

Agrotechnika i mechanizacja

WPŁYW DOLISTNEGO PREPARATU KRZEMOWEGO NA PLON I JAKOŚĆ BULW ZIEMNIAKA

THE EFFECT OF FOLIAR SILICON PREPARATION ON THE YIELD AND QUALITY OF POTATO TUBERS

dr inż. Cezary Trawczyński

IHAR-PIB Oddział w Jadwisinie, 05-140 Serock, e-mail: c.trawczynski@ihar.edu.pl

Streszczenie

W 2-letnich doświadczeniach zastosowano Krzemian o składzie: $\text{Si}(\text{OH})_4$ 2,5%, Cu 1,0%, Zn 0,6%, B 0,3% i Mo 0,2%. Zabiegi wykonywano na roślinach wysokości 20 cm (faza BBCH 19), w okresie zwierania międzyrzędzi (faza BBCH 39) i po kwitnieniu (faza BBCH 70), jedno-, dwu- i trzykrotnie w okresie wegetacji. Nawożenie organiczne stanowiła słoma i międzyplon gorczycy białej. Nawożenie mineralne stosowano w dawkach: 100 kg/ha N, 60 kg/ha P_2O_5 i 120 kg/ha K_2O . Niezależnie od lat badań i liczby zabiegów uzyskano istotny przyrost plonu, o 12,9% w porównaniu z obiektem kontrolnym. Największy przyrost plonu uzyskano w roku suchym (2018) po zastosowaniu Krzemianu w fazie zwierania międzyrzędzi i po kwitnieniu. Stwierdzono tendencję do wzrostu w plonie udziału bulw dużych, o średnicy ponad 60 mm, oraz zmniejszenia się udziału bulw zdeformowanych po zastosowaniu Krzemianu. Wykazano korzystny wpływ preparatu na zawartość skrobi i witaminy C w bulwach.

Słowa kluczowe: dolistne dokarmianie, jakość bulw, krzem, plon, ziemniak

Abstract

Silicate with composition: $\text{Si}(\text{OH})_4$ 2.5%, Cu 1.0%, Zn 0.6%, B 0.3% and Mo 0.2% was used in 2-year experiments. Treatments were carried out on 20 cm tall plants (BBCH 19 phase), during inter-row closing (BBCH 39 phase) and after flowering (BBCH 70 phase), one-, two- and three times during the growing season. Organic fertilization was straw and an intercrop of white mustard. Mineral fertilization was applied in the following doses: 100 kg/ha N, 60 kg/ha P_2O_5 and 120 kg/ha K_2O . Regardless of years of research and the number of treatments, a significant increase in yield was obtained, by 12.9% in comparison to the control object. The highest yield increase was obtained in the dry year (2018) after application of Silicate in the inter-row and flowering shortening phase. There was a tendency to increase in the yield of large tubers, with a diameter of over 60 mm, and a decrease in the share of tubers deformed after applying Silicate. The beneficial effect of the preparation on the content of starch and vitamin C in tubers has been demonstrated.

Keywords: foliar nutrition, potato, quality of tubers, silicon, yield

Elementem gwarantującym wysoki plon ziemniaków dobrej jakości jest odpowiednie odżywienie roślin. Długi okres pobierania składników przez rośliny i znacznie większa masa wytwarzanego plonu w porównaniu z innymi gatunkami roślin rolniczych sprawia, że należy dążyć do możliwie optymalnego zaopatrzenia ziemniaka w łątwo przyswajalne składniki pokarmowe w ciągu całego okresu wegetacji. Dodatkowo

występujące w sezonie wegetacyjnym zmienne warunki pogodowe, obfite opady na przemian z okresową suszą czy duże wahania temperatury powietrza, mogą ograniczać pobieranie składników z roztworu glebowego.

Wysocze efektywnym sposobem uzupełniania niedoboru składników jest wówczas dolistne ich dostarczanie w fazie intensywnego rozwoju części nadziemnej roślin.

Szybkie pobieranie składników stosowanych w formie dolistnej decyduje również o prawidłowym przebiegu procesów fizjologicznych i rozwoju systemu korzeniowego roślin, co ma bezpośredni wpływ na wiązanie i wzrost bulw oraz na ich jakość. Najlepiej do tego celu wykorzystywać preparaty zawierające składniki o działaniu odżywczym i biostymulującym. Okazuje się, że jednym z takich składników może być krzem.

Krzem jest głównym składnikiem gleby, ale występuje w postaci krzemionki, która jest w zasadzie niedostępna dla roślin (Grenda, Skowrońska 2004; Sommer i in. 2006). Natomiast zastosowany we właściwej formie dolistnie impregnuje zewnętrzne komórki epidermy, wzmacnia ściany komórkowe, zwiększa ich sztywność i odporność na uszkodzenia mechaniczne. Z uwagi na grubszą kutikulę, wysyconą krzemionką, ograniczone są straty wody i rośliny mogą być w mniejszym stopniu porażane przez choroby grzybowe i szkodniki (Fauteuxi in. 2005; Robak, Ostrowska 2006; Sacała 2009). W warunkach suszy krzem może zmniejszać skutki stresu wodnego poprzez mniejsze parowanie wody z roślin i większą wydajność fotosyntezy (Romero-Aranda i in. 2006).

Wykazano, że krzem odgrywa również korzystną rolę w odżywianiu roślin poprzez wzmocnienie absorpcji azotu, fosforu, potasu i cynku (Mehrabanjoubani i in. 2015, Pilon i in. 2013). Udowodniono też korzystny wpływ krzemu na równowagę jonową w roślinach oraz zmniejszenie toksycznego działania nadmiaru glinu, manganu, ołowiu, kadmu, cynku i rtęci (Hou i in. 2006). Wynika z tego, że krzem poprzez szerokie spektrum oddzia-

ływania na rośliny może mieć działanie istotnie ograniczające występowanie różnego rodzaju stresów biotycznych i abiotycznych w okresie wegetacji, co zwiększa wydajność roślin i jakość plonu.

Takie rośliny jak skrzyp polny, ryż czy trzcina cukrowa zawierają w suchej masie 10-15% krzemionki, rośliny zbożowe i trawy akumulują do 3% krzemionki, a rośliny dwuliścienne poniżej 0,5% (Guntzer i in. 2012). Dotychczasowe badania potwierdziły korzystne oddziaływanie dolistnych preparatów krzemowych na plon i jego jakość w stosunku do roślin dwuliściennych, w tym okopowych (Artyszak i in. 2016) czy warzywnych, również psiankowatych (Borkowski i in. 2014; Górecki, Danielski-Busch 2009; Stamatakis i in. 2003; Ugrinović i in. 2011). Ziemniak wykazuje silną interakcję wielkości plonu i jakości bulw z warunkami pogodowymi w okresie wegetacji, co – mając na uwadze powyższe argumenty – mogłoby uzasadniać stosowanie krzemu.

Stąd celem badań była ocena wpływu dolistnego preparatu krzemowego stosowanego przy zmiennym w latach układzie warunków pogodowych na wielkość plonu i wybrane cechy jakości bulw ziemniaka jadalnego.

Materiał i metody

Badania polowe przeprowadzono w latach 2017 i 2018 w oddziale IHAR-PIB w Jadwisinie na glebie lekkiej, kwaśnej. Gleba charakteryzowała się wysoką zasobnością w przyswajalny fosfor, średnią w potas, magnez (w 2018 r. zawartość niska), mangan, cynk, miedź i bor (w 2017 r. zawartość niska) oraz niskim poziomem żelaza (tab. 1).

Tabela 1

Zawartość przyswajalnych form makro- i mikroelementów w glebie (mg/kg) oraz odczyn gleby w latach badań

Rok	pH w KCl	Zawartość w glebie (mg/kg)							
		P	K	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B
2017	5,0	80	122	32	580	120	3,8	2,4	0,43
2018	5,4	84	104	26	680	118	4,3	4,0	1,32

W badaniach zastosowano preparat biostymulująco-odżywczy o nazwie handlowej Krzemian z dodatkiem adiuwanta Asystent firmy PUH Chemirol sp. z o.o. według następujących kombinacji:

1. obiekt kontrolny – bez dolistnego dokarmiania,

2. Krzemian + Asystent – 1 zabieg w fazie BBCH 39 (obiekt Krzemian 1),

3. Krzemian + Asystent – 2 zabiegi: w fazach BBCH 39 i 70 (obiekt Krzemian 2),

4. Krzemian + Asystent – 3 zabiegi: w fazach BBCH 19, 39 i 70 (obiekt Krzemian 3).

Warunki pogodowe w okresie wegetacji oceniono na podstawie sumy opadów oraz średnich temperatur powietrza w porównaniu ze średnimi wartościami z wielolecia. Lata badań pod względem sumy opadów i średnich temperatur powietrza w poszczególnych miesiącach wegetacji znacznie się różniły. W 2017 r. w okresie od czerwca do września zanotowano opady powyżej średniej z wielolecia, a temperatura powietrza w przeważającej części wegetacji (maj, czerwiec, sierpień i wrzesień) była wyższa od średniej z wielolecia. W całym sezonie wegetacji 2017

suma opadów była wyższa o 55,1 mm, a średnia temperatura powietrza o 0,7°C w porównaniu ze średnią z wielolecia. A więc rok 2017 należał do wilgotnych i umiarkowanie ciepłych.

Z kolei w 2018 r. wszystkie miesiące wegetacji charakteryzowały się opadami poniżej średniej z wielolecia, a temperaturą powietrza znacznie powyżej. Suma opadów za cały okres wegetacji w tym roku była mniejsza o 79,2 mm, a średnia temperatura powietrza wyższa o 3,5°C, stąd rok 2018 zaliczał się do suchych i ciepłych (tab. 2).

Tabela 2

Sumy miesięcznych opadów (mm) oraz średnich miesięcznych temperatur powietrza (°C) w latach badań w porównaniu ze średnimi wieloletnimi na podstawie danych stacji meteorologicznej w Jadwisinie

Rok	Miesiąc						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	IV-IX
Opady							
1967-2016	37,0	57,0	75,0	76,0	60,6	48,0	352,0
2017	8,9	10,1	107,5	78,8	61,0	140,8	407,1
2018	21,7	43,4	41,0	75,2	59,7	30,9	272,8
Temperatura powietrza							
1967-2016	7,8	13,6	16,5	18,4	17,7	13,1	14,5
2017	7,3	14,1	18,1	18,4	19,4	13,8	15,2
2018	13,2	17,6	19,1	21,2	20,8	15,8	18,0

Nawożenie organiczne stanowiła rozdrobniona i przyorywana po żniwach słoma z pszenżyta ozimego (przedplonu) w ilości ok. 5 t/ha z dodatkiem 1 kg N na 100 kg słomy oraz jesienią zielona masa międzyplonu ścierniskowego z gorczycy białej w ilości 15-16 t/ha. Nawożenie mineralne fosforem (superfosfat potrójny – 40% P₂O₅) i potasem (sól potasowa – 60% K₂O) z uwzględnieniem zasobności gleby w przyswajalne formy tych składników stosowano wiosną przed kultywatorowaniem w dawce 60 kg/ha P₂O₅ i 120 kg/ha K₂O. Nawożenie mineralne azotem (saletrzak – 27% N) stosowano wiosną przed sadzeniem w dawce 100 kg/ha N. Preparat Krzemian zawierał: Si(OH)₄ 2,5%, Cu 1,0%, Zn 0,6%, B 0,3%, Mo 0,2%.

Zabiegi dolistne w zależności od obiektu wykonywano jedno-, dwu- i trzykrotnie w okresie wegetacji: pierwszy zabieg w okresie rozwoju liści na pędzie głównym (faza BBCH 19), drugi w okresie rozwoju pędów bocznych i zakrywania międzyrzędzi (faza BBCH 39), natomiast trzeci po kwitnieniu (faza

BBCH 70). Do każdego zabiegu stosowano Krzemian w dawce 0,8 l/ha. Dodatek adiuwanta (Asystent) na każdym obiekcie wynosił 0,1 l/ha. Do każdego zabiegu biostymulator rozpuszczano w 300 l/ha wody.

Ziemniaki odmiany Oberon sadzono ręcznie w III dekadzie kwietnia w rozstawie 75 x 33 cm, a zbierano w III dekadzie września. Liczba roślin na poletku do zbioru wynosiła 30. Podczas zbioru określano plon ogólny z każdego poletka oraz pobierano 2 x 5-kilogramowe próby w celu określenia struktury plonu (wagowo, udział frakcji bulw małych, o średnicy poniżej 35 mm, średnich 35-60 mm i dużych – powyżej 60 mm) i procentowego udziału w plonie bulw zdeformowanych oraz składu chemicznego bulw: zawartości skrobi, azotanów i witaminy C.

Wyniki doświadczeń opracowano statystycznie, posługując się analizą wariancji. Analizę porównania średnich przeprowadzono z wykorzystaniem testu Tukeya na poziomie p = 0,05.

Wyniki i dyskusja

Stwierdzono istotne zróżnicowanie plonu bulw zarówno pomiędzy obiektami z dolistnym dokarmianiem roślin ziemniaka, jak i latami badań (tab. 3). Niezależnie od badanych obiektów w roku suchym (2018) plon był o 9,6% mniejszy niż w roku wilgotnym, ale efekt dolistnego dokarmiania Krzemianem w stosunku do uzyskanego przyrostu plonu – większy. W roku wilgotnym (2017) przyrost plonu pod wpływem zabiegów dolistnych wahał się od 6,4% (1 zabieg) do 12,8% (3 zabiegi), natomiast w roku suchym od 12,2% (1 zabieg) do 17,5% (2 zabiegi) w stosunku do obiektu kontrolnego bez dolistnego dokarmiania.

Korzystniejszy efekt stosowania różnych preparatów o działaniu odżywczym i biosty-

mulującym w latach ekstremalnych, o niesprzyjających warunkach pogodowych, wynikających głównie z niedoboru opadów czy nierównomiernego ich rozkładu w okresie wegetacji, potwierdzono we wcześniejszych badaniach (Cwalina-Ambroziak i in. 2015, Szewczuk 2009, Wierzbowska i in. 2015). Z naszych badań można wnioskować również, że niekorzystne warunki środowiskowe, w tym wypadku związane z niedoborem wilgoci i wysoką temperaturą powietrza, uniemożliwiają czy hamujące pobieranie składników pokarmowych z gleby, pozwoliły roślinom efektywniej korzystać ze składników podanych dolistnie, co potwierdziła też Boligłowa (2003).

Tabela 3

Wpływ dolistnego dokarmiania na plon bulw (t/ha), strukturę i udział bulw zdeformowanych (% wagowy)

Parametr	Rok	Obiekt				Średnia
		kontrola	Krzemian 1	Krzemian 2	Krzemian 3	
Plon bulw	2017	52,8	56,2	59,4	59,6	57,0
	2018	46,6	52,3	54,8	54,1	52,0
Średnia		49,7	54,2	57,1	56,9	
NIR _{0,05}		2,5				1,8
Bulwy małe <35 mm	2017	6,5	5,6	2,9	6,2	5,3
	2018	1,0	0,7	2,0	1,7	1,4
Średnia		3,7	3,2	2,5	3,9	
NIR _{0,05}		różnica nieistotna				1,8
Bulwy średnie 35-60 mm	2017	72,0	71,0	71,6	67,0	70,4
	2018	64,9	64,1	62,1	62,9	63,5
Średnia		68,5	67,5	66,9	64,9	
NIR _{0,05}		różnica nieistotna				2,7
Bulwy duże >60 mm	2017	21,3	23,3	25,3	26,7	24,2
	2018	34,0	35,1	35,7	35,3	35,0
Średnia		27,7	29,2	30,5	31,0	
NIR _{0,05}		różnica nieistotna				3,2
Zdeformowane	2017	9,8	8,7	6,9	8,6	8,5
	2018	10,1	9,1	9,2	8,1	9,1
Średnia		9,9	8,9	8,1	8,3	
NIR _{0,05}		różnica nieistotna				r.n.

Uzyskany efekt plonotwórczy w wyniku dolistnego dokarmiania mógł wynikać również pośrednio z właściwości gleby, której odczyn był kwaśny, a poziom przyswajalnych form mikroelementów: cynku, miedzi i boru, zawartych w Krzemianie, wahał się w glebie od średniego do niskiego. Bogucka i inni (2010) oraz Wróbel (2012) także zwr-

cali uwagę na zależność efektywności dolistnego dokarmiania od właściwości gleb, na których prowadzone były badania. Zarówno w roku mokrym, jak i suchym największy plon bulw uzyskano po dwukrotnym dolistnym dokarmianiu roślin Krzemianem, a jego przyrost niezależnie od lat badań wyniósł 14,8% w porównaniu z obiektem kontrolnym.

Wcześniejsze badania wykazały wzrost plonu o 9% po zastosowaniu dolistnym preparatu zawierającego 7,99% krzemu (Trawczyński 2013), a plonu buraka cukrowego o 21% (Artyszak i in. 2016).

W badaniach holenderskich po zastosowaniu dolistnym kwasu krzemowego uzyskano przyrost plonu o 6,5% (Laane 2017). W badaniach szklarniowych Crusciol i inni (2009) w warunkach stresu suszy po zastosowaniu krzemianu wapnia i magnezu wykazali wzrost plonu bulw o 11,4%. Z kolei Ryakhovskaya i inni (2016) w zależności od rodzaju użytych preparatów krzemowych (w formie płynnej, żelu, proszku) stwierdzili przyrost plonu bulw od 10,7 do 20,3%. Natomiast w badaniach polowych Wróbla (2012) dolistny preparat krzemowy Actisil nie spowodował wzrostu plonu.

Analiza struktury plonu wykazała istotne zróżnicowanie udziału bulw małych (o średnicy poniżej 35 mm), średnich (35-60 mm) i dużych (powyżej 60 mm) tylko w odniesieniu do lat badań (tab. 3). Istotnie więcej w strukturze plonu wykazano bulw małych i średnich w roku wilgotnym (2017), natomiast bulw dużych w roku suchym (2018). Udział poszczególnych frakcji w stosunku do liczby wykonanych zabiegów Krzemianem zarówno w roku wilgotnym, jak i suchym był dość wyrównany. Ogólnie zaznaczyła się tendencja malejąca procentowego udziału bulw małych

i średnich oraz wzrostowa bulw dużych pod wpływem zabiegów dolistnych.

Zwiększenie udziału bulw dużych w plonie po dolistnym dokarmianiu roślin różnymi nawozami wykazali również Jabłoński (2009) oraz Wróbel (2012). Z kolei we wcześniejszych badaniach własnych pod wpływem nawozów dolistnych zawierających m.in. mangan, miedź, cynk i bor uzyskano istotny wzrost udziału bulw dużych (Trawczyński 2014). Nowacki (2006) podkreślił, że udział bulw dużych w plonie oraz zdeformowanych jest jednym z głównych mierników wartości handlowej ziemniaków jadalnych.

W przeprowadzonych badaniach warunki pogodowe w latach badań jak i zabiegi dolistne Krzemianem nie miały istotnego wpływu na procentowy udział w plonie bulw zdeformowanych, chociaż nieco więcej odnotowano ich w obydwu latach na obiekcie kontrolnym (tab. 3). We wcześniejszych badaniach własnych w roku z opadami powyżej średniej z wielolecia uzyskano istotnie więcej bulw dużych w plonie, ale jednocześnie większy był udział bulw zdeformowanych niż w roku z niedoborem opadów w okresie wegetacji (Trawczyński 2014).

Analiza składu chemicznego bulw wykazała istotne różnice zawartości skrobi i witaminy C zarówno pomiędzy latami badań, jak i liczbą zabiegów dolistnych Krzemianem, natomiast jeśli chodzi o zawartość azotanów – tylko między latami badań (tab. 4).

Tabela 4

Wpływ dolistnego dokarmiania na skład chemiczny bulw

Składnik	Rok	Obiekt				Średnia
		Kontrola	Krzemian 1	Krzemian 2	Krzemian 3	
Skrobia	2017	13,1	13,8	14,3	14,3	13,8
%	2018	11,9	11,9	11,9	12,2	11,9
Średnia		12,5	12,8	13,1	13,2	
NIR _{0,05}		0,2				0,1
Azotany	2017	5,3	7,0	7,3	7,6	6,8
mg/kg	2018	108,0	106,0	108,6	110,0	108,1
Średnia		56,6	56,5	58,0	58,8	
NIR _{0,05}		różnica nieistotna				1,2
Witamina C	2017	224,0	227,6	229,0	232,3	228,2
mg/kg	2018	230,9	240,0	240,6	238,3	237,6
Średnia		227,4	234,1	234,8	235,3	
NIR _{0,05}		2,5				1,3

Istotnie korzystniejszy przyrost zawartości skrobi w bulwach po zastosowaniu dolistnego dokarmiania Krzemianem odnotowano w roku wilgotnym, w którym istotny wpływ miała też liczba wykonanych zabiegów. Po dwu- i trzykrotnie wykonanym zabiegu (obiekty Krzemian 2 i Krzemian 3) zawartość skrobi w bulwach była istotnie większa w porównaniu z obiektem Krzemian 1. W roku suchym jedynie po trzykrotnym użyciu Krzemianu przyrost zawartości skrobi w bulwach był istotny.

Z reguły okres słonecznej pogody, a tym samym wyższej temperatury sprzyja kumulacji skrobi w bulwach ziemniaka, o czym donosili Rymuza i inni (2015), ale ekstremalnie wysoka temperatura powietrza, jaka w suchym roku utrzymywała się przez znaczną część okresu wegetacji, miała jednak negatywny wpływ na jej gromadzenie. Stąd ze względu na wysoce istotne różnice w zawartości skrobi pomiędzy obiektami w roku z nadmiarem opadów średnio dla lat badań zabiegi dolistnego dokarmiania Krzemianem przyczyniły się do istotnego przyrostu zawartości skrobi.

Stwierdzono, że dolistne dokarmianie roślin ziemniaka Krzemianem nie miało istotnego wpływu na zawartość azotanów w bulwach. Natomiast Wróbel (2012) zanotował spadek zawartości azotanów w bulwach o 60% po zastosowaniu dolistnym preparatu krzemowego Actisil. Ogólnie w roku wilgotnym wykazano bardzo niską i istotnie niższą zawartość azotanów w bulwach niż w roku suchym, co częściowo mogło wynikać z nadmiaru opadów. Natomiast w roku suchym odnotowano powyżej 100 mg NO₃/kg świeżej masy bulw, co stanowiło średni poziom tego składnika (Nowacki 2018).

Wyniki badań nad wpływem warunków pogodowych w okresie wegetacji na zawartość azotanów w bulwach są potwierdzeniem uzyskanych przez Grudzińską i Zgórką (2008), które wykazały, że okresowy niedobór opadów i wysoka temperatura powietrza w czasie wegetacji mogą być przyczyną wzrostu zawartości azotanów w bulwach. W badaniach wykazano, że spośród analizowanych składników dolistne zastosowanie Krzemianu korzystnie wpłynęło na zawartość bardzo ważnego składnika odżywczego, czyli witaminy C. Niezależnie od lat badań liczba zabiegów nie miała istotnego wpływu

na zawartość witaminy C w bulwach. Natomiast większy poziom i przyrost zawartości witaminy C pod wpływem dolistnego dokarmiania uzyskano w roku suchym (o 8,9 mg/kg świeżej masy bulw, co stanowiło 4%) niż w roku z nadmiarem opadów (o 5,6 mg/kg, co stanowiło 2,5%). Przeprowadzone dotychczas badania potwierdziły, że nadmiar opadów może się odbijać niekorzystnie na zawartości witaminy C w bulwach (Gąsiorowska, Zarzecka 2002; Kraska 2002; Mazurczyk, Lis 2004).

Wnioski

1. Pod wpływem dolistnego dokarmiania roślin ziemniaka w roku suchym preparatem Krzemian w fazie zwierania międzyrzędzi i po kwitnieniu uzyskano największy przyrost plonu bulw w porównaniu z obiektem kontrolnym.

2. Stwierdzono istotnie dodatni wpływ Krzemianu na zawartość skrobi i witaminy C w bulwach ziemniaka.

3. Po zastosowaniu Krzemianu odnotowano tendencję do wzrostu udziału bulw dużych (o średnicy powyżej 60 mm) w strukturze plonu oraz do spadku udziału bulw zdeformowanych.

Literatura

- Artyszak A., Gozdowski D., Kucińska K. 2016.** The effect of calcium and silicon foliar fertilization in sugar beet. – *Sugar Technol.* 18(1): 109-114;
- Bo-gucka B., Cwalina-Ambroziak B., Zięba T. 2010.** The effects of varied soil and foliar mineral fertilization levels in the production of high-starch potatoes. – *Pol. J. Natur. Sci.* 25(3): 215-228;
- Boligłowa E. 2003.** Wpływ dolistnego dokarmiania ziemniaka (roztworem mocznika i nawozami wieloskładnikowymi) na plon, jego strukturę, zdrowotność i trwałość przechowalniczą bulw. – *Acta Agroph.* 85: 99-106;
- Borkowski J., Felczyńska A., Górecki R. 2014.** Wpływ nawożenia krzemem na wzrost, plon i zdrowotność pomidorów. – *Zesz. Nauk. Inst. Ogrod.* 22: 195-202;
- Brogowski Z. 2000.** Krzem w glebie i jego rola w żywieniu roślin. – *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 6: 9-16;
- Crusciol C. A. C., Pulz A. L., Lemos L. B., Soratto R. P., Lima G. P. 2009.** Effects of silicon and drought stress on tuber yield and leaf biochemical characteristics in potato. – *Crop Sci.* 49: 949-954;
- Cwalina-Ambroziak B., Głosek-Sobieraj M., Kowalska E. 2015.** The effect of plant growth regulators on the incidence and severity of potato diseases. – *Pol. J. Natur. Sci.* 30(1): 5-20;

- 8. Fauteux F., Rémus-Borel W., Menzies J. G., Bélanger R. R. 2005.** Silicon and plant disease resistance against pathogenic fungi. – *FEMS Microbiol. Lett.* 249: 1-6; **9. Gašiorowska B., Zarzecka K. 2002.** Wpływ terminu zbioru na plon i cechy jakościowe bulw ziemniaka uprawianego w rejonie Siedlec. – *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 489: 319-325; **10. Górecki R. S., Danielski-Busch W. 2009.** Effect of silicate fertilizers on yielding of greenhouse cucumber (*Cucumis sativus* L.) in container cultivation. – *J. Elementol.* 14(1): 71-78; **11. Grenda A., Skowrońska M. 2004.** Nowe trendy w badaniach nad biogeochemią krzemu. – *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 502(2): 781-789; **12. Grudzińska M., Zgórska K. 2008.** Wpływ warunków meteorologicznych na zawartość azotanów (V) w bulwach ziemniaka. – *Żywn. Nauka. Technol. Jakość* 5(60): 98-106; **12. Guntzer F., Keller C., Meunier J. D. 2012.** Benefits of plant silicon for crops: A review. – *Agron. Sustain. Dev.* 32: 201-213; **13. Hou L., Szwoniek E., Xing S. 2006.** Advances in silicon research of horticultural crops. – *Veg. Crops Res. Bull.* 64: 5-17; **14. Jabłoński K. 2009.** Produkcyjne i jakościowe efekty dolistnego nawożenia ziemniaków Sonatą Z i Alkalinem PK 10-20. – *Ann. UMCS, Agricultura* 64(1): 59-67; **15. Kraska P. 2002.** Wpływ sposobów uprawy, poziomów nawożenia i ochrony na wybrane cechy jakości ziemniaka. – *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 489: 229-237; **16. Laane H. M. 2017.** The effects of the application of foliar sprays with stabilized silicic acid: An overview of the results from 2003-2014. – *Silicon* 9: 803-807; **17. Mazurczyk W., Lis B. 2004.** Relacje między zawartością witaminy C i azotanów w bulwach różnych odmian ziemniaka. – *Biul. IHAR* 232: 47-52; **18. Mehrabanjoubani P., Abdolzadeh A., Sadeghipour H. R., Aghdasi M. 2015.** Silicon affects transcellular and apoplastic uptake of some nutrients in plants. – *Pedosphere* 25: 192-201; **19. Nowacki W. 2006.** Udział plonu handlowego w plonie ogólnym jadalnych odmian ziemniaka. – *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 511: 429-439; **20. Nowacki W. 2018.** Charakterystyka Krajowego Rejestru Odmian Ziemniaka. Wyd. XXI. IHAR-PIB Oddz. Jadwisin: 41 s.; **21. Pilon C., Soratto R. P., Moreno L. A. 2013.** Effects of soil and foliar application of soluble silicon on mineral nutrition, gas exchange and growth of potato plants. – *Crop Sci.* 53, 1605-1614; **22. Robak J., Ostrowska A. 2006.** Najważniejsze zagrożenia chorobami małoobszarowych upraw warzyw i potencjalne możliwości ich zwalczania. – *Prog. Plant Prot.* 46(1): 114-120; **23. Romero-Aranda M.R., Jurado O., Cuartero J. 2006.** Silicon alleviates the deleterious salt effect on tomato plant growth by improving plant water status. – *J. Plant Physiol.* 163(8): 847-855; **24. Ryakhovskaya N. I., Gaynatulina V. V., Makarova M. A. 2016.** Effectiveness of potato cultivation using nanosized silica under conditions of Kamchatka Krai. – *Russian Agric. Sci.* 42: 299-303; **25. Rymuza K., Radzka E., Lenartowicz T. 2015.** Wpływ warunków środowiskowych na zawartość skrobi w bulwach odmian ziemniaka średnio wczesnego. – *Acta Agroph.* 22(3): 279-289; **26. Sacala E. 2009.** Role of silicon in plant resistance to water stress. – *J. Elementol.* 14: 619-630; **27. Sommer M., Kaczorek D., Kuzyakov Y., Breuer J. 2006.** Silicon pools and fluxes in soils and landscapes – A review. – *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 169: 310-329; **28. 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 Hort.* 609: 141-147; **29. Szewczuk C. 2009.** Wpływ dokarmiania dolistnego na plon bulw ziemniaka. – *Ann. UMCS, Agricultura* 64(1): 7-12; **30. Trawczyński C. 2013.** Wpływ dolistnego nawożenia preparatem Herbagreen na plonowanie ziemniaków. – *Ziemn. Pol.* 2: 29-33; **31. Trawczyński C. 2014.** Zastosowanie makro- i mikroelementowych nawozów chelatowych w dolistnym dokarmianiu ziemniaka. – *Biul. IHAR* 271: 65-77; **32. Ugrinović M., Oljača S., Brdar-Jokanović M., Zdravković J., Girek Z., Zdravković M. 2011.** The effect of liquid and soluble fertilizers on lettuce yield. – *Serb. J. Agric. Sci.* 60: 110-115; **33. Wierzbowska J., Cwalina-Ambroziak B., Głosek M., Sienkiewicz S. 2015.** Effect of biostimulators on yield and selected chemical properties of potato tubers. – *J. Elementol.* 20: 757-768; **34. Wróbel S. 2012.** Wpływ nawożenia ziemniaka odmiany Jelly dolistnymi preparatami YaraVita Ziemniak oraz Actisil na plon i cechy jego jakości. – *Biul. IHAR* 266: 295-306