured cultivars of *Solanum tuberosum* L. In: J. Sci. Food Agric., roč. 77, 1998, s. 45-57.
- MÍČA, B., VOKÁL, B. 1995. Chemické a fyziologické příčiny černání syrových hlíz, zbarvení syrové třenky a černání vařených brambor. In: Bramborářství, roč. 3, 1995, č.1, s. 3-6.
- MONDY, N. I., KOCH, R. L., CHANDRA, S. 1979. Influence of nitrogen fertilization of potato discoloration in relation to chemical composition. 2. Phenols and ascorbic acid. In: J. Agric. Food. Chem., roč. 27, 1979, s. 418-420.
- NOWACKI, W., GLUSKA, A., GRUCZEK, T., LIS, B., LUTOMIRSKA, B., ROZTROPOWICZ, S., ZARZYŇSKA, K. 2000. Uprawa ziemniaków a wartosc konsumpcyjna i technologiczna bulw. Konf. nauk., Akad. Rol. we Wroclawiu – Polanica Zdrój, 8.-11.5. 2000, s. 23-32.
- PAWELZIK, E., DELGADO, E., POBEREZNY, J., ROGOZIŇSKA, I. 1999. Effect of different climatic conditions on quality of certain German and Polish potato varieties. Abstr. 14th Trien. Conf. EAPR, Sorrento, s. 635-636.
- REYES, L.F., MILLER, J.C., CISNEROS-ZEVALLOS, L. 2005. Antioxidant capacity, anthocyanins and total phenolics in purple- and red-fleshed potato (*Solanum tuberosum* L.) genotypes. In: Am. J. Pot. Res., roč. 82, 2005, s. 271-277.

SAWICKA, B., MIKOS-BIELAK, M. 1995. An attempt to evaluate the fluctuation of chemical composition of potato tubers in changing conditions of arable field. In: Zesz. Probl. Postępów Nauk Rol., č. 419, 1995, s. 95-102.

ZGÓRSKA, K., FRYDECKA-MAZURCZYK, A. 2000. Czynniki wpływające na ciemna plamistość pouszkodzeniowa bulw ziemniaka. In: Biul. IHAR Jadwisin, č. 213, 2000, s. 253-260.

Kontaktní adresa:

Prof. Ing. Karel Hamouz, CSc.
Česká zemědělská univerzita v Praze,
165 21 Praha 6 – Suchbátka
tel.+420 224 382 548, fax. +420 224 382 535
hamouz@af.czu.cz

Tabulka 1 Charakteristika pokusných stanovišť
Table 1 Characterization of experimental locations

Stanoviště (1)	Nadmořská výška (2) (m)	Průměrná roční teplota (3) (°C)	Roční srážky (4) (mm)	Půdní typ a druh (5)
Přerov nad Labem	178	8,8	622	HM-ph,h
Praha-Suchdol	286	8,2	510	HM-h
Lípa	505	7,7	632	HPg-ph
Stachy	860	6,3	755	HPp-hp
Valečov	460	6,9	649	HPg-ph,h

Půdní typy (6): HM - hnědozem typická, HPg - kambizem kyselá pseudoglejová, HPp - kryptopodzol

Půdní druhy (7): ph - písčitohlinitá, hp - hlinitopísčítá, h - hlinitá

- (1) locality, (2) level above sea, (3) average annual temperature, (4) annual sum of precipitation, (5) soil type and category, (6) soil type: HM – haplic Luvisol, HPg – stagnic acid Cambisol, HPp – entic Podzol
(7) soil texture: ph – sandy loamy, hp – loamy sandy, h - loamy

Tabulka 2 Vliv stanoviště na obsah celkových polyfenolů (CP) a askorbové kyseliny (AK) - průměr let 2004, 2005
Table 2 Effect of location on total polyphenols (CP) and ascorbic acid (AK) content (average of 2004, 2005 years)

Odrůda (1)	Obsah celkových polyfenolů (2)		Obsah askorbové kyseliny (3)	
	g/kg sušiny (4)	průkaznost (5)	mg/kg č.h. (6)	průkaznost (5)
Přerov n. Labem	3,823	a	180,9	a
Suchdol	3,501	b	168,5	b
Lípa	3,536	b	169,6	ab
Stachy	4,139	c	162,2	b
Průměr stanovišť (7)	3,897		165,3	

$D_{\min 0,05}$ pro CP = 0,2683 (8), $D_{\min 0,05}$ pro AK = 11,516 (9); rozdíly mezi průměry označené stejnými písmeny jsou neprůkazné.(10)

- (1) variety, (2) total polyphenol content, (3) ascorbic acid content, (4) DM, (5) significance, (6) FM, (7) average of locations, (8) $D_{\min 0,05}$ for CP = 0.2683, (9) $D_{\min 0,05}$ for KA = 11.516, (10) means with the same letter are not significantly different

Tabulka 3 Vliv odrůdy na obsah polyfenolů (CP) a askorbové kyseliny (AK) na stanovišti Lípa (průměr let 2004, 2005)
Table 3 Effect of variety on total polyphenols (CP) and ascorbic acid (AK) content on location Lípa (average of 2004, 2005 years)

Odrůda (1)	Obsah celkových polyfenolů (2)		Obsah askorbové kyseliny (3)	
	g/kg sušiny (4)	průkaznost (5)	mg/kg č.h. (6)	průkaznost (5)
Agria	2,54	a	174,1	ab
Asterix	3,08	ab	166,9	abc
Impala	3,85	ab	162,9	abc
Karin	4,23	b	196,3	de
Ditta	3,43	ab	180,1	ae
Magda	3,64	ab	157,7	bcf
Marabel	3,56	ab	207,2	d
Saturna	2,65	a	138,9	f
Valfi	6,42	c	151,2	cf
Průměr odrůd (7)	3,73		170,3	

$D_{\min 0,05}$ pro CP = 1,5097 (8), $D_{\min 0,05}$ pro AK = 21,529 (9); rozdíly mezi průměry označené stejnými písmeny jsou neprůkazné (10)

- (1) variety, (2) total polyphenol content, (3) ascorbic acid content, (4) DM, (5) significance, (6) FM, (7) average of locations, (8) $D_{\min 0,05}$ for CP = 1.5097, (9) $D_{\min 0,05}$ for AK = 21.529, (10) means with the same letter are not significantly different

Tabulka 4 Vliv úrovně minerálního hnojení na obsah celkových polyfenolů (CP) a kyseliny askorbové (AK) na stanovišti Valečov (průměr odrůd Karin a Ditta) v roce 2004

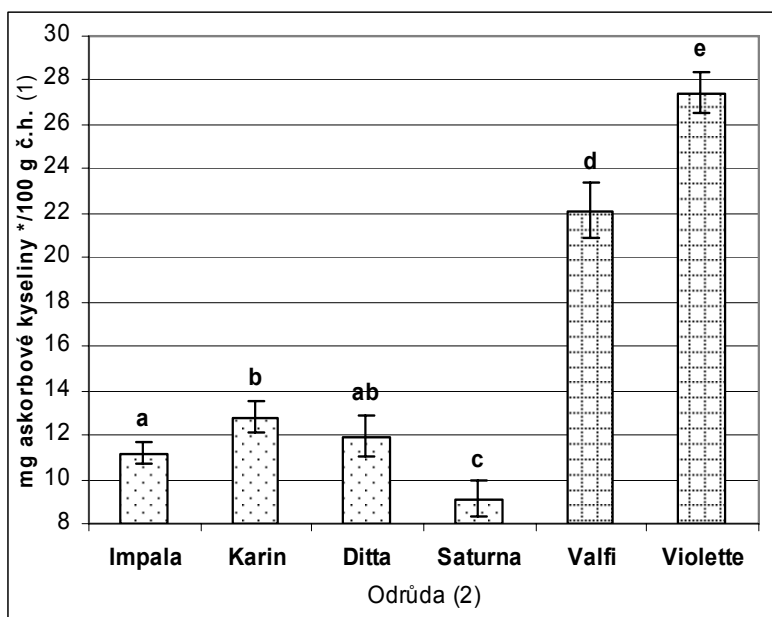
Table 4 Effect of level of mineral fertilization on the content of total polyphenols (CP) and ascorbic acid (AK) on the locality Valečov (average of Karin and Ditta varieties) in 2004

Varianta hnojení (1)	Celkové polyfenoly (g/kg suš.) (2)	[%] (varianta 2=100 %) (3)	Askorbová kyselina (mg/kg č.h.) (4)	[%] (varianta 2=100 %) (3)
1	3,158	96,5	184,4	96,9
2	3,273	100,0	190,5	100,0
3	2,947	90,1	197,9	103,9
4	1,523	93,1	182,0	95,6

$D_{\min 0,05}$ pro CP = 0,4869 (5), $D_{\min 0,05}$ pro AK = 17,640 (6)

1: varianta bez minerálního hnojení (7); 2: 100 kg N/ha, 44 kg P/ha, 108 kg K/ha, 30 kg Mg/ha; 3: 100 kg N/ha, 44 kg P/ha, 166 kg K/ha, 60 kg Mg/ha; 4: 180 kg N/ha, 44 kg P/ha, 108 kg K/ha, 30 kg Mg/ha

(1) variant of fertilization, (2) total polyphenols (g/kg DM), (3) variant 2 = 100%, (4) ascorbic acid (mg/kg FM), (5) $D_{\min 0,05}$ for CP = 0.4869, (6) $D_{\min 0,05}$ for AK = 17.640, (7) variant without fertilization with mineral fertilizers



Obrázek 1 Antioxidační aktivita hlíz na stanovišti Praha-Suchdol v roce 2005

Figure 1 Level of antioxidant activity (AA) of tubers on location Praha – Suchdol in 2005

* množství AK v mg, které je z hlediska AA ekvivalentní 100g čerstvé hmoty brambor (3). Vertikální úsečky reprezentují SD, rozdíly mezi průměry označené stejnými písmeny jsou neprůkazné ($P \geq 0,05$) (4).

(1) mg ascorbic acid*100 g FM, (2) variety, (3) * amount AK in mg, which is in term of AA equivalent to 100g fresh matter of potatoes. (4) Vertical lines represent SD, means with the same letter are not significantly different ($P \geq 0.05$)