

# Vliv hnojení křemíkem a vápníkem či jen křemíkem na chemické složení cukrové řepy

EFFECT OF FOLIAR FERTILIZATION USING SILICON AND CALCIUM OR ONLY SILICON ON CHEMICAL COMPOSITION OF SUGAR BEET

Arkadiusz Artyszak<sup>1</sup>, Dariusz Gozdowski<sup>2</sup>, Katarzyna Kucińska<sup>1</sup><sup>1</sup>Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Rolnictwa i Biologii, Katedra Agronomii, Warszawa, Polsko<sup>2</sup>Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Katedra Doświadczalnictwa i Bioinformatyki, Warszawa, Polsko

Dosavadní studie o vlivu křemíku jsou zaměřeny na efekt zvýšení odolnosti k abiotickým či biotickým stresovým faktorům, jako jsou suchovzdornost či odolnost k zasolení (1, 2), Mn (3) a odolnost k chorobám (4, 5). O příznivém vlivu listové výživy křemíkem na výnos cukrové řepy referovali ARTYSZAK ET AL. (6, 7, 8). Nicméně vědecká data o vlivu listové výživy křemíkem na chemické složení cukrové řepy, včetně křemíku, nejsou k dispozici. Z tohoto důvodu bylo cílem předkládané studie určit vliv odstupňovaného hnojení na list hnojiva obsahujícími křemík a vápník či jen křemík na chemické složení kořenů a listů cukrové řepy.

## Materiál a metody

Předmětné pokusy byly prováděny v Sahryni (50° 41' N a 23° 46' E) v letech 2013 a 2014. Výzkum byl proveden na soukromých pozemcích pana Arkadiusze Artyszaka. Klimatické a půdní poměry byly již publikovány ve sdělení ARTYSZAKA ET AL. (8). Předmětem sledování bylo odstupňované listové

hnojení křemíkem a vápníkem (hnojivo Herbagreen Basic) či jen křemíkem (hnojivo Optysil). Obě hnojiva byla během vegetace aplikována jednou, dvakrát a třikrát (tab. I.). Jednotlivá dávka byla u hnojiva Herbagreen Basic 1,5 kg.ha<sup>-1</sup> a u hnojiva Optysil 0,5 dm<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>. První aplikace byla provedena ve stadiu 4–6 listů, druhá dávka o týden později a třetí pak dva týdny po první aplikaci. Dávka vody při každém postřiku byla 250 dm<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>. Koncentrace Herbagreen Basic byla 0,6 % a Optysilu 0,2 %. Herbagreen Basic obsahuje 262 g.kg<sup>-1</sup> Ca, 80 g.kg<sup>-1</sup> Si a k i tomu stopy Fe, Mg, K, Na, Ti, P, S, Mn, B, Co, Cu a Zn. Optysil obsahuje 9 g.dm<sup>-3</sup> Si a 25 g.dm<sup>-3</sup> Fe. Plocha pokusné parcely byla 43,2 m<sup>2</sup> (sklizená byla plocha 21,6 m<sup>2</sup>), pokus měl 4 opakování.

K provedení chemické analýzy a zjištění obsahu sušiny byly při sklizni z každé parcely odebrány vzorky z kořenů a listů ze středu listové růžice. Obsah sušiny byl stanoven laboratoří katedry agronomie varšavské zemědělské univerzity sušením v peci. Metodologicky bylo odebráno 100 g čerstvých řízků z kořenů a 100 g čepelí listů a sušení probíhalo při 75 °C do dosažení konstantní hmotnosti. Obsah N, P, K, Ca a Mg ve vzorku rostlinného materiálu po jeho usušení na vzduchu byl stanoven

Tab. I. Varianty pokusu s hnojením cukrové řepy

Varianta	Termín hnojení			Dávka celkem (g.ha <sup>-1</sup> )
	fáze 4–6 listů (BBCH 14–16)	o týden později	o dva týdny později	
	Dávka (g.ha <sup>-1</sup> )			
0	–	–	–	–
1	Ca – 393 Si – 120	–	–	Ca – 393 Si – 120
2	Ca – 393 Si – 120	Ca – 393 Si – 120	–	Ca – 786 Si – 240
3	Ca – 393 Si – 120	Ca – 393 Si – 120	Ca – 393 Si – 120	Ca – 1 179 Si – 360
4	Si – 47	–	–	Si – 47
5	Si – 47	Si – 47	–	Si – 94
6	Si – 47	Si – 47	Si – 47	Si – 141

Varianty: 0 – nehnojeno; 1 – 393 g.ha<sup>-1</sup> Ca, 120 g.ha<sup>-1</sup> Si; 2 – 786 g.ha<sup>-1</sup> Ca, 240 g.ha<sup>-1</sup> Si; 3 – 1 179 g.ha<sup>-1</sup> Ca, 360 g.ha<sup>-1</sup> Si; 4 – 47 g.ha<sup>-1</sup> Si; 5 – 94 g.ha<sup>-1</sup> Si; 6 – 141 g.ha<sup>-1</sup> Si.



jeho mineralizací v kyselině sírové s přidáním 30% peroxidu vodíku laboratoří Oblastní chemicko-rolnické stanice Wesola ve Varšavě. Obsah živin byl stanoven následujícími postupy: dusík přímou potenciometrickou titrací dle Kjeldahla; fosfor spektrofotometricky roztokem kyseliny dusičné; amoniak při vlnové délce 470 nm; draslík plamennou absorpční spektrometrií o vlnové délce 766,5 nm; vápník plamennou absorpční spektrometrií o vlnové délce 422,7 nm a hořčík plamennou absorpční spektrometrií o vlnové délce 285,2 nm. Obsah křemíku v kořenech a listech byl stanoven dvoustupňovou digesční metodou podle KRASKA A BREITENBECKA (9) v polském Výzkumném ústavu lesního hospodářství v Sękocinu.

Výnosy kořenů a jejich technologická kvalita byly již publikovány ve sdělení ARTYSZAKA ET AL. (8). Výnosy sušiny listů a kořenů byly propočítány z výnosů a obsahu sušiny. Odběr živin N, P, K, Mg, Ca a Si byl propočítán z jejich obsahů v rostlinách a z odpovídajícího výnosu sušiny. Pokusná data byla statisticky analyzována jednofaktorovou a dvoufaktorovou analýzou variancí a jejich průměrné hodnoty byly porovnávány směrodatnou odchylkou na úrovni  $\alpha = 0,05$ . Statistické analýzy byly provedeny programem SAS 9.1 (Cary, USA) s postupem GLM. Korelace mezi sledovanými znaky byla hodnocena jednoduchými koeficienty dle Pearsona. Průkaznost korelací byla hodnocena na úrovni  $P \leq 0,05$  a  $P \leq 0,01$ . Poměry mezi výnosem cukru a obsahem makroprvků byly vyhodnoceny vícenásobnou regresí zvolených proměnných.

#### Výsledky a diskuse

Listová výživa křemíkem a vápníkem či pouze křemíkem se významně neprojevila na obsahu křemíku v rostlině, ačkoliv působila na následující parametry: obsah sušiny, Mg a Ca v listech cukrové řepy, stejně jako obsah sušiny, Mg a Ca v kořenech

(tab. II.). Získané výsledky nejsou jednoznačné. Nejvyšší obsah sušiny, Mg a Ca v listech byl zjištěn u třetí varianty hnojení (dávka 1 179 g.ha<sup>-1</sup> Ca a 360 g.ha<sup>-1</sup> Si). První varianta hnojení s dávkou 393 g.ha<sup>-1</sup> Ca a 120 g.ha<sup>-1</sup> Si poskytla nejvyšší obsah sušiny a dusíku v kořenech. Obsah křemíku v kořenech kolísal podle varianty hnojení od 0,82 do 2,08 g.kg<sup>-1</sup>, zatímco v listech se měnil podle obsahu sušiny. V dřívější práci MERCIKA (10) byl v listech jednotlivých plodin nalezen tento obsah křemíku (v sušině): kukuřice v době květu 5,5–7,3 g.kg<sup>-1</sup>; brambory 3,3–7,8 g.kg<sup>-1</sup>; ječmen a oves 1,9–3,2 g.kg<sup>-1</sup> a pšenice a rýže 0,6–2,0 g.kg<sup>-1</sup>.

Následně VORM (11) zjistil, že obsah křemíku (v sušině) reflektuje efekt koncentrace křemíku v živném prostředí a mění se podle plodin následovně: slunečnice 10,9–124,0 mg.kg<sup>-1</sup>, pšenice 1,2–42,0 mg.kg<sup>-1</sup> a sója 0,2–4,0 mg.kg<sup>-1</sup>. Podle EPSTEINA (12) obsah křemíku v sušině rostlin kolísá od 1 do 100 g.kg<sup>-1</sup>, v závislosti na rostlinném druhu. Obsah křemíku u 13 kultivarů bramboru (*Solanum tuberosum* L.) se pohyboval mezi 209 a 479 mg.kg<sup>-1</sup>, což se jeví jako významné s ohledem na současný výzkum, neboť chuť vařených hlíz pozitivně koreluje s obsahem křemíku. Nicméně LERICHE ET AL. (13) pozoroval, že obsah křemíku nekoreloval s kvalitativními parametry, jako je tmavnutí uvařených brambor a s obsahem P, Ca, Cu, S, a Mg v hlízách. Naopak ukládání křemíku v orgánech vinné révy (*Vitis vinifera* L.) závisí na stáří, intenzitě transpirace, obsahu křemíku v živném prostředí a jeho rozpustnosti v půdě. Většina křemíku je nacházena na okraji starých listů a může dosáhnout až 2 % (14). Jiná studie (15) ukazuje, že u jahodníku byla sušina listů, celkový počet plodů a celkový tržní výnos plodů zvýšena křemičitým hnojením, což ukazuje na vliv křemíku na růst jahodníkové rostliny a její produkci plodů. Obsah křemíku v sušině listů byl zvýšen z 0,06 % bez přidání křemíku k 1,22 % s jeho přidavkem, zatímco obsah křemíku v sušině kořenů rostlin ošetřených křemíkem byl 0,06 % (stejný jako u listů neošetřených



kontroly), což je poměr 20,3. Koncentrace křemíku byla v listové růžici jahodníku výrazně vyšší během tvorby květních pupenů než na začátku či konci květu.

Křemičité hnojení kořenů okurek vedlo k průkazně nižšímu obsahu vápníku a vyššímu obsahu křemíku v listech oproti kontrolní variantě (bez křemičitého hnojení). Současně bylo plodech okurky pozorováno průkazné zvýšení křemíku jak v sušině, tak i čerstvé biomase, a to při průkazném snížení zinku a mědi proti kontrolní variantě (16). KLEIBER ET AL. (3) při studii křemičitého hnojení u hlávkového salátu pozorovali, že odběr N, P, K, Ca, Mg, Na a Fe u testovaných variant byl vyšší než pro hnojení bez křemíku a byl i nižší u Zn a Cu. Kromě toho listová aplikace Si významně změnila RWC (relativní obsah vody) a koncentraci Na. U tohoto způsobu výživy křemíkem se měnil i obsah sušiny v rostlině.

Jeden z nejnovějších nádobových pokusů s křemičitém hnojením vojtěšky (*Medicago sativa*) ukázal, že vliv křemičitého hnojení je nejednoznačný a může být modifikován jinými faktory (17). Přídavek křemíku zvýšil obsah P a K v lodyhách vojtěšky při zvýšení P a poklesu K v půdě. Vedle toho vliv křemíku na obsah N, P a K v lodyhách vojtěšky a v půdě za rozdílné půdní vlhkosti byl následující: křemík neovlivnil biomasu vojtěšky při 35 % nebo při 80 % půdní kapacity (FC), ale zvýšil biomasu při 50 či 65 % FC. Křemík zvýšil u lodyh vojtěšky celkově obsah K a P, ale byl bez vlivu na N. V jiné studii o křemičitém hnojení vojtěšky byl pozorován průkazně vyšší obsah křemíku v kořenech a lodyhách, odpovídající zvyšující se dávce křemíku. Kromě toho křemík zvýšil listovou plochu, výšku rostlin, plošný výnos a počet lodyh na rostlině v období jejich reprodukce. Křemík také zvýšil objem kořenů u druhotné kořenové biomasy. Vliv aplikace křemíku na kořeny byl silnější než na lodyhy (18). Přidání křemíku do růstového média pro semenáčky sóji (*Glycine max* (L.) Merr.) deficitního na K zvýšilo efektivitu využití draslíku. Fyziologické snížení produkce biomasy lodyh a kořenů při deficitu draslíku bylo vylepšeno přidáním křemíku. Koncentrace K v listech, lodyhách a kořenech byla zvýšena přidáním křemíku k růstovému médiu (19). Podobně i snížení obsahu K zasolením bylo částečně zlepšeno křemíkem, hlavně u kořenů fazolu (*Phaseolus vulgaris* L.) (20). Přidání křemíku k řepce (*Brassica napus* L.), pěstované v živném roztoku zlepšilo znaky jako produkce sušiny stonků a kořene, čistý výkon fotosyntézy a udrželo obsah P, K, Ca a Mg při jejich nedostatku. Kromě toho aplikace křemíku zvýšila odběr živin a jejich ukládání za podmínek jejich nedostatku a snížila odběr v toxické úrovni (21). Odběr křemíku u 46 plodin pěstovaných v hydroponických podmínkách ukázal obecný způsob ukládání křemíku – do okrajů listů a listových chlupů. Minimum křemíku bylo nalezeno v řapících a kořenech. Téměř 50 % testovaných dvouděložných okrasných rostlinných druhů mělo koncentraci křemíku v sušině > 0,1 %, což je ve výživě rostlin považováno za hranici používanou k rozlišení makro a mikroprvků (22).

Tab. II. Vliv listového hnojení křemíkem na chemické složení listů a kořenů cukrové řepy (průměr 2013 a 2014)

Varianta	Obsah sušiny (%)	N	P	K	Mg	Ca	Si
		Obsah živin (g.kg <sup>-1</sup> )					
LISTY							
0	14,58	30,65	2,33	30,35	13,60	18,93	0,84
1	15,06	32,30	2,50	32,45	10,05	14,55	0,80
2	14,94	32,70	2,40	29,65	14,20	19,30	0,72
3	15,57	29,40	2,80	26,35	20,10	29,25	0,67
4	15,20	32,50	2,58	26,75	16,40	25,42	0,90
5	15,26	33,95	2,30	27,30	13,70	18,05	1,04
6	15,22	32,25	2,50	24,00	17,60	28,65	0,59
LSD	0,75*	ns	ns	ns	7,57*	12,72*	ns
KOŘENY							
0	24,38	5,15	1,15	3,40	1,10	1,90	1,05
1	24,90	8,25	1,25	4,28	1,30	1,40	2,08
2	24,44	5,85	1,15	4,50	1,45	1,55	1,13
3	24,35	8,15	1,25	7,40	1,40	2,25	1,62
4	24,18	6,20	1,50	4,60	1,40	2,10	1,18
5	24,59	7,50	1,30	4,95	1,40	1,45	0,97
6	23,26	5,60	1,30	4,65	1,45	2,00	0,82
LSD	0,97*	2,24*	ns	ns	ns	ns	ns

\* – průkazný rozdíl  $\alpha = 0,05$ , ns – neprůkazný rozdíl.

V dřívější studii MERCIK (10) nenalezl žádný efekt při hnojení makroprvky, jako je dusík, fosfor či draslík, na obsah křemíku u pšenice, rýže, ovsa, ječmene, kukuřice, brambor a jetele v době kvetení. Nicméně VORM (11) pozoroval zvýšení obsahu křemíku u rýže, slunečnice, cukrové třtiny, pšenice a sóji v důsledku zvýšené koncentrace křemíku v živném roztoku. MA ET AL. (23) našli vyšší obsah křemíku v obilní slámě než v obilce.

V předkládaných výsledcích byl nejvyšší odběr Mg a Ca pozorován u třetí varianty hnojení (tab. III.). Tato varianta měla nejvyšší obsah K a Ca v kořenech. Zvolené varianty hnojení významně ovlivnily odběr Mg a Ca listy a odběr N, P a K kořeny. Odběr křemíku listy se pohyboval v rozmezí 3,62–5,57 kg.ha<sup>-1</sup> a u kořenů 20,3–58,2 kg.ha<sup>-1</sup>, ale rozdíly nebyly průkazné. U celé rostliny byl odběr N, P a Ca rozdílný. Nejvyšší odběr N a Ca byl pozorován u varianty č. 3, zatímco nejvyšší odběr P byl zjištěn u varianty č. 4. Celkový odběr křemíku (u celé rostliny) se pohyboval v rozmezí 23,9–62,5 kg.ha<sup>-1</sup>. Tento výsledek tak potvrzuje dřívější pozorování, že si dvouděložné rostliny nevyvinuly specifický mechanismus odběru křemíku, a proto spotřebovávají dvouděložné rostliny jen velmi malá množství tohoto prvku (24). Plodiny, jako je rýže (25) a cukrová třtina (26), odebírají nejvyšší množství křemíku: 500 kg.ha<sup>-1</sup> či 300 kg.ha<sup>-1</sup>. Odběr křemíku u pšenice je nižší – do 150 kg.ha<sup>-1</sup> Si (27). SNYDER ET AL. (28) informovali, že v průměru rostliny absorbují 50–200 kg.ha<sup>-1</sup> Si.

Tab. III. Odběr živin cukrovou řepou (průměr 2013 a 2014)

Varianta	N	P	K	Mg	Ca	Si
	Odběr živin (kg.ha <sup>-1</sup> )					
LISTY						
0	177,8	13,5	177,8	79,1	110,4	4,86
1	175,1	13,6	175,1	54,6	78,9	4,35
2	190,6	13,9	177,7	81,6	112,3	4,10
3	189,9	18,1	170,2	129,9	189,0	4,33
4	205,1	16,2	170,3	103,8	162,3	5,57
5	192,1	12,9	164,7	75,0	100,6	5,31
6	196,8	15,3	146,3	107,4	174,6	3,62
LSD	ns	ns	ns	38,6*	72,3*	ns
KOŘENY						
0	115,3	26,4	76,5	25,2	43,1	24,8
1	213,6	33,9	113,8	36,3	38,9	58,2
2	140,8	29,7	113,7	37,1	37,7	26,5
3	201,7	32,1	193,8	34,2	57,3	43,8
4	155,5	39,6	119,0	37,4	52,3	31,3
5	197,5	36,2	132,8	39,3	39,2	25,2
6	141,1	33,2	114,4	36,2	45,9	20,3
LSD	60,8*	10,4*	112,1*	ns	ns	ns
LISTY + KOŘENY						
0	293,1	39,9	254,3	104,3	153,5	29,6
1	388,7	47,5	288,9	90,9	117,8	62,5
2	331,4	43,6	291,4	118,7	150,0	30,6
3	391,6	50,2	364,0	164,1	246,2	48,1
4	360,6	55,8	289,3	141,2	214,7	36,9
5	389,5	49,1	297,6	114,3	139,8	30,5
6	338,0	48,5	260,7	143,6	220,4	23,9
LSD	48,7*	12,7*	ns	ns	98,7*	ns



V předkládaných výsledcích byla nejmenší variabilita (jak u listů tak i kořenů) pozorována v obsahu sušiny (tab. IV.). U odběru živin byla nejnižší hodnota variačního koeficientu pozorována u dusíku. Variabilita obsahu křemíku v listech byla nižší (55,1 %) než u kořenů (63,2 %).

Velmi podobné rozpětí proměnlivosti bylo u křemíku akumulovaného v listech a kořenech. Technologický výnos cukru průkazně koreloval se zvýšením obsahu sušiny a obsahem P a Si v listech a kořenech a obsahem K či Mg v kořenech a i sníženým obsahem K v listech (tab. V.).

Mimo to obsah křemíku v listech pozitivně koreloval s obsahem sušiny a obsahem P, ale negativně s obsahem K v listech. Obsah křemíku v kořenech pozitivně koreloval s obsahy P a K v kořenech. Regresní křivky, definující vztah mezi technologickým výnosem cukru a analyzovanými prvky v listech a kořenech, po odstranění neprůkazných rozdílů jsou:

- technologický výnos cukru =  $13,44 + 0,0038 \times \text{obsah Si v listech}$ , pro  $n = 14$  a  $R^2 = 0,638$ ;
- technologický výnos cukru =  $20,85 - 0,155 \times \text{obsah K v listech}$ , pro  $n = 14$  a  $R^2 = 0,735$ ;
- technologický výnos cukru =  $11,39 + 3,753 \times \text{obsah Mg v kořenech}$ , pro  $n = 14$  a  $R^2 = 0,731$ .

### Závěr

Předkládané výsledky ukazují, že rozdílná listová hnojení křemíkem a vápníkem či jen křemíkem nemají průkazný vliv na obsah křemíku v listech či kořenech cukrové řepy. Nicméně, výzkumné výsledky indikují pozitivní korelaci listové výživy křemíkem a vápníkem či jen křemíkem s technologickým výnosem cukru, což umožňuje formulovat doporučení k použití obou křemičitých hnojiv (a křemičitý roztok) v nízkých dávkách a jednorázové aplikaci (varianta 1. či 4.). Kromě toho by na základě získaných výsledků a příznivé role křemíku v metabolismu rostlin výzkum zaměřený na odběr křemíku z hnojiv u plodin, jako je cukrová řepa, měl dále pokračovat.

*Autoři děkují Janu Jodko-Narkiewicz (Intermag Sp. z o. o.) a Romualdu Luczakovi (NaturalCrop Sp. z o. o.) za jejich podporu při provádění pokusů.*

### Souhrn

V jihovýchodním regionu Polska byla v letech 2013–2014 prováděna studie navazující na předchozí výzkum vlivu hnojení křemíkem. V polních pokusech s cukrovou řepou byly testovány tři varianty listového hnojení křemíkem a vápníkem (393 g.ha<sup>-1</sup> Ca + 120 g.ha<sup>-1</sup> Si; 786 g.ha<sup>-1</sup> Ca + 240 g.ha<sup>-1</sup> Si; 1 179 g.ha<sup>-1</sup> Ca + 360 g.ha<sup>-1</sup> Si) a tři varianty hnojení jen křemíkem (47 g.ha<sup>-1</sup>; 94 g.ha<sup>-1</sup> a 141 g.ha<sup>-1</sup>). Byly uplatněny tři termíny aplikace na list: 1. ve fázi 4–6 listů; 2. o týden později; 3. o dva týdny později. U listů a kořenů byl po sklizni stanoven obsah sušiny, N, P, K, Ca, Mg a Si. Listová výživa křemíkem a vápníkem či jen křemíkem významně působila na obsah sušiny, Mg a Ca v listech a obsah sušiny a N v kořenech. Aplikace 1 179 g.ha<sup>-1</sup> Ca + 360 g.ha<sup>-1</sup> Si poskytla nejvyšší obsah sušiny, Mg a Ca v listech, zatímco u dávek hnojení 393 g.ha<sup>-1</sup> Ca + 120 g.ha<sup>-1</sup> Si byl pozorován nejvyšší obsah sušiny a N v kořenech. Odběr křemíku u cukrové řepy se pohyboval v rozmezí 23,9–62,5 kg.ha<sup>-1</sup> Si, a to podle varianty hnojení. Kromě toho technologický výnos cukru pozitivně koreloval s obsahem křemíku v listech.

**Klíčová slova:** *Beta vulgaris* L., makroprvky, odběr živin.

Tab. IV. Parametry proměnlivosti sledovaných znaků (2013–2014)

Znak	Průměr	Minimum	Maximum	Standardní odchylna SD	Variační koeficient (%)	Znak	Průměr	Minimum	Maximum	Standardní odchylna SD	Variační koeficient (%)
	Obsah živin (g.kg <sup>-1</sup> )						Odběr živin (kg.ha <sup>-1</sup> )				
LISTY						LISTY					
Sušina (%)	15,12	14,56	15,96	0,48	3,16	N	189,6	155,9	219,7	18,2	9,6
N	31,96	26,60	35,60	2,42	7,58	P	14,8	10,2	23,9	4,0	26,9
P	2,49	1,80	3,70	0,62	25,08	K	168,9	62,0	267,5	72,4	42,8
K	28,12	12,60	47,90	11,59	41,21	Mg	90,2	38,2	135,9	26,6	29,5
Mg	15,09	7,10	21,00	3,95	26,20	Ca	132,6	72,0	215,5	48,3	36,5
Ca	22,02	13,40	35,60	6,86	31,13	Si	4,59	1,73	8,88	2,23	48,56
Si	0,79	0,27	1,80	0,44	55,08	KOŘENY					
KOŘENY						N	166,5	90,0	248,9	48,9	29,4
Sušina (%)	24,30	20,63	27,70	1,59	6,50	P	33,0	14,0	59,5	16,7	50,6
N	6,70	4,50	8,90	1,35	20,19	K	123,4	56,0	310,4	66,0	53,5
P	1,27	0,70	2,10	0,47	37,07	Mg	35,1	14,0	60,1	17,3	49,3
K	4,83	2,80	11,10	1,99	41,32	Ca	44,9	19,7	81,1	16,5	36,8
Mg	1,36	0,70	2,10	0,48	35,24	Si	32,87	7,38	89,25	24,63	74,91
Ca	1,81	0,90	2,90	0,56	31,19	LISTY + KOŘENY					
Si	1,26	0,37	2,92	0,80	63,19	N	356,1	266,7	426,9	44,8	12,6
						P	47,8	25,3	78,7	19,7	41,2
						K	292,3	215,5	424,3	57,8	19,8
						Mg	125,3	55,7	175,0	33,7	26,9
						Ca	177,5	91,7	268,2	54,7	30,8
						Si	37,46	11,04	95,47	25,80	68,85

## Literatura

- SACALA, E.: Role of silicon in plant resistance to water stress. *J. Elem.*, 2019 (14), s. 619–630.
- SACALA, E. ET AL.: 2009. Effect of silicon on the growth and some biochemical parameters of maize cultivated under osmotic stress conditions. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 541, s. 375–382.
- KLEIBER, T. ET AL.: 2015. The response of hydroponically grown lettuce under Mn stress to differentiated application of silica sol. *J. Elem.*, 2015 (20), s. 609–619.
- FAUTEUX, F. ET AL.: The protective role of silicon in the Arabidopsis–powdery mildew pathosystem. *P. Natl. Acad. Sci.*, 2006 (103) s. 17554–17559.
- FAUTEUX, F. ET AL.: Silicon and plant disease resistance against pathogenic fungi. *FEMS Microbiol. Lett.*, 2005 (249) s. 1–6.
- ARTYSZAK, A.; GOZDOWSKI, D.; KUCIŃSKA, K.: The effect of calcium and silicon foliar fertilization in sugar beet. *Sugar Tech.*, 18, 2016, s. 109–114.
- ARTYSZAK, A.; GOZDOWSKI, D.; KUCIŃSKA, K.: The effect of foliar fertilization with marine calcite in sugar beet. *Plant Soil Environ.*, 60, 2014, s. 413–417.
- ARTYSZAK, A.; GOZDOWSKI, D.; KUCIŃSKA, K.: The effect of silicon foliar fertilization in sugar beet – *Beta vulgaris* (L.) ssp. *vulgaris* conv. *crassa* (Alef.) prov. *altissima* (Döll). *Turk. J. Field Crops*, 20, 2015, s. 115–119.
- KRASKA, J. E.; BREITENBECK, G.: Simple, robust method for quantifying silicon in plant tissue. *Commun. Soil Sci. Plan.*, 41, 2010, s. 2075–2085.
- MERCIK, S.: Content of mineral elements in crops depending on fertilization and crop rotation. *Roczniki Gleboznawcze*, 20, 1969, s. 367–407.
- VORM VAN DER, P. D. J.: Uptake of Si by five plant species as influenced by variations in S-supply. *Plant Soil.*, 56, 1980, s. 153–156.



Tab. V. Korelační koeficienty mezi technologickým výnosem cukru a chemickým složením řepné rostliny v letech 2013–2014 (n = 14)

	Technologický výnos cukru (t.ha <sup>-1</sup> )		LISTY							KOŘENY						
			sušina	N	P	K	Mg	Ca	Si	sušina	N	P	K	Mg	Ca	
LISTY	sušina	0,80**														
	N	0,30	-0,03													
	P	0,78**	0,63**	-0,06												
	K	-0,86**	-0,71**	-0,23	-0,75**											
	Mg	0,33	0,58*	-0,07	0,31	-0,60*										
	Ca	-0,20	0,13	-0,17	-0,23	-0,07	0,77**									
	Si	0,80**	0,68**	0,26	0,55*	-0,79**	0,22	-0,33								
KOŘENY	sušina	0,73**	0,58**	-0,01	0,70**	-0,67*	0,03	-0,53	0,84**							
	N	0,20	0,41	-0,28	0,20	0,06	-0,19	-0,20	0,07	0,29						
	P	0,83**	0,70**	0,11	0,87**	-0,81**	0,25	-0,31	0,81**	0,84**	0,14					
	K	0,54*	0,71**	-0,40	0,77**	-0,53	0,47	0,08	0,31	0,49	0,48	0,59*				
	Mg	0,86**	0,73**	0,43	0,70**	-0,82**	0,35	-0,20	0,81**	0,72**	0,03	0,86**	0,39			
	Ca	0,18	0,26	-0,17	0,36	-0,47	0,60*	0,53	0,11	0,02	-0,01	0,24	0,49	0,14		
	Si	0,57*	0,36	-0,06	0,73**	-0,41	-0,07	-0,36	0,33	0,52	0,51	0,54*	0,62*	0,39	0,43	

\*\* průkazná korelace při  $P \leq 0,01$ ; \* průkazná korelace při  $P \leq 0,05$ .

- EPSTEIN, E.: Silicon. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 50, 1999, s. 641–664.
- LERICHE, E. L.; WANG-PRUSKI, G.; ZHELJAZKOV, V. D.: Distribution of elements in potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers and their relationship to after-cooking darkening. *HortScience*, 44, 2009, s. 1866–1873.
- BLAICH, R.; GRUNDHÖFER, H.: Uptake of silica by grapevines from soil and recirculating nutrient solutions. *Vitis*, 36, 1997, s. 161–166.
- MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E.: Effect of silicon on the growth and fruit production of strawberry plants in a solution culture. *Jap. Society of Soil Sci. and Plant Nutrition*, 32, 1986, s. 321–326.
- JAROSZ, Z.: The effect of silicon application and type of substrate on yield and chemical composition of leaves and fruit of cucumber. *J. Elem.*, 2013 (18), s. 403–414.
- LIU, J.; GUO, Z.: Effects of supplementary silicon on nitrogen, phosphorus and potassium contents in the shoots of *Medicago sativa* plants and in the soil under different soil moisture conditions. *Chinese J. Appl. and Environ. Biol.*, 17, 2011, s. 809–813.
- GUO, Z. G. ET AL.: Effect of silicon on the morphology of shoots and roots of alfalfa (*Medicago sativa*). *Aust. J. Exp. Agr.*, 46, 2006, s. 1161–1166.
- MIAO, B. H., HAN, X. G.; ZHANG, W. H.: The ameliorative effect of silicon on soybean seedlings grown in potassium deficient medium. *Ann Bot-London*, 105, 2010, s. 967–973.
- ZUCCARINI, P.: Effects of silicon on photosynthesis, water relations and nutrient uptake of *Phaseolus vulgaris* under NaCl stress. *Biol. Plantarum*, 52, 2008, s. 157–160.
- LIANG, Y. C.; SHEN Z. G.: Interaction of silicon and boron in oil-seed rape plants. *J. Plant. Nutr.*, 17, 1994, s. 415–425.
- FRANTZ, J. M. ET AL.: Silicon in ornamental crops: Detection, delivery, and function. In RODRIGUES, F. A. (ED.): *Anais do V Simpósio Brasileiro Sobre Silício na Agricultura*. Universidade Federal de Viçosa, Brazil, 2010, s. 111–134.
- MA, J.; NISHIMURA, K.; TAKAHASHI, E.: Effect of silicon on the growth of rice plant at different growth stages. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 35, 1989, s. 347–356.
- MITANI, N.; MA, J. F.: Uptake system of silicon in different plant species. *J. Exp. Bot.*, 56, 2005, s. 1255–1261.
- MAKABE, S. ET AL.: Relationship between mineral composition or soil texture and available silicon in alluvial paddy soils on the Shounai Plain, Japan. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 55, 2009, s. 300–308.
- MEYER, J. H.; KEEPING, M. G.: 2001. Past, present and future research of the role of silicon for sugarcane in southern Africa. In DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDORFER, G. H. (EDS.): *Silicon in agriculture. Studies in plant science*. Amsterdam: Elsevier, 2001, s. 257–275.



27. BAZILEVICH, N. I.: *The biological productivity of North Eurasian Ecosystems* (in Russian). 1<sup>st</sup> ed., Moscow: Nauka Publishers, 1993, 293 s.
28. SNYDER, G. H., MATICHENKOV, V. V.; DATNOFF, L. E.: 2006. Silicon. In BARKER, A. V.; DAVID, J.; PILBEAM, D. J. (EDS.): *Handbook of Plant Nutrition*. CRC Press, 2006, s. 551–568.
29. JITSUYAMA, Y. ET AL.: Endogenous components and tissue cell morphological traits of fresh potato tubers affect the flavor of steamed tubers. *Am. J. Potato. Res.*, 86, 2009, s. 430–441.

**Artyszak A., Dariusz Gozdowski D., Kucińska K.: Effect of Foliar Fertilization Using Silicon and Calcium or Only Silicon on Chemical Composition of Sugar Beet**

An extended continuation study building up on earlier research into the silicon fertilization effect was conducted in 2013–2014 in the southeastern region of Poland. A field study of sugar beet tested three variants of foliar fertilization with silicon and calcium (393 g ha<sup>-1</sup> Ca + 120 g ha<sup>-1</sup> Si; 786 g ha<sup>-1</sup> Ca + 240 g ha<sup>-1</sup> Si; 1179 g ha<sup>-1</sup> Ca + 360 g ha<sup>-1</sup> Si), as well as three foliar fertilization variants with silicon only (47 g ha<sup>-1</sup>; 94 g ha<sup>-1</sup>; 141 g ha<sup>-1</sup>). Three terms of foliar fertilizer applications were used: 1<sup>st</sup> in the 4–6 sugar leaf stage; 2<sup>nd</sup> one week later; and 3<sup>rd</sup> two weeks later. The content of dry matter, N, P, K, Ca, Mg and Si in leaves and roots collected during harvest was determined. Foliar fertilization with silicon and calcium or with silicon significantly affected the dry matter, Mg and Ca content in leaves and the dry matter and N content in roots. The application of 1179 g ha<sup>-1</sup> Ca and 360 g ha<sup>-1</sup> Si yielded the highest dry matter, Mg, and Ca content in leaves, whereas the highest dry matter and N content in roots was observed in the fertilization variant with 393 g ha<sup>-1</sup> Ca and 120 g ha<sup>-1</sup> Si. Silicon uptake by the sugar beet plants varied within the range from 23.9 to 62.5 kg ha<sup>-1</sup> Si, according to the fertilization variant. Moreover, technological sugar yield positively correlated with silicon content in leaves.

**Key words:** *Beta vulgaris* L.; macronutrients; nutrients uptake.

**Kontaktní adresa – Contact address:**

Dr. Arkadiusz Artyszak, Warsaw University of Life Sciences – SGGW, Department of Agronomy, Nowoursynowska 159, 02-787 Warsaw, Poland, e-mail: arkadiusz\_artyszak@sggw.pl

ROZHLEDY

**Esenam A.**

**Digitalizace zemědělství umožní pěstitelům lepší produktivitu (Overview of digital agriculture: Making growers lives more productive)**

Článek uvádí možnosti přínosů digitalizace zemědělství. Jedná se o poradenský systém v průběhu celého produkčního cyklu dané komodity, integraci agronomických znalostí a zkušeností, včetně použití nových technologií – senzorů, satelitů, dronů, zemědělského Internetu věcí (IoT), map a robotů. S využitím všech těchto prvků systému může pěstitel sledovat a hodnotit produkci daných komodit během vegetace a sklizně, hodnotit výnosy i ztráty a brát si ponaučení pro zlepšení v následující sezoně.

*Int. Sugar J.*, 119, 2017, č.1422, s. 466–470.

Kadlec

**Chudasama A.**

**Investiční aktivita globálního cukerního sektoru v období červenec 2016 až červen 2017 (Investment activity in the global sugar sector over the period July 2016 to June 2017)**

Jsou uvedeny hlavní investiční akce v cukerním sektoru v Africe, Asii, Latinské Americe, Karibiku, Oceánii, Severní Americe, v zemích Blízkého východu i v Evropě. Z evropských akcí je nejzajímavější navýšení zpracovatelské kapacity francouzského cukrovaru Bazancourt z 25 tis. t na 30 tis. t řepy denně.

*Int. Sugar J.*, 119, 2017, č.1423, s. 533–536.

Kadlec

**Krause T.**

**SMBSC instaluje zařízení zachovávající cukrovou řepu až do doby zpracování (SMBSC installs technology to prolong the life of sugar beets until processing)**

Pěstitelé cukrové řepy dodávající surovinu cukrovarnické společnosti Southern Minnesota Beet Sugar Cooperative (SMBSC) dosahovali v roce 2017 velmi dobrých výnosů, konečné údaje nejsou zatím k dispozici, mohou však být i rekordní. Průměrný výnos v roce 2016 byl 74 t.ha<sup>-1</sup>, nyní bude nejméně o tunu vyšší, i průměrná cukernatost bude vyšší než 16,3 % v roce 2016. Je tedy důležité, aby sklizená řepa na ukládkách zůstala v dobrém stavu až do doby zpracování v cukrovaru. Proto SMBSC na ukládkách instalovala systém rozvádějící chladný vzduch od ventilátorů dovnitř hromad uskladněné řepy. Ten omezuje ztráty způsobené kolísáním teploty, a to zejména při dlouhodobém skladování řepy určené ke zpracování po 1. březnu (až do května), kdy je nezbytné vhnět do hromad řepy chladný vzduch, aby nedošlo k rozvoji skládkových chorob. SMBSC je akciovou společností vlastněnou přibližně 500 akcionáři-pěstiteli.



Uskladněná cukrová řepa v Southern Minnesota Beet Sugar Cooperative

*Redwood Falls Gazette*, 26. 11. 2017, [online] <http://www.redwoodfallsgazette.com/news/20171126/smbc-installs-technology-to-prolong-life-of-sugar-beets-until-processing>, cit. 20. 12. 2017.

Marek