

DONIESIENIE NAUKOWE

**WPLYW NAWOŻENIA KRZEMEM NA WZROST, PLON  
I ZDROWOTNOŚĆ POMIDORÓW**

**EFFECT OF SILICON FERTILIZATION ON THE GROWTH,  
YIELD AND HEALTHINESS OF TOMATO**

**Jan Borkowski, Anna Felczyńska, Ryszard Górecki**

Instytut Ogrodnictwa

Konstytucji 3 Maja 1/3, 96-100 Skierniewice

Abstract

Experiment with pot-grown tomato 'Admiro F<sub>1</sub>' was carried out in 2011. Tomatoes were grown in the substrate with peat and compost soil infected with following pathogens: *Pyrenochaeta lycopersici*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, and *Phytophthora parasitica* var. *parasitica*. Some plants were treated with 1% of liquid potassium silicate Silvit (150 g SiO<sub>3</sub> per 1 dm<sup>3</sup>), two times per 0.5 dm<sup>3</sup> per plant. The yields of plants treated with silicon were better than in control, but more fruit with blossom-end rot were indicated. These plants and their roots were significantly healthier than in control. Poor yielding and plant vigour in control plants was connected with root infection by identified pathogens.

Key words: silicon fertilization, substrate, tomato, pathogens, corky roots

WSTĘP

Zawartość krzemu w skorupie ziemskiej wynosi 26% (Brogowski 2000). Jest on prawie nieprzyswajalny dla roślin, gdyż występuje głównie jako krzemionka (SiO<sub>2</sub>), która stanowi główny składnik piasku i jest nierozpuszczalna w roztworze glebowym. Takie rośliny jak skrzyp polny, ryż i trzcina cukrowa zawierają w suchej masie 10-15% krzemionki. Rośliny zbożowe i trawy akumulują do 3% krzemionki, a rośliny dwuliścienne poniżej 0,5% (Brogowski 2000). Nawożenie krzemem działa korzystnie na warzywa, zwiększając ich odporność na choroby lub poprawiając jakość. Górecki i inni (2004) wykazali w doświadczeniu szklarniowym, że nawożenie krzemianem sodu (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>), krzemianem wapnia (CaSiO<sub>3</sub>) lub krzemianem potasu (K<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) w dawce 1,5 g·dm<sup>-3</sup> substratu istotnie zwiększało zawartość suchej masy w ekstrakcie z owoców pomidorów, ale nie

zwiększało plonu. Stamatakis i inni (2003) uprawiając pomidory hydroponicznie stwierdzili, że nawożenie krzemem stymulowało odporność roślin na zasolenie, zwiększało twardość owoców, zawartość beta-karotenu i lycopenu, a także zawartość suchej masy i witaminy C. Także Romero-Aranda i inni (2006) stwierdzili, że dodatek krzemu do roztworu hydroponicznego łagodził negatywny wpływ chlorku sodu. W Turcji stwierdzono, że w uprawianych pomidorach i szpinaku na ziemi zasolonej chlorkiem sodu (NaCl) i borem (B) występowało zahamowanie wzrostu, a ustępowało po dodaniu krzemu (Gunes i in. 2007). Nawożąc w szklarni bakłażany krzemianem sodu ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) lub krzemianem wapnia ( $\text{CaSiO}_3$ ), otrzymano przeszło dwukrotny wzrost plonu nasion (Górecki i in. 2004). Według Góreckiego (2010) wzbogacenie substratu torfowego krzemianem wapnia ( $\text{CaSiO}_3$ ) lub krzemianem amonu ( $(\text{NH}_4)_2\text{SiO}_3$ ) zwiększało masę rozsady cebuli o ponad 35%. Opryskiwanie sałaty nasiennej 0,2% alkalinem potasowym, zawierającym 1,1% krzemu, spowodowało istotne zwiększenie masy 1000 nasion i ich siły kiełkowania (Janas i Borkowski 2009). Wiązało się to ze zdrowotnością nasion, które w kontroli były masowo zasiedlone przez grzyby z rodzaju *Alternaria* i *Septoria*. Robak i Ostrowska (2006) wykazali, że opryskiwanie sałaty odmiany 'Loredo F1' 0,2% alkalinem potasowym niemal całkowicie zabezpieczyło jej liście przed mączniakiem rzekomym (*Bremia lactucae*). Dalsze badania wykazały, że opryskiwanie tym preparatem zahamowało całkowicie rozwój mączniaka prawdziwego (*Erysiphe cichoracearum*) na sałacie w uprawie polowej (Robak i Ostrowska 2008). Nawożenie sałaty kruchej krzemem w dawce 2,0 lub 2,7  $\text{dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ , w 20 dniu po posadzeniu na miejsce stałe zwiększyło jej plon i trwałość pozbiorną (Resende i in. 2008). Chérif i Bélanger (1992) wykazali, że nawożenie ogórków nawozem krzemowym zabezpieczało ich liście przed mączniakiem (*Sphaerotheca fuliginea*), a korzenie przed *Pythium ultimum*. Potwierdzili to również Samuels i inni (1993), wykazując ponadto, że najwięcej krzemu znajduje się w skórcie owoców i epidermie liści. Pod wpływem nawożenia krzemem owoce miały mniej włosków epidermalnych i były one słabiej wykształcone. Podobne wyniki otrzymali Bélanger i inni (1995). Ogórki nawożone krzemem w przypadku infekcji przez wyżej wymienione patogeny mogą wydać plon około 30% wyższy od roślin, które nie były dodatkowo nawożone tym pierwiastkiem. Na temat wpływu krzemu na rośliny uprawiane w ogrodnictwie Hou i inni (2006) podają, że krzem niweluje także fitotoksyczne działanie niektórych pierwiastków (glin, mangan, ołów, kadm, cynk, rtęć). Tego samego zdania są Grenda i Skowrońska (2004). Również

Maksimović i inni (2007) stwierdzili, że w uprawie hydroponicznej nadmiar manganu nie działał fitotoksycznie na ogórki w obecności krzemu i podali schemat prawdopodobnego wpływu krzemu na metabolizm tych roślin. Hu i inni (2008) wykazali także, że nawożenie krzemem hamowało rozwój mączniaka na ogórkach, a towarzyszyła temu zwiększona aktywność enzymów: katalazy, peroksydazy i dehydrogenazy askorbinowej. Stwierdzono, że nawożenie krzemianami zapobiegało rozwojowi mączniaka nie tylko na ogórkach, ale także na innych gatunkach roślin (Bélangier i in. 2003; Guével i in. 2007; Kanto i in. 2004, 2006). Górecki i Danielski-Busch (2009) uprawiając ogórki w kontenerach, stosowali różne nawozy krzemowe, ale wyższą plon uzyskali tylko przy zastosowaniu krzemianu amonu.

Celem niniejszej pracy było zbadanie wpływu nawożenia krzemem na plon owoców, wzrost i zdrowotność roślin pomidorów uprawianych w kilkakrotnie używanym wcześniej substracie torfowym, a przez to zakazonym patogenami glebowymi.

#### MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie prowadzono w roku 2011 na odmianie pomidora 'Admiro F<sub>1</sub>', jako wazonowe, jednoczynnikowe, w 10 powtórzeniach (1 roślina = 1 powtórzenie). Nasiona odmiany 'Admiro F<sub>1</sub>' wysiano w szklarni 6 marca. Siewki rozpikowano do wielodoniczek o rozmiarach 5,5 × 5,5 cm. Pomidory wysadzono 20 kwietnia do wazonów o pojemności 12 dm<sup>3</sup>, po jednej roślinie do każdego wazonu. Jako podłoże uprawowe zastosowano substrat torfowy (używany w latach poprzednich też do uprawy pomidora) wymieszany z ziemią kompostową w stosunku 2 : 1. Podłoże po wymieszaniu miało zasolenie 5,1 g NaCl·dm<sup>-3</sup>, a pH wynosiło 6,4. Zawartość głównych składników pokarmowych w 1 dm<sup>3</sup> była następująca: N-NO<sub>3</sub> – 495 mg, P – 255 mg, K – 1086 mg, Mg – 490 mg i Ca – 4040 mg. Przed napełnieniem na dno każdego wazonu wsypano 40 g Azofoski. 27 kwietnia 50% roślin podlano nawozem Silvit (150 g SiO<sub>3</sub> w 1 litrze). Zabieg ten powtórzono po miesiącu. W czerwcu i lipcu zastosowano dodatkowe nawożenie Azofoską (20 g na wazon). W celu zapobiegania występowaniu suchej zgnilizny opryskiwano zawiązki i owoce 0,8% saletrą wapniową. Zabieg powtarzano co kilka dni od czerwca do września. Podczas wegetacji (w czerwcu) zastosowano także nawożenie kredą, po 20 g na wazon. Rośliny w szklarni prowadzono na drutach, na 2 pędy, z tym, że pęd boczny ogławiano za 3 gronem, a pęd główny nie był ogławiany. W celu

zwalczenia zgnilizny pierścieniowej (*Phytophthora parasitica* var. *parasitica*) występującej u podstawy pędu, w końcu maja i na początku czerwca zastosowano podlewanie pomidorów z objawami wędnięcia 0,2% preparatem Previcur 607 SL w dawce 0,4 dm<sup>3</sup> na wazon. W okresie kwitnienia pomidorów, od 30 maja stosowano Betokson w celu polepszenia zawiązywania owoców. Wszystkie rośliny podlewano w maju i czerwcu 1% siarczanem żelaza i 1% Mikrovitem Mn, po 0,2 dm<sup>3</sup> na wazon, gdyż wystąpiła chloroza wierzchołków pędów wywołana niedoborem tych składników. Większe nasilenie chlorozy wystąpiło w obiekcie nawożonym Silvitem. Raz w miesiącu przeprowadzano pomiary wysokości roślin. Owoce zbierano w miarę dojrzewania, co 3-7 dni, w okresie od 16 czerwca do 7 listopada. Plon sortowano na owoce handlowe (klasa I i II razem), drobne o masie <35 g, z objawami suchej zgnilizny wierzchołkowej i inne poza wyborem. Po ostatnim zbiorze pomidorów wykonano ocenę objętości wyrwanej bryły korzeniowej w skali 4-stopniowej: 0 – powyżej 1,5 dm<sup>3</sup>, 1 – 0,8-1,4 dm<sup>3</sup>, 2 – 0,4-0,7 dm<sup>3</sup>, 3 – poniżej 0,4 dm<sup>3</sup> (korzenie całkowicie zgniłe).

Istotność różnic między obiektami odnośnie wysokości roślin i plonów badano testem Newmana-Keulsa, natomiast istotność różnic w liczbie owoców chorych i ocenę wielkości korzeni (zmiennosc skokowa) badano testem Chi<sup>2</sup>. Różnice między średnimi oceniano przy poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ .

#### WYNIKI I DYSKUSJA

W substracie uprawowym stwierdzono obecność *Pyrenochaeta lycopersici*, *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* i *Phytophthora parasitica* var. *parasitica*. Pomimo podlewania preparatem Previcur 607 SL, który zahamował rozwój zgnilizny pierścieniowej, wędnięcie roślin w dni słoneczne trwało nadal, szczególnie na roślinach kontrolnych. Pomidory podlewane Silvitem początkowo rosły słabiej i zakwitły później niż kontrolne (tab. 1). Następnie wzrost się wyrównał, a w końcu sierpnia rośliny traktowane krzemianem były już wyższe. We wrześniu, październiku i na początku listopada pomidory te były również bardziej zielone, wytwarzały dużo pędów bocznych i wymagały obfitszego podlewania. To dowodzi, że ich fotosynteza była bardziej efektywna, a pobieranie składników i wody większe, co świadczy o lepszym stanie systemu korzeniowego (tab. 1).

Obserwacje te są w sprzeczności z wynikami Góreckiego i innych (2004), którzy wykazali, że nawożenie dużymi dawkami krzemianu potasu hamowało wzrost pomidorów i nie zwiększało plonu. W naszym doświadczeniu substrat nie zawierał patogenów, a plon handlowy wynosił aż 4 kg z rośliny.

Tabela 1. Wpływ krzemianu potasu (Silvit) na wzrost, plonowanie i zdrowotność korzeni pomidora w uprawie wazonowej (Skierniewice 2011)

Table 1. Effect of potassium silicate (Silvit) on the growth, yield and healthiness of pot-grown tomato (Skierniewice 2011)

Obiekt Treatment	Rośliny kwit- nące 20 maja Flowering plants on May		Wysokość roślin Height of plants (cm)		Plon handlowy I i II wyboru Marketable yield 1 and 2 class (dag)		Owoce z suchą zgnilizną na 1 roślinie Fruits with blossom- end rot on 1 plant szl. number		Plon całkowity z 1 rośliny Total crop from 1 plant (dag)		Zdrowotność korzeni w skali 0-3* Healthiness of roots in scale 0-3*	
	30 V May 30 <sup>th</sup>	22 VI July 22 <sup>nd</sup>	25 VIII August 25 <sup>th</sup>	dag	szl. number	dag	szl. number	dag	szl. number	dag	szl. number	
Kontrola Control	100	81 a	152 a	188 a	79 a	7,2	29 a	259 a	1,1			
Silvit	70**	72 a**	153 a	194 a	154 b	11,3***	50 b	337 b	0,2***			

\* 0 – korzenie zdrowe, 1 – korzenie lekko porażone, 2 – korzenie porażone, 3 – korzenie mocno porażone korkowatością i zgnile;

0 – healthy roots, 1 – roots slightly infected, 2 – roots infected, 3 – roots strongly infected with corky root rot and rotten

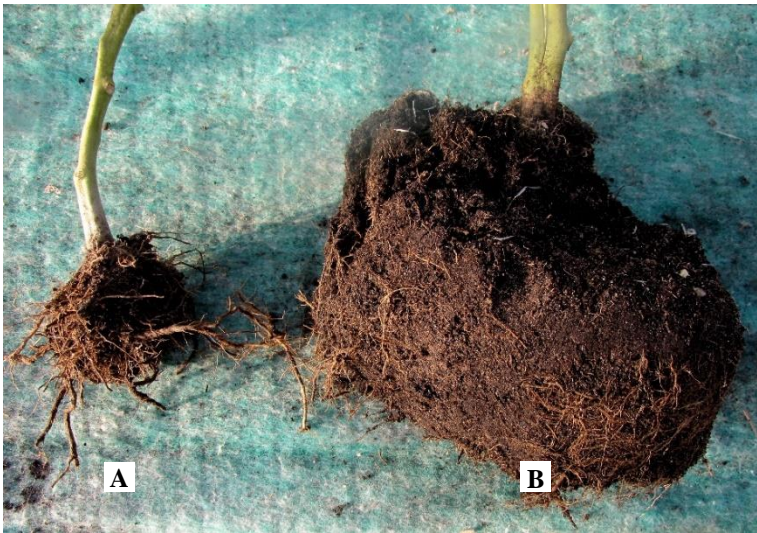
\*\* Część roślin w tym obiekcie była słabsza już przy wysadzeniu do wazonów;

Part of plants in this treatment was weaker already during planting to pots

\*\*\* Różnice istotne przy użyciu kryterium  $\chi^2$  (w stosunku do kontroli) przy  $\alpha = 0,05$ ;

Differences significant in comparison to control data and calculated with criterion  $\chi^2$  at  $\alpha = 0.05$

Według literatury nawożenie krzemianami ogranicza transpirację (Grenda i Skowrońska 2004) i zmniejsza wrażliwość roślin na niedobór światła (Hou i in. 2006), co w naszym doświadczeniu zaobserwowano w październiku. W omawianym doświadczeniu pod wpływem nawożenia krzemem uzyskano istotną 30-procentowąwyżkę plonu, a plon handlowy był 2 razy większy niż w kontroli (tab. 1). Po wyrwaniu roślin w kontroli korzenie były zniszczone przez korkowatość (*Pyrenochaeta lycopersici*), natomiast podlanie Silvitem hamowało rozwój choroby i korzenie były dobrze wyrośnięte (fot. 1). W Instytucie Ogrodnictwa stwierdzono w 2011 r. korzystny wpływ nawożenia krzemowego na wzrost systemu korzeniowego truskawki, ale reakcja truskawek zależała w dużym stopniu od odmiany (niepublikowane dane). Można przypuszczać, że z odmianami pomidorów jest podobnie. Nawożenie krzemem powoduje silifikację endodermy, czyli powstawanie cienkiej powłoki krzemowej, zabezpieczającej przed wnikaniem patogenów i pasożytów drogą korzeniową (Grenda i Skowrońska 2004). Prawdopodobnie nawożenie Silvitem w podobny sposób poprawiło zdrowotność korzeni.



Fot. 1. A – mała bryła korzeniowa (kontrola), B – duża bryła (traktowana  $K_2SiO_3$ )  
 Photo 1. A – small root ball (control), B – big root ball ( $K_2SiO_3$  treatment)

Mimo częstych opryskiwań saletrą wapniową w obu obiektach wystąpiła sucha zgnilizna wierzchołkowa owoców, ale przy nawożeniu krzemianem potasu jej nasilenie było istotnie większe. Stamatakis i inni (2003)

stwierdzili jednak, że dodatek krzemu ograniczał występowanie suchej zgnilizny w nadmiernie zasolonej uprawie hydroponicznej pomidora.

#### PODSUMOWANIE

Wyniki doświadczeń wazonowych prowadzonych w roku 2011 wykazały, że 2-krotne podlewanie roślin 1% roztworem Silvitu (150 g SiO<sub>3</sub> w 1 litrze) w dawce jednorazowej 0,5 dm<sup>3</sup> na roślinę miało korzystny wpływ na plonowanie roślin we wtórnie używanym substracie torfowo-kompostowym, zakażonym patogenami glebowymi. Zwyżka plonu handlowego pod wpływem nawożenia krzemem była skutkiem zmniejszenia porażenia korzeni roślin przez korkowatość, którą w dużym nasileniu stwierdzono u roślin kontrolnych, co istotnie ograniczyło ich plonowanie.

#### Podziękowanie

Doktorowi J. Sobolewskiemu z Pracowni Chorób Roślin Warzywnych i Ozdobnych Instytutu Ogrodnictwa dziękujemy za oznaczenie patogenów glebowych w substracie w czasie trwania doświadczeń.

#### Literatura

- Bélanger R.R., Bowen P.A., Ehret D., Menzies J.G. 1995. Soluble silicon: Its role in crop and disease management of greenhouse crops. *Plant Disease* 79(4): 329-336. DOI: 10.1094/PD-79-0329.
- Bélanger R.R., Benhamou N., Menzies J.G. 2003. Cytological evidence of an active role of silicon in wheat resistance to powdery mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*). *Phytopathology* 93(4): 402-412. DOI: 10.1094/PHYTO.2003.93.4.402.
- Brogowski Z. 2000. Krzem w glebie i jego rola w żywieniu roślin. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 6: 9-16.
- Chérif M., Bélanger R.R. 1992. Use of potassium silicate amendments in recirculating nutrient solutions to suppress *Pythium ultimum* on long English cucumber. *Plant Disease* 76(10): 1008-1011. DOI: 10.1094/PD-76-1008.
- Górecki R. 2010. Wpływ związków krzemowych na wzrost i jakość rozsady cebuli (*Allium cepa* L.). *Mat. Konf. „Proekologiczna uprawa warzyw – problemy i perspektywy”*, Siedlce, s. 69-70.
- Górecki R.S., Danielski-Busch W. 2009. Effect of silicate fertilizers on yielding of greenhouse cucumber (*Cucumis sativus* L.) in container cultivation. *Journal of Elementology* 14(1):71-78. DOI: 10.5601/jelem.2009.14.1.08.
- Górecki R., Borkowski J., Stępowski J., Danielski-Busch W., Kowalczyk W. 2004. Wpływ krzemu na wzrost i plonowanie oierzyny i pomidora w substracie torfowym. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 502(2): 483-489.
- Grenda A., Skowrońska M. 2004. Nowe trendy w badaniach nad biogeochemią krzemu. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 502(2): 781-789.

- Guével M.H., Menzies J.G., Bélanger R.R. 2007. Effect of root and foliar application of soluble silicon on powdery mildew control and growth of wheat plants. *European Journal of Plant Pathology* 119(4): 429-436. DOI: 10.1007/s10658-007-9181-1.
- Gunes A., Inal A., Bagci E.G., Pilbeam D.J. 2007. Silicon-mediated changes of some physiological and enzymatic parameters symptomatic for oxidative stress in spinach and tomato grown in sodic-B toxic soil. *Plant and Soil* 290(1-2): 103-114. DOI: 10.1007/s11104-006-9137-9.
- Hou L., Szwonek E., Xing S. 2006. Advances in silicon research of horticultural crops. *Vegetable Crops Research Bulletin* 64: 5-17.
- Hu X.-J., Zhu Z.-J. 2008. Effect of silicon on resistance of powdery mildew and the activities of antioxidative enzymes in leaf apoplast of cucumber. *Acta Agriculturae Zhejiangensis* 20(1): 67-71.
- Janas R., Borkowski J. 2009. Zastosowanie krzemu w uprawie sałaty na nasiona. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 541(1): 141-145.
- Kanto T., Miyoshi A., Ogawa T., Maekawa K., Aino M. 2004. Suppressive effect of potassium silicate on powdery mildew of strawberry in hydroponics. *Journal of General Plant Pathology* 70: 207-211. DOI: 10.1007/s10327-004-0117-8.
- Kanto T., Miyoshi A., Ogawa T., Maekawa K., Aino M. 2006. Suppressive effect of liquid potassium silicate on powdery mildew of strawberry in soil. *Journal of General Plant Pathology* 72(3): 137-142. DOI: 10.1007/s10327-005-0270-8.
- Maksimović J.D., Bogdanović J., Maksimović V., Nikolic M. 2007. Silicon modulates the metabolism and utilization of phenolic compounds in cucumber (*Cucumis sativus* L.) grown at excess manganese. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 170(6): 739-744. DOI: 10.1002/jpln.200700101.
- Robak J., Ostrowska A. 2006. Najważniejsze zagrożenia chorobami małoobszarowych upraw warzyw i potencjalne możliwości ich zwalczania. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin* 46(1): 114-120.
- Robak J., Ostrowska A. 2008. Najgroźniejsze choroby sałaty masłowej i lodowej uprawianej w polu i pod osłonami a konieczność weryfikacji jej ochrony. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin* 48(4): 1539-1546.
- Romero-Aranda M.R., Jurado O., Cuartero J. 2006. Silicon alleviates the deleterious salt effect on tomato plant growth by improving plant water status. *Journal of Plant Physiology* 163(8): 847-855. DOI: 10.1016/j.jplph.2005.05.010.
- Resende G.M.de, Yuri J.E., Souza R.J.de 2008. The influence of planting times and silicon doses on the yield of crisphead lettuce. *Horticultura Brasileira* 25(3): 455-459. DOI: 10.1590/S0102-05362007000300026.
- Samuels A.L., Glass A.D.M., Ehret D.L., Menzies J.G. 1993. The effect of silicon supplementation on cucumber fruit: changes in surface characteristics. *Annals of Botany* 72(5): 433-440. DOI: 10.1006/anbo.1993.1129.
- Stamatakis A., Papadantonakis N., Lydakis-Simantiris N., Kefalas P., Savvas D. 2003. Effects of silicon and salinity on fruit yield and quality of tomato grown hydroponically. *Acta Horticulturae* 609: 141-147.