

SŁAWOMIR WRÓBEL

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — Państwowy Instytut Badawczy
Zakład Nasiennictwa i Ochrony Ziemiaka w Boninie

Wpływ nawożenia ziemniaka odmiany Jelly dolistnymi preparatami YaraVita Ziemiak oraz Actisil na plon i cechy jego jakości

Effects of fertilization of potato cultivar Jelly with foliar fertilizers YaraVita Ziemiak and Actisil

Doświadczenie polowe przeprowadzono na północy kraju w województwie zachodniopomorskim (Bonin k/Koszalina) w latach 2009–2011. Określano efekty produkcyjne i jakościowe dolistnego nawożenia ziemniaka odmiany Jelly nawozami YaraVita Ziemiak (P_2O_5 — 44%, K_2O — 7,5%, MgO — 6,7%, Mn i Zn) oraz Actisil (Si — 0,6%). Warunki pogodowe najkorzystniej oddziaływały na plonowanie w latach 2009 i 2011, kiedy notowano plony przekraczające $600 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$, w roku 2010 plony nie przekraczały $400 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$. Zastosowanie nawozów dolistnych nie wpłynęło dodatnio na efekt plonotwórczy. Stwierdzono natomiast ich istotny wpływ na redukcję frakcji bulw najdrobniejszych w plonie o około 50% oraz wzrost udziału bulw największych (powyżej 60 mm), szczególnie po zastosowaniu preparatu Actisil (+ 23%) samodzielnie lub w połączeniu z YaraVita Ziemiak (+ 10%). Ocena plonów pod kątem występowania chorób na bulwach wykazała, że zastosowanie krzemu zdecydowanie ograniczało udział bulw z objawami mokrej zgnilizny przy jednoczesnym wzroście liczby bulw ze sklerocjami. Natomiast zastosowanie nawozu YaraVita Ziemiak miało działanie ograniczające występowanie bulw z ospowatościami. Nie stwierdzono istotnego wpływu nawozów dolistnych na występowanie pustowatości bulw, rdzawej plamistości miąższu, parcha zwykłego i suchej zgnilizny. Zaobserwowano natomiast niższe porażenie bulw mokrą zgnilizną po okresie przechowywania, szczególnie po zastosowaniu preparatu krzemowego Actisil.

Słowa kluczowe: Actisil, fosfor, krzem, potas, YaraVita Ziemiak, ziemniak

Field experiments were conducted in 2009–2011 in the north of Poland (Bonin near Koszalin). Productive and qualitative effects of foliar fertilization of potato cv. Jelly with fertilizers YaraVita Ziemiak (P_2O_5 — 44%, K_2O — 7.5%, MgO — 6.7%, Mn i Zn) and Actisil (Si — 0.6%) were evaluated. The best weather conditions for yield were in the years 2009 and 2011 when the yield was over $600 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$, while in 2010 the yield did not exceed $400 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$. Application of foliar fertilizers had no additional yield-forming effect. We found a significant effect on the reduction of the fraction of smallest tubers in the yield by about 50% and an increased share of the largest tubers (over 60 mm), especially after treatment with Actisil (+ 23%) alone or in combination with YaraVita Ziemiak (+ 10%). The assessment of yields for the presence of disease on the tubers showed that the application of silicon definitely limited share of tubers with symptoms of soft rot while the number of tubers with black scurf increased. The application of the fertilizer YaraVita Ziemiak limited the occurrence of

black scurf. The foliar fertilizers had no significant effect on the occurrence of hollow hearts, rusty internal spots, common scab and dry rot. We observed a lower soft rot infection of tubers after storage, especially after application of Actisil.

Key words: Actisil, phosphorus, potassium, silicon, potato, YaraVita Ziemiak

WSTĘP

Doglebowe nawożenie mineralne jest podstawowym elementem prawidłowej agrotechniki ziemniaków. Jednakże coraz powszechniej stosuje się dolistne dokarmianie roślin makro- i mikroelementami. W ten sposób można uzupełnić podstawowe nawożenie doglebowe np. w sytuacjach wystąpienia niedoborów przy czym nie można go zastąpić, szczególnie w przypadku makroelementów (Szewczuk, 2009 a). Jest to również jedyny sposób na dostarczenie roślinom w trakcie wegetacji składników pokarmowych w sytuacji np. zahamowanego bądź utrudnionego ich pobierania przez system korzeniowy. Najczęściej stosowane jest dolistne dokarmianie azotem, który w największym stopniu decyduje o plonowaniu roślin (Grzebisz, 2009). Przy czym można również spotykać w literaturze informacje dotyczące braku wpływu nawożenia dolistnego na plonowanie ziemniaka (Bogucka i in., 2010). Dostarczanie w ten sposób innych makroelementów, jak fosfor i potas może również wpłynąć na wzrost plonów (Jabłoński, 2009). Efekty nawożenia dolistnego są tym większe im wyższy jest poziom agrotechniki (Jabłoński, 1999), ponadto dolistne dokarmianie według niektórych autorów (Gorlach, 1996; Jabłoński, 2003; Sawicka i Skiba, 2009; Szewczuk, 2009b) zwiększa efektywność nawożenia doglebowego, ogranicza występowanie chorób i poprawia jakość bulw. Huber (1996) w oparciu o 1180 doniesieni literaturowych stwierdził, że poza azotem, aplikacja fosforu, potasu i magnezu w porównaniu do innych pierwiastków wpływa w największym stopniu na wzrost odporności roślin na choroby.

Obok powszechnie stosowanych makro- i mikroelementów w nawożeniu ziemniaka coraz większego znaczenia nabiera wykorzystanie krzemu. Choć pierwiastek ten występuje w przyrodzie nader powszechnie (Hou i in., 2006), głównie jako składnik frakcji mechanicznych gleby, jego przyswajalność jest bardzo mała, ponieważ występuje w formach trudnodostępnych (Brogowski, 2000). Przez rośliny krzem jest pobierany w postaci kwasu ortokrzemowego (H_4SiO_4) i w tej formie lub jako żel krzemionkowy występuje w tkankach roślinnych (Jones i Handreck, 1967). Trudności w jego pobieraniu występują szczególnie na glebach nadmiernie wapnowanych oraz intensywnie nawożonych azotem i fosforem. Zadaniem krzemu w roślinie oprócz impregnacji zewnętrznych komórek epidermy (Jones i Handreck, 1967), które tworzą mechaniczną barierę chroniącą jej tkanki przed np. nadmiernymi stratami wody w procesie transpiracji jest również wpływ na metaboliczną i fizjologiczną aktywność roślin (Sacała, 2009). W warunkach stresu wodnego dostarczenie krzemu może zwiększyć odporność roślin oraz poprawić ich wzrost. Krzem ogranicza również toksyczne działanie glinu, manganu, kadmu oraz innych związków na roślinę (Brogowski, 2000; Badora i Grenda, 2002; Grenda i Skowrońska, 2004). W literaturze spotyka się wiele prac dotyczących wpływu preparatów

krzemowych stosowanych w nawożeniu roślin warzywnych i sadowniczych, brakuje natomiast informacji dotyczących ziemniaka.

Celem przeprowadzonych badań było określanie efektów produkcyjnych i jakościowych dolistnego nawożenia ziemniaka nawozem bezazotowym YaraVita Ziemniak oraz preparatem krzemowym Actisil.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe na glebie średnio zwięzłej klasy IV (kompleks żytni bardzo dobry) przeprowadzono na północy kraju w województwie zachodniopomorskim w Zakładzie Nasiennictwa i Ochrony Ziemniaka IHAR — PIB w Boninie k/Koszalina, w latach 2009–2011. Efekty produkcyjne i jakościowe dolistnego nawożenia określano na średnio późnej jadalnej odmianie ziemniaka Jelly, nawozem YaraVita Ziemniak (P_2O_5 — $440\text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$, K_2O — $75\text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$, MgO — $67\text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$, Mn — $10\text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$ i Zn — $5\text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$) oraz preparatem krzemowym Actisil (Si — $0,6\%$). Oceniano następujące kombinacje (zabiegi wykonywano małym podwieszanym opryskiwaczem ciągnikowym):

- A — Kontrola (bez zabiegów dolistnego nawożenia),
- B — YaraVita Ziemniak (3 zabiegi)
 - 1. zabieg po zwarciu rzędów — $2\text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$
 - 2. zabieg po 14 dniach od pierwszego — $10\text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$
 - 3. zabieg 14 dni po drugim zabiegu — $10\text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$
- C — Actisil (3 zabiegi)
 - 1. zabieg — pełnia wschodów — $0,3\text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$
 - 2. zabieg po 14 dniach od pierwszego — $0,4\text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$
 - 3. zabieg 14 dni po drugim zabiegu — $0,3\text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$
- D — YaraVita Ziemniak + Actisil (stosowano oba nawozy w ilości i terminach jak w kombinacji B i C)

Doświadczenie założono w czterech powtórzeniach metodą pełnej randomizacji poletek, na stanowisku po pszenicy ozimej. Po zbiorze pszenicy, na początku sierpnia wysiewano poplon — gorczycę białą — w ilości $25\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ pod, którą stosowano mocznik w dawce $23\text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. Na przełomie października i listopada po rozdrobieniu poplonu broną talerzową wykonywano orkę zimową. W latach 2008 i 2010 pod orkę zimową zastosowano dodatkowo obornik bydlęcy w dawce $150\text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$ (2008) i $250\text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$ (2010). W roku 2009 nie stosowano obornika. Wiosną (początek kwietnia) wykonywano kultywatorowanie w celu zlikwidowania skorupy, przzerwiania parowania, wyrównania powierzchni gleby i przyspieszenia jej ogrzewania. W połowie kwietnia wysiewano wieloskładnikowy nawóz mineralny Yara Mila (NPK — 14-14-21), który mieszano z glebą poprzez 2-krotne kultywatorowanie i doprawiono agregatem uprawowym z wałem strunowym. Stosowano stały poziom nawożenia NPK w ilości $100\text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, $100\text{ kg P}_2O_5\cdot\text{ha}^{-1}$, $150\text{ kg K}_2O\cdot\text{ha}^{-1}$. Ziemniaki sadzono w III dekadzie kwietnia. Każde poletko składało się ze 100 roślin ziemniaka plus dodatkowa izolacja w postaci jednorzędowej obsady. Około 25 dni po sadzeniu wykonywano obsypywanie roślin z ostatecznym profilowaniem redlin. Następnie (w tym samym dniu) zastosowano oprysk przeciwko

chwastom stosując Plateen 41,5 WG w dawce 2 kg·ha⁻¹. W trakcie wegetacji w zależności od presji infekcyjnej prowadzono ochronę przed zarazą ziemniaka (4–8 zabieg) i stonką ziemniaczaną (1–2 zabieg) — tabela 1.

Tabela 1

Wykaz stosowanych środków ochrony roślin w doświadczeniu w latach 2009–2011
List of pesticides used in experiment in the years 2009–2011

2009	2010	2011
Herbicydy Herbicides Plateen 41,5 WG (2 kg)*	Plateen 41,5 WG (2 kg)	Plateen 41,5 WG (2 kg)
Insektycydy Insecticides Bancol 50 WP (0,4 kg)	Bancol 50 WP (0,4 kg) Karate Zeon 050 CS (0,16 l)	Nomolt 150 SC (0,25 l)
Fungicydy Fungicides Pyton Concento 450 SC (1 l) Infinito 687,5 SC (1,5 l) Pyton Concento 450 SC (2 l) Acrobat MZ 69 WG (1,5 kg) Altima 500 SC (0,5 l) Unikat 75 WG (2 kg) Altima 500 SC (0,4 l) Altima 500 SC (0,4 l)	Ridomil Gold MZ 67,8 WG (2 kg) Revus 250 SC (0,6 l) Altima 500 SC (0,4 l) Infinito 687,5 SC (1,6 l)	Infinito 687,5 SC (1,5 l) Infinito 687,5 SC (1,6 l) Acrobat MZ 69 WG (2 kg) Revus 250 SC (0,6 l) Altima 500 SC (0,4 l) Altima 500 SC (0,4 l) Altima 500 SC (0,4 l)

* W nawiasach podano zastosowaną dawkę na 1 hektar

* In parentheses dose per hectare is given

Trzy tygodnie przed zbiorem wykonano niszczenie naci metodą mechaniczno-chemiczną z użyciem Reglone 200 SL w dawce 3–4 l·ha⁻¹. Zbiór przeprowadzano w III dekadzie września. W trakcie zbioru pobierano z każdego poletka próby:

- do oceny struktury plonu — plon z 10 kolejnych roślin pobranych ze środkowej redliny,
- do oceny pustowatości bulw — 10 bulw dużych,
- do oceny ciemnienia miąższu surowego — po 10 bulw średniej wielkości,
- do oceny rdzawej plamistości miąższu — 20 bulw średniej wielkości,
- do oceny przechowalniczej — po około 10–12 kg bulw,
- do oceny zawartości suchej masy, azotanów, fosforu, potasu, magnezu i wapnia — po 6 bulw średniej wielkości — oceny dokonano w Stacji Chemiczno-Rolniczej.

Wielkość plonu ogólnego oceniano na podstawie zebranej masy bulw z całego poletka (włącznie z pobranymi próbami).

Doświadczenie przeprowadzono na glebie o składzie mechanicznym gliny piaszczystej o zróżnicowanej w zależności od stanowiska zawartości podstawowych makroelementów (tab. 2).

Analizy statystyczne wykonano przy użyciu programu firmy StatSoft, Inc. (2011). Statistica (data analysis software system), version 10. www.statsoft.com. W przypadku stwierdzenia w analizie wariancji (ANOVA) istotnego wpływu testowanych nawozów na oceniany parametr, średnie porównywano testem Tukeya dla $\alpha = 0,05$. Procentowe

wartości porażenia bulw chorobami transformowano według Bliss'a: $y = \arcsin \sqrt{x}$, gdzie „x” oznacza wartość procentową, a „y” wartość po transformacji. W pracy przedstawiono wartości retransformowane.

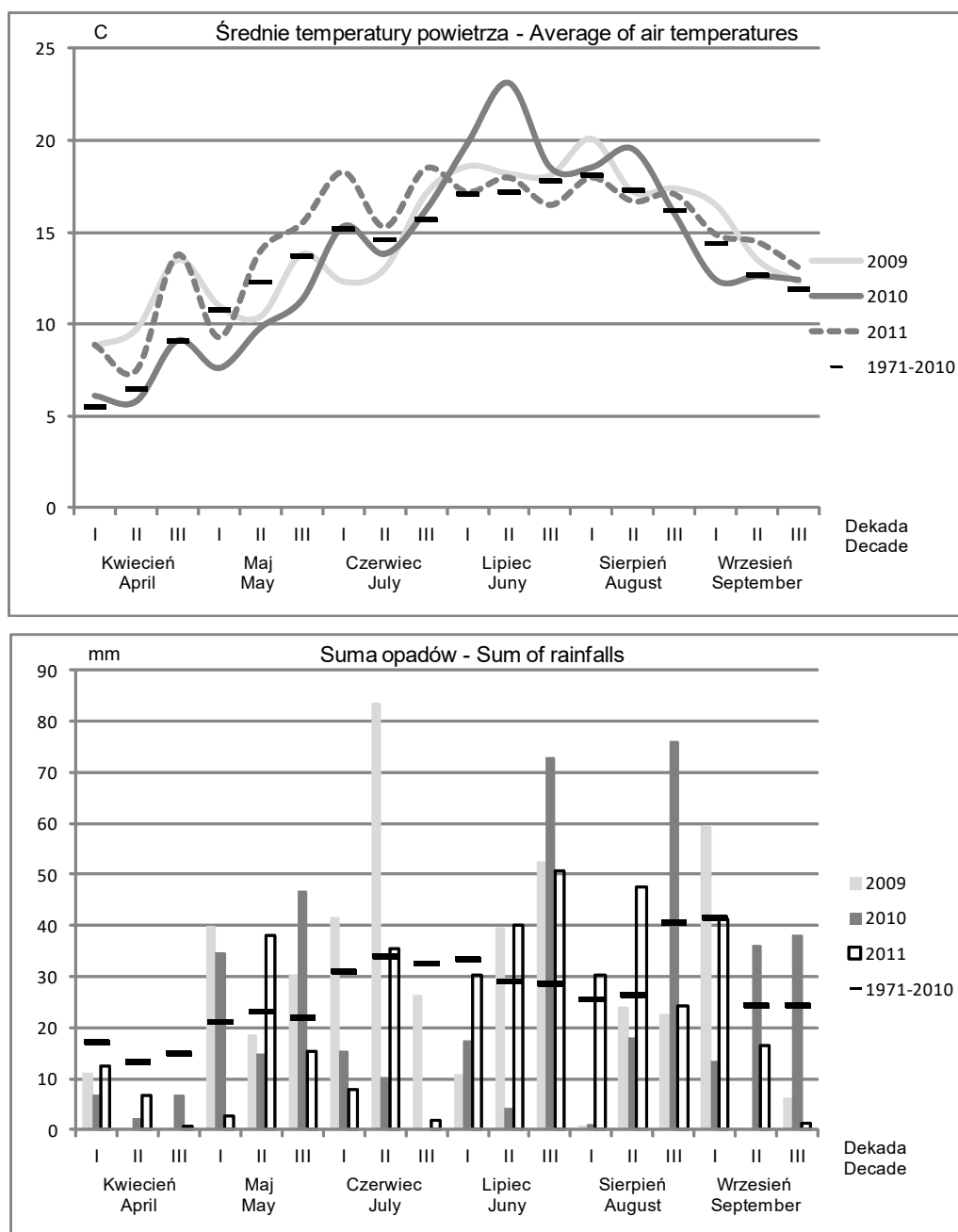
Tabela 2

Zawartość podstawowych makroskładników w glebie
The content of basic macroelements in the soil

Rok Year	Próchnica Humus (%)	pH (KCl)	Zawartość w glebie (mg·kg gleby ⁻¹) Macroelements in soil (mg·kg soil ⁻¹)					
			P		K		Mg	
2009	1,4	5,7	67	wysoka high	91	średnia middle	49	średnia middle
2010	1,9	5,2	77	wysoka high	75	niska low	58	wysoka high
2011	2,0	5,5	103	bardzo wysoka very high	116	średnia middle	56	wysoka high

WYNIKI I DYSKUSJA

Sezony wegetacyjne w poszczególnych latach badań były zróżnicowane. Pomimo tego dolistne nawożenie nawozami YaraVita Ziemiak i Actisil nie wpływało w sposób widoczny na rozwój roślin w trakcie wegetacji. Warunki pogodowe najkorzystniej oddziaływały na plonowanie w latach 2009 i 2011 (rys. 1), kiedy notowano plony przekraczające 600 dt·ha⁻¹, w roku 2010 plony nie przekraczały 400 dt/ha (tab. 3). Również na niższe plony w roku 2010 wpływ miało niezastosowanie jesiennego nawożenia stanowiska obornikiem. Według Jabłońskiego (1997) dawka obornika 250 dt·ha⁻¹ zwiększa plonowanie ziemniaków średnio o około 20%. Aplikacja nawozów dolistnych nie wpłynęła jednak na dodatkowy efekt plonotwórczy co częściowo było zgodne z oczekiwaniami, gdyż głównym czynnikiem plonotwórczym jest z reguły azot (Jabłoński, 2002; Trawczyński, 2002, 2009), który w tych nawozach nie występował. Natomiast zastosowanie nawożenia dolistnego azotem niezależnie od poziomu nawożenia dogłębowego przyczynia się do wzrostu plonu bulw ziemniaka (Trawczyński i Korycki, 2008), chociaż według Boguckiej i in. (2010) dodatkowe nawożenie dolistne nie zawsze wpływa na wzrost plonów bulw. W literaturze spotyka się jednak doniesienia o stymulującym plonowanie nawożeniu dolistnym nawozami fosforowo-potasowymi (Jabłoński, 2007, 2009 a, 2009 b; Szewczuk, 2009). Autorzy wskazują na istotny wzrost plonu bulw (od 8 do ponad 20%) po zastosowaniu 2–3 zabiegów dolistnego dokarmiania nawozami bezazotanowymi. Brak podobnych efektów plonotwórczych w przeprowadzonych badaniach może wynikać z zasobnego w fosfor stanowiska, na którym uprawiano ziemniaki.



Rys. 1. Warunki pogodowe w latach 2009-2011 na tle średnich wieloletnich 1977-2010 — stacja meteorologiczna w Boninie
Fig. 1. Weather conditions in the years 2009-2011 on a background of average for the period 1977-2010 — meteorological station in Bonin

Tabela 3

Kombinacje Treatments	Plon bulw (dt·ha ⁻¹) Tuber yield (dt·ha ⁻¹)			Średnia Mean
	2009	2010	2011	
A — Kontrola — control	685,3 a	361,3 a	689,4 a	578,6 a
B — YaraVita Ziemniak	673,4 a	378,9 a	636,4 a	562,9 a
C — Actisil	679,0 a	377,8 a	623,7 a	560,1 a
D — YaraVita Ziemniak + Actisil	675,8 a	370,0 a	678,9 a	574,8 a
Średnia Mean	678,2 a	372,0 b	657,1 a	

Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się między sobą istotnie ($\alpha=0,05$)

Means within a column with the same letters do not differ significantly according to the Tukey test ($\alpha=0.05$)

Pomimo obserwowanych pewnych różnic pomiędzy kombinacjami nawożenia dolistnego nie miało również istotnego wpływu na strukturę plonu z wyjątkiem frakcji najdrobniejszej — bulwy o średnicy poniżej 30 mm (tab. 4).

Tabela 4

Kombinacje Treatments	Struktura plonu bulw (dt·ha ⁻¹) — średnie z lat 2009–2011 Tuber yield structure (dt·ha ⁻¹) — average from 2009–2011				
	< 30 mm	30–40 mm	40–50 mm	50–60 mm	> 60 mm
A — Kontrola — control	10,7 a	13,7 a	59,9 a	173,1 a	255,2 a
B — YaraVita Ziemniak	4,4 b	11,1 a	61,9 a	168,7 a	251,2 a
C — Actisil	4,6 b	11,2 a	47,2 a	152,1 a	314,9 a
D — YaraVita Ziemniak + Actisil	4,6 b	12,0 a	50,7 a	173,6 a	283,0 a

Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się między sobą istotnie ($\alpha = 0,05$)

Means within a column with the same letters do not differ significantly according to the Tukey test ($\alpha = 0.05$)

Stwierdzono, że zastosowanie nawozów dolistnych zawierających jedynie fosfor i potas lub krzem wysoce istotnie wpływało na redukcję frakcji najdrobniejszej w plonie bulw o około 50%. Pomimo, że Jelly należy do odmian grubokłębowych, znacznie więcej bulw dużych o średnicy powyżej 60 mm, notowano w kombinacjach, gdzie stosowano dolistne zabiegi preparatem krzemowym Actisil. Po samodzielnej aplikacji tylko tym preparatem plon tej frakcji był wyższy o 23% w stosunku do kontroli, natomiast w połączeniu z nawozem YaraVita Ziemniak — wyższy o 10%. Przy czym różnice nie były statystycznie istotne, pomimo obserwowania w okresie 3 lat badań podobnego zjawiska. Na wzrost plonu bulw największych po zastosowaniu dolistnego nawożenia PK wskazywał również Jabłoński (2007, 2009 b). Brakuje natomiast informacji dotyczących oddziaływania preparatów krzemowych na plony bulw ziemniaka. Według Crusciola i in. (2009) zastosowanie dolistnego dokarmiania krzemem w warunkach szklarniowych wpłynęło na istotny wzrost masy bulw z rośliny przy czym efekt ten był większy w sytuacji braku stresu wodnego. Natomiast z doniesień dotyczących innych gatunków roślin można zauważyć, że dolistne dokarmianie krzemem często istotnie wpływało na wzrost ich plonu (Abro i in., 2009; Hanafy i in., 2008; Hellal i in., 2012), a czasami jedynie na poprawę jego jakości (Gembara i in., 2009).

W trakcie wegetacji nie zaobserwowano istotnych różnic w tempie szerzenia się zarazy ziemniaka pomiędzy obiektami z nawożeniem dolistnym i bez nawożenia. Obserwowano nieznacznie wolniejszy jej rozwój na roślinach nawożonych dolistnie, jednakże tylko w roku 2011, bardzo korzystnym dla rozwoju tej choroby. Zastosowane nawożenie dolistne preparatem Actisil wraz z prowadzoną ochroną chemiczną wyraźnie hamowało rozwój zarazy ziemniaka na liściach w trakcie wegetacji. Szewczuk (2009 b) testując 11 różnych nawozów dolistnych pod kątem ograniczania szerzenia się *Phytophthora infestans* w ziemniaku, stwierdził znaczne różnice w skuteczności zabiegu pomiędzy nawozami, przy czym dodatek fungicydu do nawozu skuteczność tę istotnie zwiększał. Z kolei według Jabłońskiego (2009 b) zastosowanie YaraVita Ziemniak przyczyniło się do lepszych warunków rozwoju zarazy ziemniaka w końcowym stadium wegetacji ziemniaka. W dostępnej literaturze brakuje jednak informacji na temat wpływu dolistnego dokarmiania ziemniaka krzemem na szerzenie się *P. infestans*. W przypadku innych roślin wiele prac wskazuje na dodatni wpływ aplikacji krzemu w ochronie przed chorobami powodowanymi przez rodzaj *Phytophthora* spp. (Lee i in., 2004; Bekker i in., 2007), chociaż niektórzy autorzy efektów pozytywnych nie stwierdzali (Jeun i Hwang, 1991).

Ocena bulw po zbiorze pod kątem porażenia chorobami nie była jednoznaczna w każdym roku badań ze względu na istotne różnice w nasileniu występowania poszczególnych chorób (tab. 5).

Tabela 5

Udział bulw z objawami chorób w latach 2009–2011 (% kg)
Share of tuber infected with different diseases in the years 2009–2011 (% kg)

Kombinacja / rok Treatments / year	Parch zwykły Common scab	Mokra zgnilizna Soft rot	Ospowatość bulw (rizoktonioza) Black scurf	Rdzawa płamistość miąższu Rust internal spots
2009				
A — Kontrola — control	0,7 a	0,0 a	12,2 b	0,7 a
B — YaraVita Ziemniak	3,3 a	0,0 a	5,3 b	3,3 a
C — Actisil	0,8 a	0,0 a	40,3 a	0,8 a
D — YaraVita Ziemniak + Actisil	2,0 a	0,0 a	12,1 b	2,0 a
2010				
A — Kontrola — control	0,0 a	0,1 a	5,0 a	4,2 a
B — YaraVita Ziemniak	0,0 a	0,1 a	1,2 a	0,0 a
C — Actisil	0,0 a	0,0 a	0,6 a	0,5 a
D — YaraVita Ziemniak + Actisil	0,0 a	0,5 a	10,2 a	2,4 a
2011				
A — Kontrola — control	0,0 a	0,9 a	0,0 a	0,0 a
B — YaraVita Ziemniak	0,0 a	2,4 a	0,0 a	0,0 a
C — Actisil	0,0 a	0,2 a	0,0 a	0,0 a
D — YaraVita Ziemniak + Actisil	0,0 a	0,5 a	0,0 a	0,0 a
2009	1,9 a	0,0 b	15,8 a	1,6 a
2010	0,0 b	0,1 ab	2,5 b	1,2 a
2011	0,0 b	0,8 a	0,0 c	0,1 a

Srednie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się między sobą istotnie ($\alpha = 0,05$)

Means within a column with the same letters do not differ significantly according to the Tukey test ($\alpha = 0.05$)

Generalnie w żadnym roku badań nie stwierdzono bulw z objawami zarazy ziemniaka. Zaobserwowano natomiast, że zastosowanie preparatu krzemowego Actisil zdecydowanie

ograniczało udział bulw z objawami mokrej zgnilizny przy jednoczesnym wzroście liczby bulw ze sklerocjami (przetrwalniki rizoktoniozy). Natomiast zastosowanie nawozu YaraVita Ziemiak miało działanie ograniczające występowaniu bulw z ospowatościami. Nie stwierdzono istotnego wpływu nawozów dolistnych na występowanie pustowatości bulw, rdzawej plamistości miąższu, parcha zwykłego i suchej zgnilizny.

Przeprowadzone w roku 2011 dodatkowe badania wpływu zastosowanych nawozów dolistnych YaraVita Ziemiaka i Actisil na jakość bulw pod kątem ciemnienia miąższu surowego, zawartości fosforu, potasu, magnezu i wapnia nie wykazały istotnych różnic w ich poziomie (tab. 6). Stwierdzono jednakże, że oceniane nawozy istotnie ograniczały kumulację szkodliwych azotanów w bulwach, szczególnie w kombinacjach, gdzie stosowano preparat krzemowy Actisil w połączeniu z nawozem YaraVita Ziemiak — poziom azotanów w tym roku był niższy o prawie 60%. Choć jedna seria badań nie pozwala na sformułowanie odpowiednich wniosków, to na podobny wpływ dolistnego nawożenia fosforem i potasem wskazywali wcześniej Jabłoński (2007, 2009 a), Spiak i in. (2010) natomiast w innym opracowaniu (Jabłoński, 2009 b) autor stwierdził, że zastosowanie YaraVita Ziemiak wpływało na wzrost zawartości azotanów w bulwach ziemniaka, co częściowo potwierdzają badania w innych roślinach (Tyksiński i in., 2006). Zatem brakuje jednomyślnych wniosków w tej kwestii. Ponieważ może to mieć bardzo duże znaczenie praktyczne u odmian bardzo wczesnych, gdzie istnieje największe zagrożenie kumulacji tych związków w bulwach, badania w tym kierunku będą kontynuowane.

Tabela 6

Cechy jakości i zawartość wybranych makroelementów (% w sm) w bulwach ziemniaka — rok 2011
Quality features and content of selected macroelements in potato tubers — year 2011

Kombinacja Treatments	Sucha masa Dry mass (%)	P	K	Mg	Ca	Ciemnienie miąższu surowego* Darkening of raw tubers*	Azotany (NO ₃) Nitrates (NO ₃) (mg·kg ⁻¹ śm)
Kontrola Control	21,7	0,15	1,60	0,10	<0,12	8,7	43,5 a
YaraVita Ziemiak	20,9	0,20	1,73	0,10	<0,12	8,8	29,5 ab
Actisil	21,0	0,21	1,63	0,10	<0,12	8,7	23,6 b
YaraVita Ziemiak + Actisil	21,5	0,20	1,55	0,10	<0,12	8,8	18,6 b

* Ciemnienie miąższu surowego po 4 godzinach w skali 1–9, gdzie 9 oznacza brak ciemnienia

* Darkening of raw tubers after 4 hours, in 1–9-scale, where 9 mean lack of darkening

sm — sucha masa; dry mass;

śm — świeża masa; fresh mass

Warunki przechowalnicze (temperatura i wilgotność) były bardzo korzystne przez cały okres magazynowania. Średnie temperatury w okresie październik-marzec w przechowalni wahały się w przedziale 2–8°C. W trakcie oceny (koniec marca) bulwy we wszystkich ocenianych kombinacjach były jedynie pobudzone (długość kielków około 3–5 mm). Średni ubytek masy bulw po okresie przechowywania wyniósł w zależności od roku od 6% (2010) do 11,6% (2011), a różnice pomiędzy latami były statystycznie istotne (tab. 7). Nie stwierdzono natomiast statystycznych różnic między kombinacjami w tym zakresie.

Tabela 7

Ubytki naturalne oraz udział bulw z mokrą i suchą zgnilizną po 6 miesiącach przechowywania (% kg)
Natural losses and share of tubers with soft and dry rot after 6 month of storage (% kg)

Kombinacja / rok Treatments / year	Ubytki naturalne Natural losses	Sucha zgnilizna Dry rot	Mokra zgnilizna Soft rot
2009			
A — Kontrola — control	11,7 a	0,4 a	5,7 a
B — YaraVita Ziemiak	11,2 a	0,3 a	1,9 a
C — Actisil	11,6 a	0,4 a	0,2 a
D — YaraVita Ziemiak + Actisil	11,9 a	0,9 a	1,4 a
2010			
A — Kontrola — control	5,9 a	0,0 a	0,0 a
B — YaraVita Ziemiak	6,3 a	0,0 a	0,0 a
C — Actisil	6,1 a	0,0 a	0,0 a
D — YaraVita Ziemiak + Actisil	5,9 a	0,0 a	0,0 a
2011			
A — Kontrola — control	12,1 a	0,4 a	1,6 a
B — YaraVita Ziemiak	10,1 a	0,1 a	2,0 a
C — Actisil	11,1 a	0,2 a	0,5 a
D — YaraVita Ziemiak + Actisil	9,4 a	0,1 a	0,7 a
2009	11,6 a	0,5 a	1,8 a
2010	6,0 b	0,0 b	0,0 b
2011	10,7 a	0,1 ab	1,1 a

Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się między sobą istotnie ($\alpha=0,05$)

Means within a column with the same letters do not differ significantly according to the Tukey test ($\alpha=0.05$)

W ocenie występowania chorób bulw (suchej i mokrej zgnilizny), zaobserwowano, że zastosowane nawozy wpływały na ograniczenie porażenia mokrą zgnilizną w latach 2009 i 2011, choć ze statystycznego punktu widzenia były to różnice nieistotne (tab. 7). Najniższe porażenie bulw tą chorobą stwierdzono dla kombinacji, w której stosowany był tylko Actisil. Po okresie przechowywania w zależności od roku badań, jedynie 0,2-0,5% masy bulw wykazywało porażenie mokrą zgnilizną, gdzie tymczasem na obiektach kontrolnych bez nawożenia dolistnego było to 1,6–5,7%. Stwierdzono istotne różnice w nasileniu występowania chorób w okresie przechowywania. Więcej zgnilizn notowano w roku 2009 i 2011, natomiast w 2010 choroby te nie wystąpiły. Już w latach '70 XX wieku, Perrenoud (1977) na podstawie literatury stwierdził, że zastosowanie potasu ogranicza porażenie roślin chorobami grzybowymi i bakteryjnymi aż w 70%. W latach późniejszych według informacji zebranych przez Hubera (1996) wynika, że oprócz potasu również krzem ma bardzo duży wpływ na reakcje odpornościowe roślin na patogeny.

WNIOSKI

1. Nawozy dolistne YaraVita Ziemiak oraz Actisil nie wpływały na wzrost plonów ogólnych ale istotnie oddziaływały na redukcję frakcji bulw najdrobniejszych w plonie oraz wzrost udziału bulw największych (powyżej 60 mm).
2. Preparat krzemowy Actisil wykazywał tendencję do ograniczania udziału bulw z objawami mokrej zgnilizny przy jednoczesnym wzroście liczby bulw ze sklerocjami (przetrwalniki rizoktoniozy), natomiast nawóz fosforowo-potasowy YaraVita Ziemiak działanie ograniczające występowanie bulw z ospowatościami.

LITERATURA

- Abro S. A., Qureshi R., Soomro F. M., Mirbahar A. A., Jakhar G. S. 2009. Effects of silicon levels on growth and yield of wheat in silty loam soil. *Pak. J. Bot.* 41 (3): 1385 — 1390.
- Badora A., Grenda A. 2002. Wpływ krzemianów i zmodyfikowanych związków glinokrzemianowych na toksyczność Cd i Zn dla niektórych roślin uprawnych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 482: 37 — 46.
- Bekker T., Labuschagne N., Aveling T., Kaiser C. 2007. Inhibition of *Phytophthora* root rot of avocado with potassium silicate application. *Proceedings VI World Avocado Congress Viña Del Mar, Chile*: 12 — 16 Nov. 2007: <http://www.avocadosource.com> (stan na: 13.08.2012).
- Bogucka 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.
- Brogowski Z. 2000. Krzem w glebie i jego rola w żywieniu roślin. *Post. Nauk Rol.* 6: 9 — 16.
- Crusciol C. A. C., Pulz A. L., Lemos L. B., Soratto R. P., Lima G. P. P. 2009. Effects of silicon and drought stress on tuber yield and leaf biochemical characteristics in potato. *Crop Sci.* 49: 949 — 954.
- Gembara J., Chelpiński P., Mikiciuk G., Ochmian I., Sosnowska M., Lewandowski J. 2009. Wpływ preparatu Actisil na ograniczenie pęknięcia i jakość owoców czereśni. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 536: 81 — 86.
- Gorlach E. 1996. Rola mikroelementów w redukcji azotanów. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 440: 109 — 120.
- Grenda A., Skowrońska M. 2004. Nowe trendy w badaniach nad biogeochemią krzemu. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 502: 781 — 789.
- Grzebisz W. 2009. Nawożenie roślin uprawnych. T 2. Nawozy i systemy nawożenia. PWRiL. Poznań: 376 ss.
- Hanafy Ahmed A. H., Harb E. M., Higazy M. A., Morgan Sh. H. 2008. Effect of silicon and boron foliar applications on wheat plants grown under saline soil conditions. *Intern. J. Agric. Research* 3: 1 — 26.
- Hellal F. A., Zeweny R. M., Yassen A. A. 2012. Evaluation of nitrogen and silicon application for enhancing yield production and nutrient uptake by wheat in clay soil. *J. App. Sci. Res.* 8 (2): 686 — 692.
- Hou L., Szwonek E., Xing S. 2006. Advances in silicon research of horticultural crops. *Veg. Crops Res. Bul.* 64: 5 — 17.
- Huber D. M. 1996. Management of nutrition to control plant pathogens. X Congreso Nacional Agronomico / III Congreso de Fitopatologia: http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_x/a50_2388-II_indice.html (stan na: 5.06.2012).
- Jabłoński K. 1997. Ogólne zasady uprawy ziemniaka. [W:] *Produkcja ziemniaków*. Pr. zb. pod red. J. Chotkowskiego. Inst. Ziemn. Bonin: 8 — 82.
- Jabłoński K. 1999. Wpływ dolistnego nawożenia ziemniaków nawozami z mikroelementami na kształtowanie się plonów i efekty ekonomiczne. *Biul. IHAR* 212: 165 — 177.
- Jabłoński K. 2002. Wpływ nawożenia azotem na plon i jakość bulw oraz współczynnik rozmnażania nowych odmian ziemniaków jadalnych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 530: 217 — 224.
- Jabłoński K. 2003. Wpływ dolistnego nawożenia ziemniaków nawozami dolistnymi ADOB na plon i jego strukturę oraz porażenie roślin i bulw chorobami. *Acta Agroph.* 85: 137 — 145.
- Jabłoński K. 2007. Wpływ dolistnego nawożenia ziemniaków Alkalinem PK 10:20 na plony, porażenie zarazą ziemniaka i niektóre cechy jakości bulw. *Prog. Plant Prot. / Post. Ochr. Roślin* 47(2): 114 — 118.
- Jabłoński K. 2009 a. Produkcyjne i jakościowe efekty dolistnego nawożenia ziemniaków Sonatą Z i Alkalinem PK 10-20. *Annales UMCS, Agricultura* 64 (1): 59 — 67.
- Jabłoński K. 2009 b. Efekty dolistnego nawożenia ziemniaków YaraVita Ziemniak i Nutrifolem czerwonym. *Ziem. Pol.* 3: 1 — 4.
- Jeun Y. C., Hwang B. K. 1991. Carbohydrate, amino acid, phenolic and mineral nutrient contents of pepper plants in relation to agerelated resistance to *Phytophthora capsici*. *J Phytopathol* 131: 40 — 52.
- Jones L., Handreck K. 1967. Silica in soil, plants and Animals. *Adv. Agron.* 19: 107 — 149.
- Lee J. S., Seo S. T., Wang T. C., Jang H. I., Pae D. H., Engle L. M. 2004. Effect of potassium silicate amendments in hydroponic nutrient solution on the suppressing of *Phytophthora* blight (*Phytophthora capsici*) in pepper. *Plant Pathol. J.* 20 (4): 277 — 282.
- Perrenoud S. 1977. Potassium and plant health. IPI Research Topics No. 3, Worblaufen-Bern, Switzerland: 218 ss.
- Sacała E. 2009. Role of silicone in plant resistance to water stress. *J. Elementol.* 14(3): 619 — 630.

- Sawicka B., Skiba D. 2009. Wpływ dokarmiania dolistnego na zdrowotność roślin ziemniaka w okresie wegetacji. *Annales UMCS, Agricultura* 64 (1): 39 — 51.
- Spiak Z., Śmiatacz S., Piszcz U. 2010. Effect of phosphorus and potassium fertilization on nitrates (V) content in maize and buckwheat. *Ecological Chemistry and Engineering* 17 (7): 847 — 854.
- Szewczuk C. 2009 a. Wpływ dokarmiania dolistnego na plon bulw ziemniaka. *Annales UMCS, Agricultura* 64 (1): 7 — 12.
- Szewczuk Cz. 2009 b. Wpływ dokarmiania dolistnego roślin ziemniaka na ich porażenie przez patogen zarazy *Phytophthora infestans*. *Annales UMCS, Agricultura* 64(1): 13 — 18.
- Trawczyński C. 2002. Reakcja nowych odmian ziemniaka na nawożenie azotem. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 530: 187 — 196.
- Trawczyński C. 2009. Wpływ nawadniania kropłowego i fertygacji na plon i wybrane elementy jakości bulw ziemniaka. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich* 3, PAN O/Kraków: 55 — 67.
- Trawczyński C., Korycki B. 2008. Wpływ dolistnego stosowania nawozów typu Compoport na plonowanie ziemniaka przydatnego do przetwórstwa spożywczego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 530: 197 — 206.
- Tyksiński W., Kozik E., Bosiacki M. 2006. Wpływ zróżnicowanego nawożenia fosforem na plon rzodkiewki i zawartość w niej azotanów. *Acta Agr.* 7 (3): 733 — 740.