

Pôdna reakcia ako významný faktor v pestovaní cukrovej repy

SOIL REACTION AS IMPORTANT FACTOR IN SUGAR BEET CULTIVATION

Dana Urminská, Jana Urminská, Peter Ondrišík – Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Pôdna reakcia (pH) je významným ukazovateľom vlastností pôdy, ktorá vplyva na rast a vývin rastlín predovšetkým tým, že sa podieľa na mobilizácii živín v pôde, podmieňuje prijateľnosť chemických prvkov z pôdy a určuje aj efektívnosť hnojenia plodín. Vyjadruje nasýtenosť sorpčného pôdneho komplexu a je výsledkom vzájomnej interakcie medzi pôdou, koreňovou mykorízou, aplikovanými hnojivami a koreňovým systémom plodín (1). Pôda ako geogénny útvar je v súčasnosti ovplyvňovaná ako geogénnymi, tak aj antropogénnymi faktormi. Tieto faktory výrazne zasahujú do kvality pestovaných plodín.

Tab. I. Analýza variancie nameraných hodnôt pH_{KCl} v pôdnom roztoku

Štatistické charakteristiky	Rok 2012	Rok 2013	Rok 2014
Priemer hodnôt	7,69	7,68	7,64
Štandardná odchýlka	0,32	0,15	0,21
Suma	92,29	92,12	91,65
Minimálna hodnota	6,78	7,31	7,20
Maximálna hodnota	7,98	7,87	7,97

Tab. II. Zistená p hodnota (p_{value}) – úroveň preukaznosti medzi pH_{KCl} v pôdnom roztoku a vybranými parametrami

Sledované vybrané parametre	Rok 2012	Rok 2013	Rok 2014
	p – preukaznosť		
Cd	0,0013	0,0111	0,6249
Mn	0,0492	0,0313	0,1275
Ni	0,5617	0,0477	0,0339
Pb	0,6387	0,3219	0,6114
Zn	0,9762	0,5331	0,8216
N-NH ₄ ⁺	0,0907	0,1764	0,4562
N-NO ₃ ⁻	0,0461	0,2723	0,0542
N _{an}	0,0427	0,1754	0,9795

$p_{value} < 0,01$ – vysoká preukaznosť, $p_{value} < 0,05$ – preukaznosť.

Cukrová repa patrí medzi dôležité strategické plodiny a jej pestovanie má na Slovensku dlhoročnú tradíciu (2). Jej pestovanie sa musí sústreďovať na detailné poznatky o vlastnostiach pôdy, o dynamike a spotrebe živín, o fyziologických požiadavkách plodiny aj o vplyve a dopade poveternostných podmienok na tieto procesy. V hodnotení mobility a bioprístupnosti chemických prvkov v prostredí je pH kľúčovým parametrom (3, 4). Pôdna reakcia vplyva na premenu minerálnych a rozklad organických látok, na tvorbu minerálov, ílových minerálov, na mobilizáciu chemických prvkov, a tým aj ich potenciálnu prístupnosť pre rastliny (5). Hodnota pH pôd patrí k najdôležitejším chemickým charakteristikám pôd. Je hlavnou premennou, ktorú treba poznať, aby boli pochopené dôležité chemické, fyzikálne, biologické aj biochemické procesy v pôdach (6–9).

Cieľom výskumu bolo stanoviť hodnoty výmennej pôdnej reakcie v poľnohospodárskej pôde. Na základe výsledkov predikovať možné vplyvy so zreteľom na pestovanú cukrovú repu a určiť korelačné vzťahy, štatistickú významnosť závislosti kľúčového pH faktoru agroprostredia.

Materiál a metódika

Experimentálny pokus bol založený na výskumnej báze Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Dolnej Malante v rokoch 2012–2014 v Juhozápadnej časti Slovenskej republiky. Lokalita patrí do kukuričnej výrobnjej oblasti so stredne ťažkou hlinitou pôdou a do teplého a mierne suchého klimatického regiónu. Predplodinou bola v sledovanom období pšenica letná, forma ozimná. Príprava pôdy a spôsob založenia pokusu boli v súlade so zásadami technológie pestovania repy cukrovej (odroda Expert) s výsevom na konečnú vzdialenosť. Odber pôdnych vzoriek sa uskutočnil zo závrtovej sondy umiestnenej v strede lokality kruhového tvaru o polomere 10 m, z hĺbky 0–0,2 m, a okrem toho sa uskutočnil odber 5 separátnych vzoriek z povrchového horizontu, z náhodne určených miest s hmotnosťou 0,5 kg pre chemické analýzy. Vzorky boli homogenizované a vysušené 48 hodín pri teplote 40 °C. Následne boli pomleté na pôdnom mlyne VEB ThurmZG1 na jemnozeme (priemer ôk sita 2 mm). Hodnoty výmennej pôdnej reakcie boli stanovené potenciometricky vo vodnej suspenzii a v 1 M roztoku KCl, podľa metodiky FIALY ET AL. (10) (pH meter JENWAY3540).

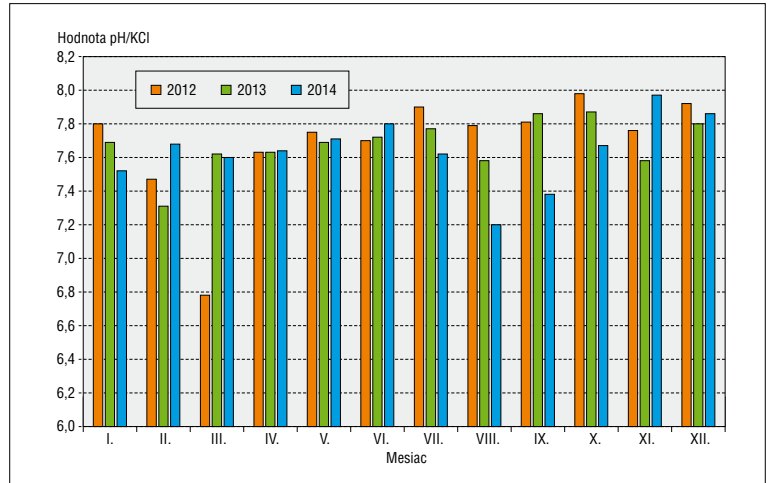
Získané výsledky boli analyticky vyhodnotené, štatisticky vyhodnotené pomocou softwarovej metódy SAS 9.4 pomocou Spermanovho korelačného koeficientu (11) a zostavené do tabuliek (tab. I. a II.) a grafu (obr. 1.).

Výsledky a diskusia

Súčasná poľnohospodárska výroba sa snaží o trvalo udržateľné hospodárenie, kedy ide o zachovanie rovnováhy medzi príjmom a výdajom živín v pôde (12). V poľnohospodárskej praxi pri optimalizácii výživy rastlín sú dlhodobo zrejme mnohé výrazné benefity v používaní organicko-minerálnych, priemyselných hnojív. Tieto komponenty významne ovplyvňujú pH pôdy, jej kvalitu a následne aj kvalitu plodín. Z otázky výživy plodín je potrebné venovať pozornosť základným chemickým, fyzikálnym a biologickým vlastnostiam pôdy, aby sa dosiahla čo najvyššia úroda pestovaných plodín. Cukrová repa je veľmi citlivá plodina, ktorá intenzívne reaguje na zmeny pH prostredia a biopristupnosť chemických prvkov z geogénneho alebo antropogénneho prostredia. Výskumom bolo zistené, že hodnoty výmenných pôdných reakcií v sledovanom období rokov 2012 až 2014 varírovali v rozsahu od 6,8 do 7,9 (obr. 1).

Cukrová repa, ako významná plodina nášho zemepisného pásma vyžaduje podľa viacerých autorov optimálne pH v rozsahu 6,2–7,5. Kultúrne poľnohospodárske plodiny sú prispôbené na široký rozsah pH pôdy od 4 do 8. Avšak pre väčšinu plodín optimálne priemerné hodnoty varírujú v rozsahu od 5,5 do 7,5. Zvýšená mobilita chemických prvkov a u mnohých, ich evidentná

Obr. 1. Namerané hodnoty pH_{KCl} v pôdnom roztoku za sledované roky 2012 až 2014



následná toxicita je podľa viacerých štúdií pri hodnotách $pH < 3$ a nad $pH 10$ (1). Táto pôdno reakčná extrémnosť spôsobuje mnohé nežiaduce zmeny v agroekosystémoch. U cukrovej repy dochádza k ultraštruktúrálnym a anatomickým zmenám, dochádza k výraznému zníženiu dopestovanej úrody. Ovplyvňuje sa predovšetkým koreňový systém, prísun živín a vody



do rastliny, narušajú sa základné biochemické funkcie plodiny. Na pôdnu reakciu majú rozhodujúci vplyv endogénne a exogénne činitele (6). Rozhodujúcu úlohu ako endogénne činitele zohrávajú chemické, fyzikálne, biologické a predovšetkým mikrobiologické a biochemické vlastnosti pôdneho prostredia (6). Afinita rastlín na špecifické podmienky agroprostredia je determinovaná endogénnymi procesmi, ktoré vytvárajú optimálne parametre pre rast a vývin aj formovanie biomasy. Pri hodnotení významu pH je potrebné diferencovať vplyv pôdnej reakcie na mobilizáciu živín v pôde a na regulačnú úlohu koncentrácie vodíkových iónov na endogénne procesy v rastlinách (1). Podobne aj exogénne činitele sú ovplyvňované týmito vlastnosťami. K nim sa pridružujú konkrétne činitele, ako je vplyv geomorfológie a geológie územia, nadmorskej výšky, vplyv podnebia, a predovšetkým výrazný antropogénny vplyv z rôznych odvetví hospodárstva (6). V literatúre viacerí autori uvádzajú hodnotu výmennej pôdnej reakcie ako jeden z najdôležitejších parametrov ovplyvňujúci obsah chemických prvkov v biopristupnej forme, ako aj sorpčné parametre sorbentov, ktorých selektivita voči sorpcii chemického prvku je v rôznych oblastiach pH rôzna. Vysvetlenie tohto javu spočíva v závislosti nábojov pôdných sorpcentov od hodnoty pôdnej reakcie. V kyslej oblasti pH je najdôležitejším procesom protónová kompetícia (4). Platí, že vo väčšine prípadov dochádza k uvoľňovaniu adsorbovaných prvkov pri znižovaní pH špecifického prostredia (13). Kyslé pH (pod pH 7) spôsobuje uvoľňovanie rizikových prvkov z geologických železitých a karbonátových komplexov. Pri rýchлом rozklade organickej hmoty pôdy s viazanými toxickými prvkami, dochádza ku zvyšovaniu salinity. Následne môžu vznikáť rozpustné organické komplexy s kovmi (13). Rizikové prvky majú negatívny dopad nielen na okolité životné prostredie, ale predovšetkým cez potravinový reťazec, na zdravie ľudí (14). Všeobecne sa uplatňuje pravidlo, že potenciálna prístupnosť rizikových prvkov je v nepriamej úmere s hodnotou pôdnej reakcie (15). Pôdu tvorí pestrá paleta chemických prvkov. V Slovenskej republike k vysoko rizikovým prvkom pre pestované plodiny sa zaraďuje napríklad kadmium, olovo. Pohyblivosť kadmia, a tým aj jeho biopristupnosť je najvyššia v kyslom prostredí pôdy v rozmedzí pH od 4,5–5,5, v alkalickom prostredí je menej pohyblivé. Pri posune pH do alkalického oblasti má kadmium tendenciu precipitovať na povrchu ílových minerálov. Pri pH > 7,5 je mobilita Cd riadená rozpustnosťou CdCO_3 , prípadne $\text{Cd}_3(\text{PO}_4)_2$. Rozpustnosť olova klesá s rastúcim obsahom PO_4^{3-} . Prístupný obsah olova sa zvyšuje pri poklese hodnoty pH pod 4. V kyslom prostredí má olovo vysokú afinitu k ílovým minerálom, typu illit a smektit, v karbonátovej oblasti stúpa jeho afinita ku tvorbe pôdných organických komplexov (3, 4, 16). Koncentrácia prístupných podielov je u väčšiny rizikových chemických prvkov nižšia v pôdnom roztoku alkalických a neutrálnych pôd, než u ľahkých kyslých pôd, pri rovnakej celkovej koncentrácii (16). V kyslom prostredí pôd, rizikové prvky môžu byť významne toxické už pri nízkych koncentráciách a veľká časť z nich môže byť v živých organizmoch akumulovaná, ich prítomnosť v pôdnom prostredí môže predstavovať riziko výraznej negatívnej zmeny kvality životného prostredia (13, 17).

Základné štatistické charakteristiky nameraných hodnôt pH_{KCl} v pôdnom roztoku uvádza tab. I. Do popredia v sledovanom období vystúpilo najmä fytotoxické kadmium, ako potvrdzuje aj práca URMINSKEJ ET AL. (18). Z výsledkov štatistického hodnotenia vyplývalo, že vysoko preukazný vplyv na koncentráciu kadmia malo výmenné pH v roku 2012. Na hladine významnosti 0,01

je možné konštatovať, že Spearmanov koeficient 0,81161 bol vysoko preukazný, pretože p_{value} bolo $0,0013 < 0,01$. Preukaznosť $p_{\text{value}} < 0,05$ bola zaznamenaná aj pre rok 2013. U ostatných sledovaných vybraných parametrov bola preukaznosť vzťahu výmenného pH ku koncentrácii zaznamenaná, pre mangán v rokoch 2012 a 2013, pre nikel v rokoch 2013 a 2014, pre N-NO_3^- a N_{am} v roku 2012 (tab. II.). Na základe štatistického spracovania výsledkov možno konštatovať, že všetky korelácie vykazovali pozitívnu závislosť. Táto pozitívna závislosť znamená, že nárast koncentrácie zistených preukazných parametrov v prostredí je výrazne ovplyvnený pH faktorom prostredia. Zistené výsledky pH v sledovanom období pre ďalšie významné prírodné parametre, ktoré ovplyvňovali experiment dopĺňajú práca ONDRIŠÍKA ET AL. (19) a URMINSKEJ ET AL. (18). Jednou z možností, ako významným spôsobom ovplyvniť pH pôdy, úrodu a kvalitu produkcie, je uplatňovanie riadenej výživy. Rozhodujúca je úroveň hnojenia kvalitnými makroživinami. Repa cukrová je plodina, ktorá pozitívne reaguje na hnojenie napríklad organickými hnojivami. Ich dôležitou súčasťou sú látky, ktoré nemožno v súvislosti s udrжанím pôdnej úrodnosti ničím nahradiť. V Slovenskej republike existujú evidentné rozdiely medzi plodinami v požiadavkách na optimálne prostredie ich pestovania, dané obsahom živín a rozsahom pH. Príčom špecifické agroekologické podmienky rastu sú charakteristické pre určitý druh plodín. Medzi rastlinami a prostredím sú vytvorené vzájomné väzby. Rastliny z prostredia prijímajú vodu, CO_2 a živiny a do prostredia vylučujú okrem minerálnych látok aj organické látky, čím prispievajú ku tvorbe priaznivých živinových podmienok pre optimálny rast. Odlišná citlivosť rozdielnych druhov plodín na pH pôdneho prostredia sa prejavuje nepriamo tým, že pôdna reakcia vplyva na chemické a biologické procesy mobilizácie živín, chemických látok a ich prístupnosti pre rastliny. Konkrétne podmienky pH sú zodpovedné predovšetkým za koncentráciu iónov v pôdnom roztoku, ktorá je na úrovni optimálnej, deficitnej alebo toxickéj (1).

Záver

Pôda, ako významná súčasť hospodárstva a jej pôdna reakcia sa významne podieľajú na zadržiavaní a uvoľňovaní, imobilizácii a mobilizácii prvkov a látok, podieľajú sa na kontaminácii, či dekontaminácii prostredia. Pôdna reakcia významne pôsobí na formovanie chemického zloženia prvkov, ktoré ovplyvňujú nielen pôdne prostredie, ale aj vody a mikroorganizmy, organizmy. To rozhoduje o prejavoch ich esenciality alebo toxicity v prostredí. Koncentrácia prístupných podielov je u väčšiny rizikových prvkov nižšia v pôdnom roztoku alkalických a neutrálnych pôd, než u ľahkých kyslých pôd. Prvky a látky sú pevnejšie viazané v ťažkých neutrálnych a aj alkalických pôdach a môžu byť pomaly prijímané plodinami. Ľahké pôdy sú zdrojom ľahko dostupných kovov. Na týchto pôdach dochádza veľmi rýchlo k stratám úrody. Pri rovnakej koncentrácii rizikových chemických prvkov v pôde ich koncentrácia v pletivách rastlín s vzrastajúcou podnotou pH klesá (16). Aplikácia vhodných agromelioračných opatrení významne ovplyvňuje pH pôdy a následne kvalitu plodín. Neutrálna pôdna reakcia je optimom pre rast a vývin väčšiny kultúrnych plodín pestovaných na Slovensku. Pôdna reakcia ovplyvňuje mobilitu a biopristupnosť živín a rizikových prvkov v pôde, zastúpenie kladných a záporných nábojov v sorpčnom komplexe, klíčenie semien, prijateľnosť priesad, rast

a vitalitu rastlín, farebnosť kvetov a plodov, výskyt hubovitých a bakteriálnych ochorení, fyziologických porúch, výskyt burín, zastúpenie organických kyselín, cukrov, bielkovín a vitamínov v rastlinách a celkovú efektívnosť pestovania plodín (20).

Príspevok vznikol vďaka projektom KEGA 001/SPU-4/2019 a KEGA 030/SPU-4/2019.

Súhrn

Hodnota pH, pH_{KCl} pôdy patrí k významným údajom rozhodujúcim o kvalite pôdy a jej pôdnych procesoch. Zasahuje v pôdnom prostredí do všetkých chemických, biologických a fyzikálnych procesov. Cieľom výskumu bolo stanoviť hodnoty výmennej pôdnej reakcie v poľnohospodárskej pôde. Na základe výsledkov predikovať možné vplyvy so zreteľom na pestovanú cukrovú repu a určiť korelačné vzťahy, štatistickú významnosť závislostí kľúčového pH faktoru agroprostredia. Výskumom bolo zistené, že hodnoty výmenných pôdnych reakcií v sledovanom období rokov 2012 až 2014 varíovali v rozsahu od 6,8 do 7,9. Vypočítané hodnoty Spearmanovho korelačného koeficientu pre výmennú pôdnu reakciu poukazujú na významnú štatistickú závislosť najmä pre kadmium. Závislosť pre vzťah $pH_{KCl} : Cd$ má vysokú mieru korelácie pre sledované agroprostredie, pretože hladina významnosti P bola $<0,01$. Táto pozitívna závislosť znamená, že nárast koncentrácie kadmia v prostredí je výrazne ovplyvnený pH faktorom prostredia. Významné korelačné vzťahy medzi pH_{KCl} a vybranými parametrami boli zaznamenané aj pre mangán, nikel, $N-NO_3^-$ a N_{an} s preukaznosťou ($P < 0,05$). Vzhľadom k tomu, že chemické prvky a látky ovplyvnené pH, môžu sa akumulovať v plodinách, ich prítomnosť môže predstavovať dlhodobú pozitívnu alebo negatívnu zmenu kvality agroprostredia.

Kľúčové slová: poľnohospodárska pôda, experimentálny pokus, cukrová repa, pH_{KCl} , vybrané chemické prvky.

Literatúra

- MICHÁLIK, I.: Regulačná funkcia pH v produkčnom procese rastlín, Časť Výživa. *Naše pole*, 2019 (7), [online] <https://nasepole.sk/regulacna-funkcia-ph-v-produkcnom-procese-rastlin/>.
- KREMPA, P.: *Zvyšovanie úrody a kvality cukrovej repy*. Agrobiosfer, 2014, [online] <http://agrobiosfer.sk/zvysovanie-urody-a-kvality-cukrovej-repy>.
- BARANČIKOVÁ, G.: Návrh účelovej kategorizácie poľnohospodárskych pôd Slovenska z hľadiska ich citlivosti k znečisteniu ťažkými kovmi. *Roslinná výroba*, 44, 1998 (3), s. 117–122.
- MAKOVNÍKOVÁ, J. ET AL.: Anorganické kontaminanty v pôdnom ekosystéme. *Chemické listy*, 100, 2006, s. 424–432.
- ČURLÍK, J. ET AL.: *Geochemický atlas Slovenskej republiky*, Časť: Pôdy. Bratislava: MŽP SR a VÚPOP, 1999, ISBN 80-88833-14-0.
- BARANČIKOVÁ, G. ET AL.: *Chémia životného prostredia*. Prešov: PU, 1. vydanie, 2009, 255 s., ISBN 978-80-555-0082-9.
- ČURLÍK, J. ET AL.: *Pedogeochémia*. Bratislava: UK, 2012, 228 s., ISBN 978-80-22-3210-1.
- ESSINGTON, M. E.: *Soil and Water Chemistry, An Integrative Approach*. 2. vydanie, Boca Raton CRC Press, 2015, 656 s., ISBN 9780429157967.
- ADAK, S. ET AL.: GIS base evaluation and management of soil reaction for environment and agricultural sustainability around a thermal power plant. *Nature Environment and Pollution Technology*, 17, 2018 (2), s. 399–406.
- FIALA, K. ET AL.: *Závazné metódy rozborov pôd*. Čiastkový monitorovací systém – pôda. Bratislava: VÚPOP Bratislava, 1999, 142 s.
- ŠTEHLÍKOVÁ, B.: *Biometrika* (Terminologický slovník). Učebné texty pre dištančné štúdium a ostatné formy vzdelávania. SPU, 1999, 95 s.
- KMEŤOVÁ, M.: Komposty a ich vplyv na pôdu a úrodu. *Naše pole*, 2013 (10), s. 24, [online] <http://www.agroporadenstvo.sk/nove-poznatky-poda?article=301>.
- PENG, J. F. ET AL.: The remediation of heavy metals contaminated sediment. *Journal of Hazardous Materials*, 161, 2009 (2–3), s. 633–640.
- KHUN, M. ET AL.: *Environmentálna geochemia*. Bratislava: Geografika Bratislava, 2008, 278 s.
- BRADL, H. B.: *Heavy metals in the environment: origin, interaction and remediation*. London, Elsevier LTD, 2005, 282 s., ISBN 0-12-088381-3.
- TLUSTOŠ, P. ET AL.: *Rizika kovů v půde v agroekosystémech v ČR*. Vědecký výbor fyto-sanitární a životního prostředí, Praha, 2007, 26 s.
- ŠUTRIEPA, M.: Contamination of bottom sediments of selected water reservoirs potentially toxic elements. (in Slovak), 2006, In HRUŠKOVÁ T.: The Most Important Pollutants of Eastern Slovakia Waters. *Journal of microbiology, biotechnology and food sciences*, 4, 2014 (2), s. 112–116, DOI 10.15414/jmbfs.2014.4.2.112.116.
- URMINSKÁ, J. ET AL.: Frakcionácia a riziko biopristupnosti vybraných ťažkých kovov z pôdy pre cukrovú repu. *Listy cukrov. reparař.*, 135, 2019 (11), s. 362–366.
- ONDRIŠÍK, P. ET AL.: Sezónne zmeny anorganického dusíka v pôde v závislosti od aplikácie rôznych hnojív. *Listy cukrov. reparař.*, 132, 2016 (5–6), s. 168–172.
- KOVÁČIK, P.: *Agrochémia a výživa rastlín*. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita, 1. preprac. vyd., 2013, 180 s., ISBN 978-80-552-1012-4.

Urminská D., Urminská J., Ondrišík P.: Soil Reaction as Important Factor in Sugar Beet Cultivation

Soil pH, pH/KCl value is one of the most important data for soil quality and soil processes. It affects all chemical, biological and physical processes in the soil environment. The aim of the research was to determine the values of soil exchange reaction in agricultural land and predict the possible positive or negative impacts with respect to cultivated sugar beet and determine correlation relations, statistical significance of dependence of agri-environment pH factor. The research found that the values of exchange soil reactions in the monitored period from 2012 to 2014 varied in the range from 6.8 to 7.9. The calculated values of the Spearman correlation coefficient for the soil exchange reaction indicate a significant statistical dependence, especially for cadmium. The $pH_{KCl} : Cd$ dependence has a high correlation rate for the agri-environment under consideration because the significance level of P was <0.01 . This positive correlation means that the increase in cadmium concentration in the environment is strongly influenced by the pH factor of the environment. Significant correlation relationships between pH_{KCl} and selected parameters were noted for manganese, nickel, $N-NO_3^-$ and N_{an} with conclusiveness ($P < 0.05$). Since chemical elements and substances affected by pH can accumulate in crops, their presence may present a long-term positive or negative change in the quality of the agri-environment.

Key words: agricultural soil, experiment, sugar beet, pH_{KCl} , selected chemical elements.

Kontaktná adresa – Contact address:

doc. RNDr. Jana Urminská, PhD., Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov, Katedra environmentálnej biológie a biológie, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovensko, e-mail: jana.urminska@uniag.sk