

WPLYW PREPARATÓW KRZEMOWYCH NA WZROST I PLONOWANIE ROŚLIN TRUSKAWKI

THE INFLUENCE OF SILICA PREPARATIONS ON GROWTH AND YIELDING OF STRAWBERRY PLANTS

Jacek Filipczak, Lidia Sas-Paszt, Mirosław Sitarek

Instytut Ogrodnictwa

ul. Konstytucji 3 Maja 1/3, 96-100 Skierniewice

e-mail: jacek.filipczak@inhort.pl

Abstract

The aim of the experiment was to examine the effects of silicon (Si) on the growth and cropping of strawberry plants (*Fragaria ananassa*) and on the quality of the fruit. The study was conducted in 2013–2015 in the Experimental Orchard in Dąbrowice, belonging to the Research Institute of Horticulture in Skierniewice. The experimental objects were plants of the strawberry cultivars ‘Elkat’ and ‘Elsanta’, growing in a podsolic soil, low in humus, with the granulometric composition of light loam in the surface layer and with an average level of available nutrients. The experiment was designed in randomized blocks with three replications. An experimental plot was comprised of 20 strawberry plants planted at a spacing of 0.25 m × 1.0 m. The plants were treated with silicic acid, potassium silicate and calcium silicate. The preparations were applied annually to the soil in early spring (before the beginning of vegetation) at a dose of 90 kg Si per ha. Control plants were not treated with silicon. The results of the experiment were analysed statistically using the analysis of variance method. The differences between means were evaluated with Duncan’s test ($p = 0.05$). The results showed different responses of the tested strawberry cultivars to the silicon preparations used. In the case of ‘Elsanta’, the highest fruit yield was recorded in the plots where calcium silicate or potassium silicate were applied to the soil. It was also found that the use of potassium silicate, calcium silicate, and silicic acid reduced the occurrence of grey mould on the fruit of the cultivar ‘Elsanta’, but the differences as compared to the control were not statistically significant. The plants of the strawberry cultivar ‘Elkat’ treated with silicic acid produced the highest fruit yields, and the fruits were the least affected by grey mould. None of the silicon preparations affected the chlorophyll content of the leaves. It was also found that the use of the silicon preparations had no impact on the refractometric index of the fruits or their firmness. In both cultivars, the plants treated with silicic acid produced fruit with the highest Si content. The silicon content of the leaves of the tested strawberry cultivars was different for the individual years of the study. Depending on the year, the highest silicon content was found in the leaves of the plants treated with calcium silicate and silicic acid. Preparations containing silicon can be used in the commercial production of strawberry to reduce the occurrence of grey mould, but they cannot completely replace the chemical plant protection products designed for this purpose.

Key words: strawberry, silicon, plant growth, yield, fruit quality, *Fragaria × ananassa*

WSTĘP

Krzem zaliczany jest do pierwiastków powszechnie występujących w środowisku naturalnym. Stanowi około 27% kuli ziemskiej, wchodzi w skład większości naturalnych minerałów. Choć powszechnie wiadomo, że krzem jest jednym z dominujących elementów gleby, nie jest uznawany za niezbędny składnik pokarmowy dla wzrostu roślin. Jedynie za pierwiastek dobroczynny, którego pominięcie w dawce nawozowej nie wpływa negatywnie na rośliny uprawne, a obecność pozytywnie na ich kondycję. W ostatnich kilkunastu latach krzem jest coraz częściej stosowany w nawożeniu roślin uprawnych, co potwierdzają liczne badania dotyczące roślin rolniczych i ogrodniczych. Badania pokazują, jak ważna jest rola krzemu w odporności roślin na stres wywołany abiotycznymi i biotycznymi czynnikami środowiska (Hou i in. 2006; Sacała 2009).

Źródłem krzemu dla roślin jest kwas ortokrzemowy i w takiej formie występuje w tkankach roślinnych. Wzmacnia strukturę ścian komórkowych roślin, przez co ogranicza rozwój chorób grzybowych w uprawach roślin jagodowych (np. mączniaka prawdziwego i szarej pleśni) oraz żerowanie szkodników (Bélanger i in. 1995; Chérif i in. 1994).

Zabiegi agrotechniczne, takie jak wapnowanie, a także wysokie nawożenie azotem i fosforem, ograniczają pobieranie krzemu przez rośliny. Nawożenie krzemem ogranicza toksyczne działanie takich pierwiastków jak: glin, mangan, żelazo, cynk, kadm, występujących nieraz w glebie w nadmiernych ilościach (Baylis i in. 1994; Cocker i in. 1998a, b; Horst i Marschner 1978; Treder i Ciesliński 2005), a także wpływa na zwiększenie zawartości wapnia i magnezu w roślinach (Bartkowski 1999). Ponadto nawożenie krzemem gleb o niskiej zasobności w fosfor powoduje, na tych okresowo suchych glebach, uwalnianie fosforu z form niedostępnych, a przez to lepsze zaopatrzenie roślin w ten składnik (Ma i Takahashi 1991).

W dotychczasowych badaniach stwierdzono również, że powierzchnie uprawne, na których rośliny pobierają i akumulują większe ilości krzemu, mają mniejszy współczynnik ewapotranspiracji, w przypadku ryżu o około 12–15%, pszenicy 10% (Rafi i Epstein 1999).

Wyniki licznych badań wskazują na korzystny wpływ krzemu na metaboliczną aktywność roślin. Dotychczasowe badania, zarówno polskie, jak i światowe, obejmują wpływ nawożenia krzemem na wzrost i plonowanie roślin rolniczych (Liang 1999; Rafi i Epstein 1999; Rafi i in. 1997; Savant i in. 1997a, b), a także warzywnych (Miyake i Takahashi 1978, 1982a, b; Bartkowski 1999). Niewiele jest badań w tym temacie na roślinach jagodowych (Miyake i Takahashi 1986; Wang i Galletta 1998). Nawożenie krzemem może zwiększać odporność roślin na infekcje, korzystnie wpływać na rośliny w okresach suszy i przymrozków, a także regulować pobieranie innych

makro- i mikroelementów. Z tego powodu podjęto badania nad skutecznością nawożenia krzemem roślin truskawki w warunkach glebowo-klimatycznych centralnej Polski.

Celem doświadczenia była ocena wpływu działania preparatów zawierających krzem na wzrost wegetatywny, wielkość i jakość plonowania oraz stan zdrowotny i trwałość pozbiorną owoców dwóch odmian truskawki 'Elkat' i 'Elsanta'.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie przeprowadzono w latach 2013–2015. Materiał doświadczalny stanowiły rośliny kategorii frigo A+ (o średnicy korony 15–18 mm) dwóch odmian truskawki deserowej 'Elkat' i 'Elsanta'. Dokładną charakterystykę odmian truskawki opisał Żurawicz (2005). Rośliny wysadzone zostały wiosną 2013 roku w doświadczeniu polowym zlokalizowanym w Sadzie Doświadczalnym Instytutu Ogrodnictwa w Dąbrowicach. Gleba, na której rosły rośliny, charakteryzowała się średnią zawartością substancji organicznej oraz średnią zasobnością w składniki pokarmowe. Doświadczenie założono w układzie bloków losowych, w 3 powtórzeniach. Doświadczenie było dwuczynnikowe. Poletko doświadczalne stanowiło 20 roślin posadzonych w rozstawie 1 m × 0,25 m. Obiekty doświadczalne obejmowały aplikacje doglebowe preparatów zawierających krzem: kwas krzemowy uwodniony, krzemian potasu i krzemian wapnia. Rośliny nietraktowane krzemem stanowiły kontrolę. Doświadczenie stanowiło układ 4 obiektów doświadczalnych. Krzem stosowano doglebowo wiosną w dawce 90 kg·ha⁻¹ w postaci badanych preparatów: kwasu krzemowego, krzemianu potasu i krzemianu wapnia.

Rośliny na poletkach doświadczalnych były nawadniane systemem kropłowym, sterowanym automatycznie. Częstotliwość nawadniania oraz ilość dostarczanej wody zależały od rozkładu i wielkości opadów atmosferycznych. Nawadnianie prowadzone było również na podstawie potrzeb wodnych roślin w oparciu o pomiary potencjału wody w glebie, który utrzymywano na poziomie (–)0,03 MPa. Pomiary potencjału wody prowadzono z zastosowaniem tensjometrów Jet Fill (Soilmoisture Equipment Corp, USA). Ponadto monitorowano zawartość wody w glebie za pomocą sond pojemnościowych EC-5 (Decagon Devices, USA).

W latach 2013–2015 oceniano następujące cechy roślin i gleby:

- plon ogólny owoców (g na roślinę) – ważono wszystkie owoce zebrane z poletek,
- zawartość ekstraktu (%) – pomiaru dokonano na losowej próbie 30 owoców klasy handlowej, zebranych w drugim i czwartym terminie zbioru ze wszystkich powtórzeń, za pomocą refraktometru Rudolph J 157 (Rudolph Research Analytical, Hackettstown, USA),

- jędrność owoców ($N \cdot cm^{-2}$) mierzono na próbie 30 owoców klasy handlowej, pobranych losowo w drugim i czwartym terminie zbioru ze wszystkich powtórzeń, przy użyciu jędrnościomierza Instron 5542 (Instron Corporation, Massachusetts, USA),
- indeks chlorofilowy liści (wartości względne 0–800 jednostek) – pomiaru dokonywano na losowej próbie 30 w pełni rozwiniętych liści z poletka, dwa tygodnie po wykonaniu ostatnich aplikacji, przy użyciu aparatu N- tester firmy Yara,
- zawartość N, P, K, Mg, Ca i Si w owocach i liściach w ostatnim roku prowadzenia badań (w % suchej masy). Analizę liści truskawki wykonano na reprezentatywnej próbie 60 liści pobranych z każdego powtórzenia dwa tygodnie po zakończeniu zbioru owoców. Analizę owoców wykonano na próbach 0,5 kg owoców klasy handlowej pobranych z każdego powtórzenia w drugim terminie zbioru. Azot ogólny oznaczono metodą Kjeldahla, natomiast P, K, Mg, Ca i Si oznaczono metodą optycznej spektrometrii emisyjnej plazmy indukcyjnie sprzężonej (ICP-OES),
- zawartość makroelementów w glebie (mg na 100 g gleby) oznaczono w ostatnim roku prowadzenia badań na reprezentatywnych próbach mieszanych ze wszystkich powtórzeń każdej kombinacji doświadczalnej. Zawartość przyswajalnych form fosforu i potasu oceniano metodą Egnera–Riehma, natomiast magnezu – metodą Schachtschabela,
- pH gleby w ostatnim roku badań oznaczono metodą potencjometryczną w 1 M KCl.

Wyniki doświadczenia opracowano statystycznie metodą analizy wariancji dla modelu dwuczynnikowego. W tabeli 1 i 2 przedstawiono sumy i średnie z lat 2013–2015. Do oceny różnic między średnimi użyto testu Dun-cana ($p = 0,05$).

WYNIKI I DYSKUSJA

Z przeprowadzonego doświadczenia nad wpływem nawożenia krzemem na wzrost i plonowanie roślin truskawki wynika, że rośliny odmiany ‘Elkat’ plonowały lepiej niż odmiany ‘Elsanta’ niezależnie od zastosowanego nawożenia. We wszystkich latach badań preparaty krzemowe (kwas krzemowy, krzemian potasu i krzemian wapnia) istotnie zwiększały plonowanie obu odmian. Największy plon ogólny owoców wydały rośliny odmiany ‘Elsanta’ traktowane krzemianem wapnia i krzemianem potasu. Kwas krzemowy i krzemian potasu najbardziej zwiększyły plonu owoców odmiany ‘Elkat’. Korzystny wpływ krzemu na truskawkę wykazali również Ochmian i in. (2007). W ich badaniu nawożenie krzemem znacząco wpłynęło na wielkość plonu oraz na jędrność owoców. Skupień i in. (2008) stwierdzili, że zastosowanie nawożenia krzemowego (Alkalin K + Si) wpłynęło znacząco na wzrost

plonu i masę 100 owoców aronii w porównaniu do kontroli. Zaobserwowali także zwiększoną jędrność owoców pochodzących z roślin traktowanych Alkalinem. Korzystny wpływ krzemianu wapnia na wzrost świeżej masy części nadziemnych cebuli stwierdził Górecki (2010). Zaobserwował także tendencję do zwiększenia wysokości roślin traktowanych krzemianem wapnia w porównaniu do roślin kontrolnych (nietraktowanych).

Nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic w jędrności owoców i zawartości ekstraktu refraktometrycznego w owocach obu odmian po aplikacji preparatów krzemowych i w obiekcie kontrolnym. Ochmian i in. (2007) stwierdzili znaczący wpływ krzemu na zwiększenie jędrności owoców truskawki. Podobne wyniki uzyskali Skupień i in. (2008). Zaobserwowali zwiększoną jędrność owoców aronii po aplikacji Alkalinu krzemowo-potasowego. Zdaniem niektórych badaczy dokarmianie dolistne krzemem może prowadzić do zwiększenia zawartości chlorofilu w tkankach liści roślin oraz intensyfikować proces syntezy cukrów w owocach (Bartkowski 1999). Artyszak i in. (2016) potwierdzili korzystny wpływ wapnia i krzemu zastosowanego w formie kalcytu pochodzenia morskiego na wielkość plonu korzeni i zawartość cukru w korzeniach buraka cukrowego bez pogorszenia jakości technologicznej tego surowca. Autorzy twierdzą również, że dokarmianie dolistne krzemem pozytywnie wpływa na procesy fizjologiczne roślin, co przekłada się na wzrost i plonowanie oraz odporność roślin na stropy biotyczne i abiotyczne.

Wyniki przeprowadzonego doświadczenia wykazały różne reakcje badanych odmian na zastosowane preparaty krzemowe. Związki krzemu zwiększały zawartość tego pierwiastka w liściach, ale uzyskane różnice nie były istotne statystycznie. Odmienną reakcję odmian stwierdzono analizując wpływ preparatów na zawartość krzemu w owocach. Kwas krzemowy w największym stopniu wpływał na zawartość Si w owocach, a uzyskane różnice były istotne statystycznie. W doświadczeniu badano także wpływ związków krzemu na porażenie owoców przez szarą pleśń. Stwierdzono, że kwas krzemowy w największym stopniu ograniczał porażenie owoców obu odmian przez szarą pleśń. Robak i Ostrowska (2008) prowadzili badania w uprawie polowej sałaty, która była opryskiwana 0,2% alkalinem potasowym, zawierającym 1,1% krzemu. Zdaniem autorów opryskiwanie tym nawozem zahamowało całkowicie rozwój mączniaka prawdziwego. Uzyskane wyniki wskazują na stymulację wzrostu i plonowania roślin truskawki przez zastosowane preparaty krzemowe oraz ich działanie ochronne przed szarą pleśnią. Wyniki mają znaczenie dla praktyki sadowniczej i wskazują na możliwość stosowania preparatów krzemowych w towarowej uprawie truskawki. Wdrożenie do praktyki ogrodniczej preparatów krzemowych wpłynie na poprawę plonowania roślin truskawki oraz poprawi ich stan zdrowotny. Zwiększy to konkurencyjność i dochodowość plantatorów truskawki i innych roślin sadowniczych.

Tabela 1. Wpływ związków krzemu na plonowanie truskawki ‘Elsanta’ i ‘Elkat’, jędrność owoców i zawartość ekstraktu w owocach
 Table 1. Effect of silicon compounds on the yielding of ‘Elsanta’ and ‘Elkat’ strawberry plants, fruit firmness and extract content in the fruits

Preparaty krzemowe; Silicon preparations	Plon ogólny suma za lata 2013–2015 Total yield for 2013–2015 (kg na roślinę; kg per plant)		Jędrność owoców średnia z lat 2013–2015 Fruit firmness average for 2013–2015 (N·cm ⁻²)		Ekstrakt w owocach średnia z lat 2013–2015 Extract in fruit average for 2013–2015 (%)	
	‘Elsanta’	‘Elkat’	‘Elsanta’	‘Elkat’	‘Elsanta’	‘Elkat’
	Kontrola; Control	0,50 a	1,13 a	1,41 a	1,34 a	9,48 a
Kwas krzemowy; Silicic acid	0,64 b	1,30 b	1,54 a	1,41 a	8,93 a	8,83 a
Krzemian potasu; Potassium silicate	0,68 b	1,23 b	1,45 a	1,42 a	8,83 a	8,83 a
Krzemian wapnia; Calcium silicate	0,85 c	1,25 b	1,53 a	1,52 a	9,05 a	8,78 a

Średnie oznaczone tą samą literą dla poszczególnych kombinacji doświadczalnych w latach nie różnią się istotnie pomiędzy sobą zgodnie z testem t-Duncana ($p = 0,05$); Values marked with the same letter for individual experimental combinations do not differ significantly according to Duncan’s test ($p = 0.05$)

Tabela 2. Wpływ związków krzemu na zawartość Si w liściach i owocach truskawki ‘Elsanta’ i ‘Elkat’, a także na stopień porażenia owoców przez szarą pleśń
 Table 2. Effect of silicon compounds on Si content in the leaves and fruits of ‘Elsanta’ and ‘Elkat’ strawberry plants, and also on the degree of fruit infection by grey mould

Preparaty krzemowe; Silicon preparations	Si w liściach średnia z lat 2013–2015 Si in leaves average for 2013-2015 (% s.m.; % DW)		Si w owocach średnia z lat 2013–2015 Si in fruits average for 2013-2015 (% s.m.; % DW)		Szara pleśń na owocach średnia z lat 2013–2015 Grey mould on fruits average for 2013-2015 (%)	
	‘Elsanta’	‘Elkat’	‘Elsanta’	‘Elkat’	‘Elsanta’	‘Elkat’
	Kontrola; Control	1,21 a	0,84 a	1,68 a	2,04 ab	4,02 a
Kwas krzemowy; Silicic acid	1,32 a	1,06 a	2,39 b	2,31 b	2,81 a	9,28 a
Krzemian potasu; Potassium silicate	1,31 a	0,97 a	1,85 a	1,86 a	3,27 a	10,94 ab
Krzemian wapnia; Calcium silicate	1,21 a	1,08 a	1,74 a	2,07 ab	3,33 a	12,61 b

Uwaga: patrz Tabela 1; Note: see Table 1

WNIOSKI

1. Na glebach lekkich, słabo próchnicznych, o odczynie lekko kwaśnym doglebowe zastosowanie kwasu krzemowego, krzemianu potasu lub wapnia zwiększa produktywność roślin truskawki.
2. Doglebowe zastosowanie kwasu krzemowego w najwyższym stopniu ograniczało występowanie szarej pleśni na owocach truskawki. Wpływ ten zależy jednak od odmiany truskawki oraz przebiegu warunków pogodowych w sezonie wegetacyjnym.
3. Nawożenie preparatami krzemowymi jest ekonomicznie opłacalne, bezpieczne i skuteczne w towarowej uprawie roślin truskawki i powinno być wdrożone do technologii uprawy tego gatunku.

Literatura

- Artyszak A., Gozdowski D., Kucińska K. 2016. The effect of calcium and silicon foliar fertilization in sugar beet. *Sugar Tech* 18: 109–114. DOI: 10.1007/s12355-015-0371-4.
- Bartkowski K. 1999. Nawożenie ogórków szklarniowych krzemem. *Hasło ogrodnicze* 2: 30–32.
- Baylis A.D., Gragopoulou C., Davidson K.J., Birchall J.D. 1994. Effect of silicon the toxicity of aluminium to soybean. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 25: 537–546. DOI: 10.1080/00103629409369061.
- Bélangier R.R., Bowen P.A., Ehret D.L., Menzies J.G. 1995. Soluble silicon. Its role in crop and disease management of greenhouse crops. *Plant Disease* 79: 329–336. DOI: 10.1094/pd-79-0329.
- Chérif M., Asselin A., Bélangier R.R. 1994. Defense responses induced by soluble silicon in cucumber roots infected by *Pythium* spp. *Phytopatology* 84: 236–242. DOI: 10.1094/phyto-84-236.
- Cocker K.M., Evans D.E., Hodson M.J. 1998. The amelioration of aluminium toxicity by silicon in white (*Triticum aestivum* L.): malate exudation as evidence for an *in planta* mechanism. *Planta* 204: 318–323. DOI: 10.1007/s004250050262.
- Cocker K.M., Evans D.E., Hodson M.J. 1998. The amelioration of aluminium toxicity by silicon in higher plants: Solution chemistry or an *in planta* mechanism? *Physiologia Plantarum* 104: 608–614. DOI: 10.1034/j.1399-3054.1998.1040413.x.
- Górecki R. 2010. Wpływ związków krzemowych na wzrost i jakość rozsady cebuli (*Allium cepa* L.). Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Proekologiczna uprawa warzyw – problemy i perspektywy”, Akademia Podlaska, Siedlce, s. 69–70.
- Hou L., Szwonek E., Xing S. 2006. Advances in silicon research of horticultural crops. *Vegetable Crops Research Bulletin* 64: 5–17.
- Horst W.J., Marschner H. 1978. Effect of silicon on manganese tolerance of bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.). *Plant and Soil* 50: 287–303. DOI: 10.1007/bf02107179.
- Liang Y. 1999. Effects of silicon on enzyme activity and sodium, potassium and calcium concentration in barley under salt stress. *Plant and Soil* 209: 217–224. DOI: 10.1023/a:1004526604913.

- Ma J., Takahashi E. 1991. Effect of silicate on phosphate availability for rice in a P-deficient soil. *Plant and Soil* 133: 151–155. DOI: 10.1007/bf00009187.
- Miyake Y., Takahashi E. 1978. Silicon deficiency of tomato plant. *Soil Science and Plant Nutrition* 24: 175–189. DOI: 10.1080/00380768.1978.10433094.
- Miyake Y., Takahashi E. 1982a. Effect of silicon on the growth of cucumber plants in a solution culture. *Japanese Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 53: 15–22. DOI: 10.20710/dojo.53.1_15.
- Miyake Y., Takahashi E. 1982b. Effect of silicon on the resistance of cucumber plant to the microbial disease. *Japanese Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 53: 106–110. DOI: 10.20710/dojo.53.2_106.
- Miyake Y., Takahashi E. 1986. Effect of silicon on the growth and fruit production of strawberry plants in a solution culture. *Soil Science and Plant Nutrition* 32: 321–326. DOI: 10.1080/00380768.1986.10557510.
- Ochmian I., Grajkowski J., Popiel J., Skwarska-Wiszniewska I. 2007. Wpływ dolistnego nawożenia mikroelementami na plonowanie i jakość owoców truskawki odmiany ‘Senga Sengana’. *Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis, Agricultura, Alimentaria, Piscaria et Zootechnica* 259(4): 141–146.
- Rafi M.M., Epstein E. 1999. Silicon absorption by wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant and Soil* 211: 223–230. DOI: 10.1023/a:1004600611582.
- Rafi M.M., Epstein E., Falk R.H. 1997. Silicon deprivation causes physical abnormalities in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Plant Physiology* 151: 497–501. DOI: 10.1016/s0176-1617(97)80017-x.
- Robak J., Ostrowska A. 2008. The most important diseases of butter and ice lettuce growing in open field and under cover and verification necessity of their protection. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin* 48: 1539–1546.
- Sacała E. 2009. Role of silicon in plant resistance to water stress. *Journal of Elementology* 14(3): 619–630. DOI: 10.5601/jelem.2009.14.3.20.
- Savant N.K., Datnoff L.E., Synder G.H. 1997a. Depletion of plant-available silicon in soils: A possible causes of declining rice yields. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 28: 1245–1252. DOI: 10.1080/00103629709369870.
- Savant N.K., Synder G.H., Datnoff L.E. 1997b. Silicon management and sustainable rice production. *Advances in Agronomy* 58: 151–199. DOI: 10.1016/s0065-2113(08)60255-2.
- Skupień K., Ochmian I., Grajkowski J. 2008. Influence of mineral fertilization on selected physical features and chemical composition of aronia fruit. *Acta Agrophysica* 11(1): 213–226.
- Treder W., Cieslinski G. 2005. Effect of silicon application on cadmium uptake and distribution in strawberry plants grown on contaminated soils. *Journal of Plant Nutrition* 28(6): 917–929. DOI: 10.1081/pln-200058877.
- Wang S.Y., Galletta G.J. 1998. Foliar application of potassium silicate induces metabolic changes in strawberry plants. *Journal of Plant Nutrition* 21(1): 157–167. DOI: 10.1080/01904169809365390.
- Żurawicz E. 2005. *Truskawka i poziomka*. PWRiL, Warszawa, 294 s.