

Važnost silicija (Si) u gnojdbi poljoprivrednih kultura

Sažetak

Silicij (Si) je element koji se nalazi u većim količinama u tlu, jer je sastavni dio minerala gline – alumosilikata. Međutim, kako je mineral gline vremenski vrlo stabilan, obogaćivanje tla silicijem temeljem razgradnje minerala gline vrlo je sporo. Razgradnja minerala gline (alumosilikata) događa se samo u uvjetima vrlo kiselih (šumskih) tala. Drugi izvor silicija u tlu nalazi se u vodenoj otopini tla gdje se silicij nalazi u obliku monosilikatne kiseline kao H_4SiO_4 . Iako silicij (Si) nije svrstan u esencijalne (važne) biogene elemente, do danas je provedeno dosta istraživanja o pozitivnom učinku primjene silicija i silicijevih gnojiva na parametre prinosa i kvalitete plodova poljoprivrednih kultura.

Silicij (Si) je element koji se nalazi u većim količinama u tlu, jer je sastavni dio minerala gline – alumosilikata. Međutim, kako je mineral gline vremenski vrlo stabilan, obogaćivanje tla silicijem temeljem razgradnje minerala gline vrlo je sporo. Razgradnja minerala gline (alumosilikata) događa se samo u uvjetima vrlo kiselih (šumskih) tala. Na poljoprivrednim tlima proces razgradnje minerala gline je spor proces. Drugi izvor silicija u tlu nalazi se u vodenoj otopini tla gdje se silicij nalazi u obliku monosilikatne kiseline kao H_4SiO_4 .

Iako silicij (Si) nije svrstan u esencijalne (važne) biogene elemente, do danas je provedeno dosta istraživanja o utjecaju primjene silicija i silicijevih gnojiva na parametre prinosa i kvalitete plodova poljoprivrednih kultura. Povećanje količine silicija (Si) u biljnom tkivu značajno povećava prirodnu otpornost biljke na razna gljivična oboljenja (Samuels i sur., 1994, Blaich i Grundhoffer, 1998), povećava mehaničku čvrstoću i otpornost površinskog sloja lista (Rafi et al., 1997), povećava otpornost biljke kod povećane količine mangana u biljci (Rogalla i Romheld, 2001) te aluminija, naročito na kiselim tlima (Galvez et al., 1987). Isto tako, Ahmad i sur. (1992) navode da silicij značajno povećava otpornost biljaka na stres uvjetovan zaslanjivanjem tla. Marshner i sur. (1990) u svojim istraživanjima su uočili da silicij može pozitivno utjecati na fiziološku raspoloživost cinka u listu.

Mogućnost usvajanja silicija za biljke se značajno razlikuje. Takahashi i sur. (1990) dijele biljke u 4 klase ovisno o koncentraciji silicija u listu, na temelju količine silicija (Si) u suhoj tvari. Biljke koje imaju manje od 0,5% silicija (Si) u listu predstavljaju biljke koje ne akumuliraju veće količine silicija te im silicij nije od posebnog fiziološkog značenja u metabolizmu. U tu grupu ulazi većina dikotiledonskih biljaka, osim krastavca, koji je specifična biljka po pitanju akumulacije silicija u biljnom tkivu. Ostale tri grupe biljaka sklone su akumulaciji većih količina silicija u listu te se količine silicija kreću u rangu od 0,5-2,0% (biljke koje akumuliraju manje količine silicija), 2,0-4,0% Si (biljke koje akumuliraju srednje količine silicija u listu) i više od 4,0% su biljke koje akumuliraju izrazito velike količine silicija u listu. Jedna od takvih kulutra je svakako i riža koja zbog specifičnog metabolizma, ali i građe korijena ima mogućnosti usvajanja velike količine silicija iz tla ili vodene otopine tla. Od ostalih kultura koje se uzgajaju u agroekološkim uvjetima Hrvatske to su svakako kukuruz i ostale strne žitarice poput pšenice

i ječma. Osim samih fizioloških karakteristika biljaka, količina silicija koji će se nalaziti u biljci ovisi o količini silicija u tlu, odnosno količini silicija koji se dodaje gnojidbom. U slijedećoj tablici prikazane su koncentracije silicija u biljnom tkivu nekoliko biljnih vrsta, ovisno o količini silicija koji je dodan u tlo (Rogalla, 2001).

Tablica 1. Količina silicija (Si) u starom listu nekoliko poljoprivrednih kultura, ovisno o količini silicija (Si) dodanog gnojidbom (Rogalla, 2001)

Biljna vrsta	Sposobnost akumulacije silicija (Si) u biljnom tkivu ¹	Koncentracija silicija (Si)		
		0,0 mM silicija (Si)	0,9 mM silicija (Si)	1,8 mM silicija (Si)
Kukuruz (<i>Zea mays</i>)	+	-	0,8 %	1,7%
Ječam (<i>Hordeum vulgare</i>)	++	0,01%	2,0%	2,8%
Ricinus (<i>Ricinus communis</i>)	-	-	0,1%	0,1%
Bob (<i>Vicia faba</i>)	-	-	0,1%	0,1%
Krumpir (<i>Solanum tuberosum</i>)	-	-	0,1%	0,1%
Krastavac (<i>Cucumis sativus</i>)	+ / ++	0,15%	1,8%	2,4

Količina silicija (Si) u biljci može se kretati u rangu od 1,0-100,0 grama silicija (Si) kg⁻¹ suhe tvari ovisno o biljnoj vrsti, što je gotovo u rangu ostalih makroelemenata poput fosfora, dušika ili kalcija. Barker i Pilbeam (2007) navode da pšenica tijekom jednog vegetacijskog ciklusa može usvojiti iz tla 50-150 kg Si ha⁻¹ te time posebno ističu važnost silicija za uspješan uzgoj pšenice. Sam način usvajanja silicija iz tla nije još u potpunosti razjašnjen (pretpostavlja se da je usvajanje silicija pasivan proces; usvajanje s vodom). Međutim, kako površinski sloj tla do dubine od 20 cm sadrži vrlo male količine silicija (0,1-1,6 kg Si ha⁻¹), teško je jednoznačno objasniti sam proces usvajanja silicija iz tla.

Biljke silicij usvajaju kao monosilikatnu kiselinu ili anion monosilikatne kiseline. U biljci se transport silicija vrši iz korijena prema vrhovima izboja ksilemskim tokom. Isto tako, otopina monosilikatne kiseline može pasivno penetrirati kroz stanične membrane (Aston i Jones, 1976). Aktivni transport silicija slabo je istražen te ne postoji dovoljan broj relevantnih istraživanja koja bi mogla potvrditi aktivni transport silicija kroz biljku. Nakon ulaska u korijen, silicij se vrlo brzo transportira kroz biljku. Silicij se koncentrira u epidermi staničnog tkiva i čini fini sloj silikatno-celulozne membrane koja se veže s pektinom i kalcijevim ionom (Waterkeyn, Bientait i Peters, 1982). Na taj način tvori se dvostruki kutikularni sloj koji štiti i mehanički jača strukturu stanice (Yoshida, 1975). Kod porasta količine silicija u biljci, dolazi do polimerizacije monosilikatne kiseline (Lewin i Reimann, 1969). Kemijska struktura polimerizirane monosilikatne kiseline identificira se kao silicijski gel ili biogeni, amorfn oblik silicija (SiO₂) koji je hidratiziran i na sebe veže molekule vode (Lanning, 1960).

Silicij je važan u povećanju otpornosti biljke na veće količine aluminija, naročito kod uzgoja na kiselim tlima (Birchall, Exley i Chappell, 1989). Glavni mehanizam obrane biljke od toksične količine aluminija je nastajanje netoksičnog hidroksialumosilikatnog kompleksa u citoplazmi (Exley i Birchall, 1993). Isto tako, anion monosilikatne kiseline (Si(OH)₃)⁻ može uspješno zamjeniti fosfatni anion (HPO₄)²⁻ u kalcij-, magnezij-, aluminij- i željezo-fosfatima (Matichenkov i Bocharnikova, 1993). Silicij također može zamjeniti fosfatni ion u molekulama DNA i RNA te time značajno povećati stabilnost navedenih molekula, što rezultira značajno većom otpornosti biljaka na razne biotske i abiotske uvjete stresa (Vornokov, Zelchan i Lykevici, 1978). Isto tako, veća količina topivog silicija odgovorna je za stvaranje značajno veće količine enzima

¹ Dr.sc. David Gluhic, Veleučilište Rijeka, Poljoprivredni odjel Poreč, Carla Huguesa 5, 52 440 Poreč, e-mail: david.gluhic@agroexpert.hr

ribuloze bifosfat karboksilaze u tkivu lista (Adatia i Besdorf, 1986), što potiče bolji metabolizam i učinkovitije korištenje CO₂ od strane biljaka. Primjenom silicija u gnojdbi šećerne repe moguće je ostvariti povećanje količine šećera (Klechkovsky i Vladimirov, 1934) te je isti učinak utvrđen i u gnojdbi citrusa gdje je došlo do značajnog porasta šećera u plodovima citrusa (Matichnkov, Bocharnikova i Calvert, 2002).

Silicij pozitivno utječe na otpornost biljaka na napad bolesti i štetnika. To se ostvaruje kroz dva različita mehanizma. Jedno je povećanje mehaničke otpornosti epidermalnog dijela lista (odnosno stanične stjenke) kroz tvorbu silikatno-celulozne membrane, dok se drugi mehanizam zaštite ostvaruje putem organskog kompleksa sa silicijem koji povećava otpornost stanice na razgradnju djelovanjem enzima koji izlučuju patogene gljive (uzročnici bolesti). U slijedećim tablicama prikazan je učinak silicija na uzročnike bolesti i pojedine štetnike.

Tablica 2. Pozitivan učinak silicija na povećanu otpornost biljaka na biljne bolesti

Biljna vrsta	Bolest	Patogeni uzročnik	Referenca
Ječam (<i>Horedum vulgare</i>)	Pepelnica	<i>Erysiphe graminis</i>	Craver, Zeyen i Ahlstrand (1987)
Krastavac (<i>Cucumis sativus</i>)	Bolesti korijena	<i>Pythium aphanidermatum</i>	Cherif i sur. (1994)
Krastavac (<i>Cucumis sativus</i>)	Bolesti korijena	<i>Pythium ultimum</i>	Cherif i Belanger (1992)
Krastavac (<i>Cucumis sativus</i>)	Bolesti korijena	<i>Didymella bryoniae</i>	O'Neill (1991)
Krastavac (<i>Cucumis sativus</i>)	Botritis	<i>Botritis cinerea</i>	O'Neill (1991)
Krastavac (<i>Cucumis sativus</i>)	Pepelnica	<i>Sphaerotheca fuliginea</i>	Adatia i Besford (1986)
Vinova loza	Pepelnica	<i>Uncinula necator</i>	Bowen i sur. (1992)
Grašak (<i>Pisium sativum</i>)	Pjegavost lišća	<i>Mycosphaerella pinodes</i>	Dann i Muir (2002)
Rajčica (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.)	Pepelnica	<i>Sphaerotheca fuliginea</i>	Adatia i Besford (1986)
Pšenica (<i>Triticum aestivum</i>)	Pepelnica	<i>Septoria nodorum</i>	Leusch i Buchenaner (1989)
Tikvica (<i>Cucurbita pepo</i>)	Pepelnica	<i>Erysiphe cichoracearum</i>	Menzies i sur. (1992)

Više autora je u svojim istraživanjima potvrdilo da je silicij važan element koji inducira obrambene mehanizme biljaka. Silicij stimulira aktivnost enzima kitinaze i brzu aktivaciju enzima peroksidaze i polifenoksidaze nakon gljivične infekcije (Cherif i sur., 1994).

Osim pozitivnog utjecaja na biotske čimbenike stresa, silicij igra važnu ulogu i kod abiotskih čimbenika. Zbog utjecaja na formiranje silicij-celulozne membrane, značajno se smanjuje transpiracija kroz list i time povećava otpornost na sušne uvjete (Emadian i Newton, 1989, Efimova i Dokynchan, 1986). U tlu, reakcijom silicija s teškim metalima (aluminij i mangan) značajno se smanjuje toksičnost navedenih teških metala (Barcelo, Guevara i Poschenrieder, 1993). Isto tako, primjenom silicija značajno se povećava otpornost biljaka na stresne uvjete povećanog zaslanjenja tla.

Kod optimalne bilance silicija u tlu, dolazi do značajno većeg razvoja korijena te se time povećava adsorpcijska moć korijena za usvajanje vode i hraniva iz tla (Matichenkov, 1996). U slučaju nedovoljne količine silicija kod rajčice (*Lycopersicon esculentum* Mill.) dolazi do značajnog opadanja intenziteta cvatnje i zametanja plodova (Miyake, 1993). Osim na cvatnju, pozitivan učinak silicija primjećen je na dozrijevanje i kvalitetu zrna u uzgoju kukuruza (Matichenkov, 1990). Više autora u svojim istraživanjima utvrdilo je pozitivan učinak gnojdbi silicijem na povećanu otpornost biljaka na gljivična oboljenja (Belanger i sur., 1995, Menzies i Belanger, 1996).

Iz pregleda rada vidljivo je da silicij, iako nije biogeni element, svakako ima značajnu ulogu u rastu i razvoju poljoprivrednih kultura te se svakako prilikom planiranja programa gnojdbi trebaju uključiti i gnojiva na bazi silicija.

Literatura:

- Adatia, M. H. i R. T. Besford (1986). The effects of silicon on cucumber plants grown in recirculating nutrient solution. *Annual Botany* 58: 343–351.
- Ahmad, R., Zaheer, S.H. i Ismail, S. (1992). Role in silicon in salt tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant Sci.*, 85, 43–50
- Aston M.J. i Jones M.M. (1976) A study of the transpiration surfaces of *Avena sterilis* L. var. Algerian leaves using monosilicic acid as a tracer for water movement. *Planta*. 1976 Jan;130(2):121-9
- Barcelo, J., P. Guevara i Ch. Poschenrieder (1993). Silicon amelioration of aluminum toxicity in teosinte (*Zea mays* L. ssp. mexicana). *Plant Soil* 154: 249–255
- Barker A.V. i David J. Pilbeam (2007). *Handbook of Plant Nutrition*. CRC Press, 600 Broken Sound Parkway NW, Suite 300, Boca Raton, FL
- Birchall J.D., Exley C. i Chappell J.S. (1989) Acute toxicity of aluminum to fish eliminated in silicon rich acid water, *Nature*, 338:146-148
- Belanger R.R., Bowen P.A., Ehret D.L. i Menzies J.G. (1995) Soluble silicon: its role in crop and disease management of greenhouse crops, *Plant Disease* 79:329-336
- Blaich, R. i Grundhofer, H. (1998). Silicate incrusts induced by powdery mildew in cell walls of different plant species. *Z. Pflanzenkr. Pflanzenschutz*, 105, 114–120.
- Bowen P., J. Menzies, D. Ehret, L. Samuel, A.D.M. Glass. (1992) Soluble silicon sprays inhibit powdery mildew development on grape leaves. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 117:906-912,
- Cherif, M., J. G. Menzies, D. L. Ehret, C. Bogdanoff and R. R. Belanger (1994). Yield of cucumber infected with *Pythium aphanidermatum* when grown with soluble silicon. *Horticultural Science* 29: 896–897
- Cherif, M. i R. R. Belanger (1992). Use of potassium silicate amendments in recirculating nutrients solution to suppress *Pythium ultimum* on long English cucumber. *Plant Disease* 76: 1008–1011
- Craver T.L.W., Zeyen R.J. i Ahlstrand G.G. (1987) The relation between insoluble silicon and success or failure of attempted penetration by powdery mildew (*Erysiphe graminis*) germlings on barley, *Physiol. Plant Pathol.* 31:133-148
- Dann E.K. i Muir S. (2002) Peas grown in media with elevated plant-available silicon levels have higher activities of chitinases and β -1,3-glucanase, are less susceptible to a fungal leaf spot pathogen and accumulate more foliar silicon, *Aust. Plant Pathol.* 31:9-13
- Efimova G.V. i Dokynchan (1986) Anatomico-morphological construction of epidermal tissue of rice leaves and increasing of its protection function under silicon effect, *Agric. Biol.* 3:57-61
- Emadian, S. F. i R. J. Newton (1989). Growth enhancement of loblolly pine (*Pinus taeda* L.) seedlings by silicon. *Journal of Plant Physiology* 134(1): 98103
- Exley C. i Birchall J.D. (1993) A mechanism of hydroxyaluminosilicate formation, *Polyhedron* 12.1007-1017
- Galvez, L., Clark, R.B., Gourley, L.M. i Maranville, J.W. (1987). Silicon interactions with manganese and aluminium toxicity in sorghum. *J. Plant Nutr.*, 10, 1139–1147.
- Klechkovsky V.M. i Vladimirov A.V. (1934) New Fertilizer, *Chem. Soc. Agric.* 7:55
- Lanning, F. C. (1960). Nature and distribution of silica in strawberry plants. *Proceedings American Society of Horticultural Science* 76: 349–358.
- Leusch H.J. i Buchenaner H., (1989) Effect of soil treatments with silica-rich lime fertilizers and sodium silicate on the incidence of wheat by *Erysiphe graminis* and *Septoria nodorum* depending on the form of N-fertilizer. *J. Plant Dis. Prot.* 96:154-172,
- Lewin, J. i Reimann, B. E. F., (1969) Silicon and plant growth. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 20, 289–304
- Matichenkov, V. (1990) Amorphous oxide of silicon in soddy podzolic soil and its influence on plants. *Author. Can. Diss.*, Moscow State University, Moscow, Russia.
- Matichenkov V. (1996) The silicon fertilizer effect of root cell growth of barley, *Abstr. In the fifth Symposium of the International Society of Root Research*, Clemson, SC, USA, 110
- Matichenkov, V.V.; Bocharnikova, E. A.; Calvert, D. V. i Snyder, G. H. (2000) Comparison study of soil silicon status in sandy soils of south Florida. *Journal Proceedings - Soil and Crop Science Society of Florida* 2000 Vol. 59:132-137
- Matichenkov, V. V., E. A. Bocharnikova i D. V. Calvert (2002). Response of citrus to silicon soil amendments, *Proceeding Florida. State Horticultural Society* 114:94-97
- Marschner, H., Oberle, H., Cakmak, I. i Römheld, V. (1990). Growth enhancement by silicon in cucumber (*Cucumis sativus* L.) plants depends on imbalance in phosphorus and zinc supply. In M.L. van Beusichem (ed.), *Plant nutrition-Physiology and applications* (pp. 241–249). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers
- Menzies, J. G., Bowen, P. A., Ehret, D. L., i Glass, A. D. M. (1992). Foliar applications of potassium silicate reduce severity of powdery mildew on cucumber, muskmelon, and zucchini squash. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 112, 902–905

Menzies J.R. i Belanger R.R. (1996) Recent advances in cultural management of diseases of greenhouse crops, Canadian Journal of Plant Pathology, 18:186-193

Miyake, Y. (1993). On the environmental condition and nitrogen source to appearance of silicon deficiency of the tomato plant. Scientific Reprint of the Faculty of Agriculture Okayama Univ. 81: 27-35

O'Neill T.M. (1991) Investigation of glasshouse structure, growing medium and silicon nutrition as factors affecting disease incidence in cucumber crops. Med. Fac. Landbouw Rijksuniv Gent. 56:359-367,

Rafi, M.M., Epstein, E. i Falk, R.H. (1997). Silicon deprivation causes physical abnormalities in wheat (*Triticum aestivum* L.). J. Plant Physiol., 151, 497-501.

Rogalla, H. (2001). Einfluss von Silizium auf Austauschereigenschaften des Apoplasten und indungszustand von Nährstoffen in Blättern. Dissertation. Universität Hohenheim, Institut für Botanik und Botanischer Garten und Institut für Pflanzenernährung. Stuttgart: Verlag Grauer

Rogalla, H. i Römheld, V. (2001). Mechanism of silicon-mediated manganese tolerance of *Cucumis sativus* L.: Effect of silicon nutrition on manganese concentration in the intercellular washing fluid. In W.J. Horst et al. (eds), Plant nutrition – Food security and sustainability of agro-ecosystems (pp. 258-259). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Samuels A.L., Glass A.D.M., Menzies J.G. i Ehret D.L. (1994) Silicon in cell walls and papillae of *Cucumis sativus* during infection by *Sphaerotheca fuliginea*, Physiol. Mol. Plant Pathol., 44:237-242

Takahashi, E., Ma, J.F. i Miyake, Y. (1990). The possibility of silicon as an essential element for higher plants. Comm. Agric. Food Chem., 2, 99-122.

Vornokov M.G., Zelchan G.I. i Lykevic A.Y. (1978) Silicon and Lie, Riga, Zinante

Waterkeyn, L., A. Bientait i A. Peeters (1982). Callose et silice epidermiques rapports avec la transpiration culticulaire. La Cellule 73: 263-287.

Yoshida, S. (1975). The physiology of silicon in rice. Taipei, Taiwan. Food Fert. Tech. Centr., Tech. Bull. No. 4.

Surveying study

The importance of silicon (Si) in fertilization of agriculture crops

Summary

Silicon (Si) is an element contained in larger quantities in the soil, because it is an integral part of the clay mineral - aluminosilicate. However, as the clay mineral is very stable, enriching the soil with silicon, based on the decomposition of clay minerals is very slow. Degradation of clay minerals (aluminosilicate) only occurs in very acidic conditions of soils, like forest soils. Another source of silicon in the soil is aqueous solution of the soil, where the silicon is in the form of monosilicate acid, as H_4SiO_4 . Although silicon (Si) is not classified as essential (important) biogenic elements for plant nutrition, a lot of research confirms the positive effect of application of silicon fertilizer on yield and quality parameters of different agriculture crops.



FOMET spa
GROWING EQUIPMENT



ORGANSKA GNOJIVA "FOMET"



vrelko d.o.o.
AGROTRGOVINA NA VELIKO I MALO
PUT BANOVINE bb, 21216 KAŠTEL STARI
tel: 021/230-512, 021/233-044, fax: 021/231-462
vrelko@st.t-com.hr

POLJOPRIVREDNI CENTRI

SPLIT - PAZAR
Čulića dvori 13
Pazar - Split
021/345-511

KAŠTELA
Ivana Danila 52
Kaštel Stari
021/231-575

PODSTRANA
Poljička 8
Podstrana
021/334-063

SPLIT - BRDA
Ivana Raosa 9
Brda - Split
021/508-972

ŠIBENIK
V. Škorpika 23
Dalmare centar
022/340-135



MONSANTO

