

Jan Borkowski, Barbara Dyki
Instytut Warzywnictwa w Skierniewicach

Wpływ tytanu na rośliny, a w szczególności na kiełkowanie pyłku i plon nasion

Słowa kluczowe: tytan, kiełkowanie pyłku, plon nasion i owoców, zdrowotność

Wstęp

Tytan (Ti) jest pierwiastkiem o liczbie atomowej 22, masie atomowej 47,9 i należy do metali lekkich, o dużej skłonności do pochłaniania gazów. W związkach chemicznych występuje jako pierwiastek o wartościowości 4^+ , 3^+ , 2^+ . Połączenia zawierające tytan 2^+ i 3^+ są nietrwałe i działają silnie redukująco. W glebach mineralnych jest znacznie więcej tytanu niż składników pokarmowych. W wierzchniej warstwie skorupy ziemskiej znajduje się średnio 0,33% tytanu, a w Polsce 0,17% [27]. Najwięcej tytanu (ponad 10%) jest w glebach nowo utworzonych, pochodzenia wulkanicznego na Hawajach [14]. W Polsce najwięcej tytanu zawierają gleby ilaste, mady i rędziny (do 0,79%), a najmniej torfy (poniżej 0,04%). Najuboższy z torfów w składniki pokarmowe, torf wysoki, może w ogóle nie zawierać tytanu. Zawartość tego pierwiastka w roślinach uprawnych waha się od ilości śladowych do ponad $120 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. [14].

W Polsce już przed wojną Terlikowski i Górnicki [36] stwierdzili, że zboża zawierają $10\text{--}20 \text{ mg Ti} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m., rośliny motylkowate $20\text{--}28 \text{ mg Ti} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m., rośliny okopowe do $120 \text{ mg Ti} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. Stwierdzili oni, że dodanie niewielkich ilości tytanu do pożywki zwiększa plon roślin.

Zainteresowanie tym pierwiastkiem bardzo wzrosło, odkąd Pais i in. [32] oraz Pais [31] opublikowali prace dotyczące korzystnego wpływu tytanu na wiele gatunków roślin uprawnych. Plon tych roślin po opryskiwaniach preparatem zawierającym jony tytanu wzrastał przeciętnie o 10–20%. W niektórych doświadczeniach dotyczących jabłoni, kukurydzy i buraków cukrowych plon, pod wpływem jonów tytanu, wzrósł o ponad 30%, a zawartość chlorofilu w liściach była o 16–65% większa niż w kontroli. Pais [31] podaje również, że tytan łagodzi uszkodzenia herbicydowe na pomidorach, zwiększa plon suchej masy owoców z 1 ha o 10–33%, podnosi aktywność

wielu enzymów i przyspiesza proces fotosyntezy. Pais [31] stosował głównie tytan związany z kwasem askorbinowym w postaci chelatu, który opatentował pod nazwą Titavit. Jest on polecany tylko do opryskiwania roślin, gdyż dodany do gleby szybko traci aktywność. Czekański i in. [15] wykazali, że u kukurydzy rosnącej na glebie alkalicznej jedno opryskiwanie Titavitem zwiększyło plon świeżej masy o 44%, natomiast na glebie kwaśnej ten sam zabieg nie zwiększył plonu, gdyż zawartość tytanu w roślinach była tu cztery razy większa. Dumon i Ernest [19] podają, że rośliny rosnące na bardzo kwaśnej glebie, zasobnej w tytan, mogą zawierać czterdzieści razy więcej tego pierwiastka niż rośliny rosnące na glebie o znacznie mniejszej kwasowości. Autorzy ci stwierdzili również, że najwięcej tytanu akumulują liście. Dla zwiększenia plonu ziemniaków stosuje się 1–2 opryskiwania związkami tytanu, ponieważ zwiększenie liczby tych zabiegów daje gorsze wyniki, co wykazał Czuba [16].

Krzyżala [28] stwierdził wzrost produkcji cukru do 29% z buraków cukrowych opryskiwanych dwukrotnie preparatem Titavit. Zwiększył się tu nie tylko plon korzeni, ale i zawartość cukru w korzeniach.

Carvajal i in. [12], badając wpływ tytanu na paprykę (*Capsicum annum* L.), zanotowali istotny wzrost aktywności katalazy, peroksydazy, lipoksygenazy i reduktazy azotanowej. Zwiększoną aktywność tych enzymów oraz wzrost zawartości chlorofilu pod wpływem tytanu stwierdzono także w innych pracach [11, 13, 33]. Zwiększenie aktywności wyżej wymienionych enzymów łączy się ze zwiększoną zawartością jonów Fe^{++} w roślinach traktowanych związkami tytanu. To samo dotyczy chlorofilu, w którego syntezie uczestniczy żelazo. Wyniki badań [11, 12, 13], dotyczących zmian aktywności enzymatycznej związanej z funkcją żelaza, pozwalają sądzić, że tytan podawany dolistnie stymuluje aktywność jonów żelaza uczestniczących w metabolizmie roślin, szczególnie przy wysokim pH podłoża, gdzie żelazo jest trudno dostępne dla roślin. Frutos i in. [24] otrzymali najszybszy wzrost masy siewek papryki (o 56%) w kombinacji obficie nawożonej azotem z dodatkiem tytanu. Stwierdzili oni, że badana papryka pobrała o 73% więcej azotu od roślin kontrolnych. Lopez-Moreno i in. [29] wykazali, że pod wpływem tytanu plon papryki, w ich doświadczeniu, wzrósł o 44% przy obfitym nawożeniu fosforem i o 65% — przy jego niedoborze. O korzystnym wpływie tytanu na paprykę pisali także inni [1, 30]. Wszystkie te wyniki sugerują, że korzystne działanie tytanu ujawnia się szczególnie mocno, gdy rośliny są w stresie (np. niedobór fosforu lub żelaza).

Opryskiwanie związkami tytanu, w stężeniu $1 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ wpłynęło korzystnie na zawartość chlorofilu u fasoli i zwiększyło suchą masę roślin o 20% [34]. Czuba i in. [17] podają, że preparat Insol X, zawierający tytan, opracowany w Instytucie Nawozów Sztucznych w Puławach, zastosowany do zaprawy nasion, poprawił istotnie ich wschody i przyspieszył kiełkowanie rzepaku, lucerny, buraka cukrowego i słonecznika. Stosowanie dolistne Insolu X może zwiększyć plon nasion rzepaku ozimego i jęczmienia jarego nawet do 30%. Czuba, cytowany przez Borkowskiego [5], stwierdził, że (jak dotąd) tytan nie jest zaliczany do mikroelementów niezbędnych dla roślin,

tylko do stymulatorów wzrostu. Jako stymulator ma on niewielki wpływ na zboża, natomiast skutecznie działa na rośliny warzywne. Tytan wpływa również dodatnio na intensywność wiązania azotu z powietrza przez bakterie współżyjące na korzeniach roślin motylkowatych [19].

Ostatnie badania nad wpływem tytanu na ogórki, melony, pomidory i astry oraz na kiełkowanie pyłku

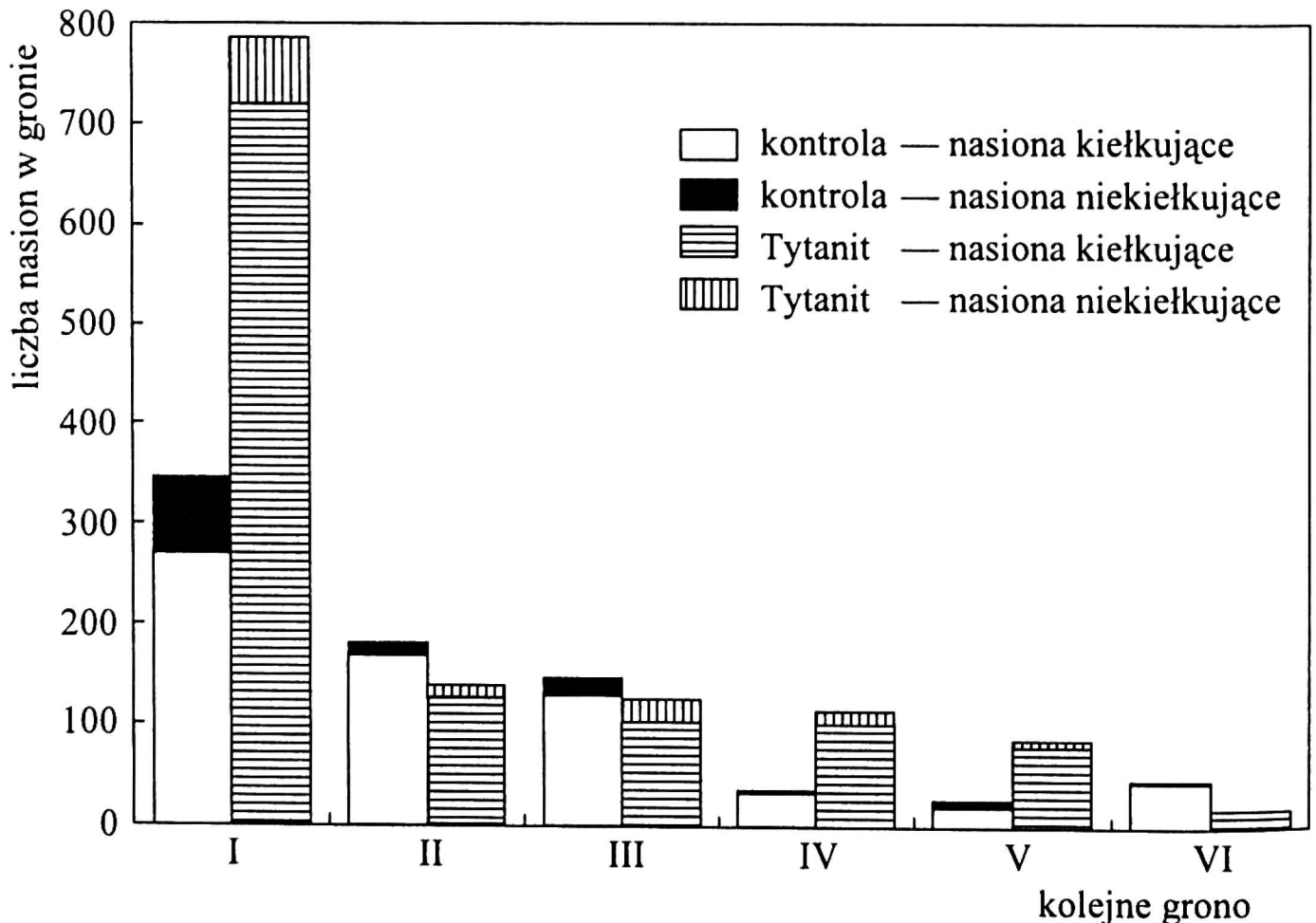
W Instytucie Warzywnictwa w Skierniewicach prowadzono badania nad zastosowaniem nawozu dolistnego Tytanit, który wyprodukowała polska firma InterMag. Nawóz ten zawiera 0,8% tytanu w formie chelatu [37]. Szklarniowe doświadczenie z ogórkami żeńskiej linii WI 4783 przeprowadzono w pojemnikach z torfem. Rośliny tej linii źle wiążą nasiona, ale stwierdzono, że pod wpływem trzech opryskiwań 0,02-procentowym roztworem Tytanitu zawiązały znacznie więcej nasion, które zebrano wcześniej niż z innych obiektów [5]. Potwierdziły to dalsze wyniki badań, gdzie pod wpływem Tytanitu otrzymano wzrost liczby nasion o 300%, a niekiedy więcej w porównaniu z kontrolą [6, 7, 18]. Wyniki z ostatnich badań przedstawiono w tabeli 1, gdzie wykazano, że pod wpływem Tytanitu w zawirusowanych roślinach linii żeńskiej od Atlasa F₁ liczba owoców zwiększyła się ponad dwa razy, a liczba nasion przeszło trzy razy. W wypadku roślin linii żeńskiej od Aladyna F₁, traktowanych Tytanitem, otrzymano mniejszą, ale również istotną zwyżkę plonu owoców i nasion. Pod wpływem Tytanitu zwiększył się także, o około 50%, plon nasion ogórka odmiany Atlas F₁ w warunkach polowych. U ogórków odmiany Śremski F₁ w uprawie polowej stwierdzono, że cztery opryskiwania 0,02-procentowym Tytanitem zwiększyły plon owoców przemysłowych (konserwowe + kwaszeniaki) o 14% przy zbiorach przepro-

Tabela 1. Liczba owoców i nasion z linii matecznych mieszańców F₁ Aladyn i Atlas w przeliczeniu na 1 roślinę [18]

Wyszczególnienie	Żeńska linia IWG 5 od Aladyna F ₁				Zawirusowana żeńska linia IWG 22 od Atlasa F ₁			
	opryskiwania Tytanitem		kontrola		opryskiwania Tytanitem		kontrola	
	owoce	nasiona pełne	owoce	nasiona pełne	owoce	nasiona pełne	owoce	nasiona pełne
Średnia z 7 powtórzeń	8,9 ^a	2446 ^a	5,4 ^b	1386 ^b	3,7 ^a	752 ^a	1,4 ^b	233 ^b
Plon [% kontroli]	165	176	100	100	264	323	100	100

Istotność różnic określono przy $P = 0,95$ testem Newmana-Keulsa lub χ^2 , ze względu na duże różnice między powtórzeniami dotyczy to głównie liczby nasion.

wadzanych co drugi dzień [10]. Grudzień (dane jeszcze niepublikowane) otrzymał pod wpływem opryskiwań Tytanitem zwiększę plonu melonów uprawianych w polu o ponad 20%. Melony należały do odmian Malaga F₁ i Polider F₁. Wiadomo, że liczba owoców i nasion jest determinowana dwoma ważnymi procesami: zapylaniem i zapłodnieniem, które poprzedzają ich powstawanie. Badania mikroskopowe wykonywane przy zastosowaniu fluorescencji pozwoliły stwierdzić, że korzystny wpływ Tytanitu objawia się zwiększonym wigorem ziaren pyłku i lepszym ich przyleganiem do powierzchni znamienia słupka, co świadczy o zwiększonej receptywności znamion [7, 20, 21]. Niektóre ziarna pyłku pod wpływem Tytanitu wytwarzały nawet 3 łągiewki pyłkowe, czego nie zaobserwowano u roślin kontrolnych. Na opublikowanych fotografiach mikroskopowych [7] widać w szyjce słupka ok. 10 razy więcej łągiewek pyłkowych u roślin traktowanych Tytanitem niż w kontroli. W wyniku tego zjawiska wzrasta ilość i jakość otrzymanych nasion. Korzystny wpływ Tytanitu na plon nasion stwierdzono także u linii hodowlanej pomidorów L4-Alfa, która charakteryzuje się słabym wiązaniem nasion. Pod wpływem Tytanitu u tej linii pomidora liczba nasion z jednej rośliny zwiększyła się średnio o ponad 60%, a przeszło dwukrotnie na pierwszym gronie [22, 23]. W tym wypadku wartość siewna otrzymanych nasion (siła kiełkowania i zdrowotność siewek) była lepsza niż w kontroli (rys. 1). Razem z tą linią wysiewano także linię L6-ULF 1396, ale u niej nie otrzymano żadnych



Rysunek 1. Wpływ nawozu dolistnego Tytanit na liczbę nasion roślin pomidora linii L4Alfa o skłonności do partenokarpji [22, 23]

nasion zarówno w kontroli, jak i po opryskiwaniu Tytanitem. Przepuszczalnie rośliny testowanej linii mają silniej niż rośliny L4-Alfa genetycznie uwarunkowaną cechę partenokarprii, a jony tytanu nie przełamują tej bariery. Należy dodać, że stwierdzono już występowanie czynników, które niekiedy hamują korzystny wpływ tytanu na plon nasion. Do tych czynników należy AgNO_3 , który jest używany w pracach hodowlanych [5, 6, 7]. W Instytucie Sadownictwa i Kwiaciarnictwa stwierdzono, że pod wpływem Tytanitu zwiększyła się trwałość kwiatów astrów o siedem dni i polepszył się proces zapylenia kwiatów, a w efekcie otrzymano większą liczbę nasion nie tylko na pędzie głównym, ale także na pędach bocznych [25, 26].

Badania ostatnich lat wskazują, że w regulacji procesu zapylenia i zapłodnienia decydujące znaczenie ma odpowiedni poziom jonów wapnia w cytoplazmie ziarna pyłku [3, 34, 35]. Komórki powierzchniowe znamienia słupka są źródłem egzogenego wapnia dla ziaren pyłku, przez co uczestniczą w stymulacji lub hamowaniu wzrostu łagiewki pyłkowej [2, 3, 4]. Wyniki badań prowadzonych w Instytucie Warzywnictwa dowodzą, że tytan, zawarty w nawozie dolistnym Tytanit, wpływa korzystnie na kiełkowanie pyłku *in vivo*, zwiększając jednocześnie liczbę nasion w owocu i polepszając ich siłę kiełkowania [22, 23]. Być może jony tytanu biorą, pośredni lub bezpośredni, udział w regulacji poziomu wapnia wewnątrzkomórkowego, powiększając w ten sposób liczbę samozgodnych ziaren pyłku dostających się na znamię słupka w procesie zapylenia.

Wpływ tytanu na choroby roślin

Badając wpływ tytanu na wzrost roślin oraz plon owoców i nasion, stwierdzono, że opryskiwania Tytanitem roślin pomidora skutecznie ograniczyły rozwój mączniaka prawdziwego, wywołanego przez grzyb *Oidium lycopersicum*, ale nie towarzyszyła temu żadna zwyżka plonu owoców ani przyśpieszony wzrost roślin [8, 9, 10]. Wyniki ostatnich badań przedstawiono w tabeli 2. Stwierdzono, że opryskiwania Tytanitem ograniczały rozwój grzybni mączniaka; tych własności nie wykazał chitozan [21]. Analizy liści pomidorów traktowanych Tytanitem wykazały, że zawartość tytanu wynosiła $1,2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ [8]. Badania wcześniejsze stwierdzają, że rośliny uprawiane w Polsce zawierają tytan od śladowych ilości do $120 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ [14, 36].

Doruchowski i in. [18] wykazali, że opryskiwania Tytanitem ogórków linii rodzicielskiej mieszańca F_1 Atlas ograniczały rozwój choroby wirusowej liści przenoszanej przez nasiona, co spowodowało przeszło trzykrotną zwyżkę plonu nasion. Natomiast opryskiwanie 0,02-procentowym roztworem Tytanitu ogórków odmiany Śremski nie ograniczyło w roku 1999 rozwoju mączniaka rzekomego (*Pseudoperonospora cubensis*), ale plon owoców konserwowych wzrósł o 14%. Testy wykazały, że opryskiwania Tytanitem mogą hamować rozwój mączniaka rzekomego, ale stężenie preparatu trzeba podnieść co najmniej do 0,06%. Autorzy zastosowali wiosną 1999 roku Tytanit w ochronie cebuli pietrowej (*Allium proliferum*) przed mączniakiem rzekomym

Tabela 2. Wpływ opryskiwania pomidorów Tytanitem oraz innych zabiegów na wzrost roślin i występowanie mączniaka prawdziwego jesienią 1998 roku; średnia z 4 powtórzeń [8]

Obiekty	Wysokość roślin [cm] 28 października		Porażenie mączniakiem prawdziwym odmiany Perkoz F ₁ ³ w listopadzie		
	Perkoz F ₁	De Barao ²	16	20	25
Kontrola	78,7c	107,0b	1,4**	1,25**	2,42**
Tytanit 0,02%	91,5bc	127a	<u>0</u>	<u>0,33</u>	<u>0,33</u>
Dodanie odpadów po pieczarkach (ogonki) 1,5 l na 1 wazon	106,5a	136,2a	1,4**	1,83**	2,58**
Dodanie odpadów po pieczarkach + Trichodex 25WP	101,5ab	126,2a	1,6**	2,17**	3,08**
Trichodex 25Wp 03%	102,0ab	105,0b	0,5	1,0	2,42
Chitozan 0,05%	96,2ab	101,5b ¹	1,4**	2,17**	3,42**

** Różnice istotne w stosunku do podkreślonego obiektu przy $\alpha = 0,05$ lub $\alpha = 0,01$ obliczone za pomocą testu χ^2 .

¹ Rośliny uszkodzone przez przedziorka szklarniowego.

² Odmiana ta wykazała znaczną odporność na mączniaka.

³ Skala 0–5: 0 — liście całkowicie zdrowe, 5 — ponad 20,1% powierzchni badanych liści pokrywa grzybnia.

(*Peronospora destructor*). Patogen zniszczył część nadziemną zarówno roślin kontrolnych, jak i opryskiwanych Tytanitem, jednak te ostatnie szybciej i w większym procencie zregenerowały szczypiar niż kontrola i były wyższe. Badania z tym preparatem i jego wpływ na zdrowotność roślin, plon nasion i ich siłę kiełkowania są kontynuowane.

Wnioski

Co najmniej od 17 lat wiadomo, że związki tytanu w niskich stężeniach mają korzystny wpływ na wzrost roślin, plon, zawartość chlorofilu w liściach i aktywność enzymów. Badania z ostatnich lat (1997–2000) wykazują, że związki tytanu stymulują wzrost i kiełkowanie pyłku i wzrost łagiewki pyłkowej. Dlatego opryskiwania preparatami zawierającymi tytan (np. Tytanitem firmy InterMag) przyspieszają wzrost zawiązków u ogórków, u odmian ogórków słabo wiążących nasiona wzrost plonu nasion może osiągnąć nawet 300%, przy czym otrzymane nasiona mają lepszą siłę kiełkowania niż w kontroli.

Wzrost plonu nasion pod wpływem Tytanitu i lepszą ich jakość stwierdzono także u linii hodowlanej pomidorów L4 Alfa oraz u astrów odmiany Stanisław. Wyniki te dowodzą, że traktowanie roślin preparatami zawierającymi tytan znajdzie zastosowanie w hodowli i nasiennictwie.

W ciągu tych trzech lat stwierdzono także, że opryskiwania pomidorów 0,02-procentowym Tytanitem już istotnie ograniczało na liściach rozwój mączniaka prawdzi-

wego (*Oidium lycopersicum*). Tak niskie stężenie Tytanitu nie miało wpływu na rozwój mączniaka rzekomego dyniowatych (*Pseudoperonospora cubensis*) u ogórka, chociaż zwiększyło plon owoców przemysłowych o 14%.

Literatura

- [1] Alcaraz C.F., Carvajal M., Frutos M.J., Gimenez J.L., Martinez-Sanchez F., Pastor J.J. 1994. The physiological role of titanium in *Capsicum annum* L. plants. Proc. 6th Int. Trace Element Symp. Abs 2 Budapest.
- [2] Bednarska E. 1989. The effect of exogenous Ca_2^+ ions on pollen grain germination and pollen tube growth investigations with the use of $^{45}\text{Ca}_2^+$ and Verapamil, La_3^+ and ruthenium red. *Sex Plant Repr.* 2: 53–58.
- [3] Bednarska E. 1991. Calcium uptake from the stigma by germinating pollen in *Primula officinalis* L. and *Ruscus aculeatus* L. *Sex Plant Repr.* 4: 36–38.
- [4] Bednarska E. 1992. Interakcje międzykomórkowe podczas płciowego rozmnażania roślin kwiatowych. *Postępy Biologii Komórki* 19(4): 293–310.
- [5] Borkowski J. 1997. Wpływ tytanu na rośliny. *Ogrodnictwo* 4: 24–25.
- [6] Borkowski J. Wpływ tytanu na plon nasion ogórków i paru innych gatunków roślin. *Hodowla Roślin i Nasiennictwo* (w druku).
- [7] Borkowski J., Dyki B. 1998. Wpływ tytanu na ogórki i pomidory. *Ogrodnictwo* 5–6: 18–19.
- [8] Borkowski J., Kowalczyk W. 1999. Influence of Tytanit and chitosan sprays and other treatments on the tomato plant growth and the development of powdery mildew (*Oidium lycopersicum*). *Bulletin of the Polish Academy of Sciences, Biological Sciences* 47(2–4): 129–132.
- [9] Borkowski J., Kowalczyk W., Struszczyk H. 1998. Effect of spraying tomato plants with chitosan and other treatments on the growth of plants, their healthiness and fruit yield. *Progress on Chemistry and Application of Chitin and Its Derivatives IV*: 149–156.
- [10] Borkowski J., Kowalczyk W., Niekraszewicz A., Struszczyk H. 2000. Effect of chitosan and Tytanit on the appearance of mildews on tomato and cucumber leaves and on winter lettuce cv. Zimowa Nansen. *Progress on Chemistry and Application of Chitin and Its Derivatives. Monograph. VI. Polish Chitin Society, Łódź*: 153–160.
- [11] Carvajal M., Alcaraz C.F. 1998. Titanium as a beneficial element for *Capsicum annum* L. plants. *Recent Research Developments in Phytochemistry* 2(1): 83.
- [12] Carvajal M., Martinez-Sanchez F., Alcaraz C.F. 1994. Effect of Titanium (IV) application on some enzymatic activities in several developing stages of red pepper plants. *J. Plant Nutr.* 17: 243–253.
- [13] Carvajal M., Martinez-Sanchez F., Alcaraz C.F. 1994. Effect of Ti (IV) on some indicators of physiological activity in *Capsicum annum* L. *J. Hort. Sci.* 69: 427–432.
- [14] Czekalski A. 1987. Tytan w glebach i roślinach. *Prace Komisji Nauk. Pol. Tow. Gleb.* IV/9:66–74.
- [15] Czekalski A., Dryjańska M., Urbański M. 1990. Wpływ tytanu na plonowanie niektórych roślin uprawnych. *Prace Komisji Nauk. Rol. PTPN. Rol.* 69: 75–82.

- [16] Czuba R. 1991. Sprawozdanie z badań nad działaniem preparatu pod nazwą Tytanit. Praca zbiorowa wykonana w RZD IUNG w Baborówku.
- [17] Czuba R., Dankiewicz M., Sztuder H., Świerczewska M. 1996. Ocena rolnicza preparatów tytanowych typu Insol X. Prace Naukowe Instytutu Technologii Nieorganicznej i Nawozów Mineralnych Politechniki Wrocławskiej nr 45. Seria Konferencje: 26 Chemia dla rolnictwa. Nauka, przemysł, ekologia, marketing: 273–278.
- [18] Doruchowski R.W., Łąkowska-Ryk E., Dyki B. 2000. Treatment of virus diseased cucumber plants with titanium for improved seed production. Mendel Centenary Congress. March 7–10, 2000 — Brno, Czech Republic. Poster Abstracts 116.
- [19] Dumon J.C., Ernest W.H.O. 1988. Titanium in plants. *J. Plant Physiol.* 133: 203–209.
- [20] Dyki B., Borkowski J., Doruchowski R.W. 1998. Wpływ preparatu Tytanit na wzrost łagiewki pyłkowej oraz plon nasion ogórka (*Cucumis sativus* L.). Materiały sympozjum i obrad sekcji 51 Zjazdu Polskiego Towarzystwa Botanicznego 15–19 września, Gdańsk: 123.
- [21] Dyki B., Borkowski J., Łąkowska-Ryk E., Panek E. 2000. Wpływ nawozu dolistnego Tytanit na rozwój i zdrowotność roślin warzywnych. *Owoce Warzywa Kwiaty* 17–18: 42.
- [22] Dyki B., Borkowski J., Łąkowska-Ryk E., Doruchowski R.W., Panek E. 2000. Influence of the Tytanit compound on fertilization and stimulation of seed development in cucumber and tomato. Mendel Centenary Congress. March 7–10, 2000 — Brno, Czech Republic Poster Abstracts: 115.
- [23] Dyki B., Skrodziuk K., Borkowski J. Influence of Tytanit preparation on the seeds production by plants of breeding line L4-Alfa of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). *Seed Science Research* (in press).
- [24] Frutos M.J., Pastor J.J., Martinez-Sanchez F., Alcaraz C.F. 1996. Improvement of the nitrogen uptake induced by titanium (IV). Leaf supply in nitrogen-stressed pepper seedlings. *J. of Plant Nutr.* 19(5): 771–783.
- [25] Górnik K., Grzesik M., Dyki B. 1999. Wpływ preparatu Tytanit na plonowanie i jakość nasion astra chińskiego odmiany Stanisław. XII Ogólnopolski Naukowy Zjazd Kwaciarzy, Skierniewice, 9–10.12.1999. Streszczenia: 76.
- [26] Grzesik M., Górnik K., Karsznicka A., Dyki B. 1999. Improving of *Calistephus chinensis* seed quality and stress tolerance by growth regulators. International Conference Cost Action 828: Seed Science in the Field of Controlled Stress Physiology. Prague, 28–29 May 1999. Working Group 2 Meeting: Abstract 7.
- [27] Kabata-Pendias A., Pendias H. 1993. Biogeochemia pierwiastków śladowych. PWN, Warszawa: 209–221.
- [28] Krizala J. 1995. Vysledky vegetacnich zkousek novych druchu hnojiv z prerovskych chemickych zavodu. Puožti Biologicky Aktivnich Latek v Reprodukci Zahradnickych Rostlin. Zahradnicka Fakulta v Lednici na Mor. 18–19.1.1989: 52–60.
- [29] Lopez-Moreno J.L., Gimenez J.L., Moreno A., Fuentes J.L., Alcaraz C.F. 1996. Plant biomass and fruit yield induction by Ti(IV) in P-stressed peper crops. *Fertilizer Research* 43: 131–136.
- [30] Martinez-Sanchez F., Nunez M., Gimenez J.L., Alcaraz C.F. 1993. Effects of titanium leaf spray treatments on ascorbic acid levels of *Capsicum annuum* L. fruit. *J. Plant Nutr.* 16: 975–981.
- [31] Pais I. 1983. The biological importance of titanium. *J. Plant Nutr.* 6: 3–131.

- [32] Pais I., Feher M., Farkas E., Szabo Z., Cornides I. 1977. Titanium as a new trace element. *Comm. in Soil Sci. and Plant Anal.* 8(5): 407–410.
- [33] Ram N., Verloo M., Cottenie A. 1983. Response of bean to foliar spray of titanium. *Plant and Soil* 73:285–290.
- [34] Singh A., Perdue T., Paolillo D.J. Jr. 1989. Pollen — pistil interaction in *Brassica oleracea*. Cell calcium in self and cross grain. *Protoplazma* 151: 57–61.
- [35] Singh A., Paolillo D.J. Jr. 1990. Role of calcium in the callose response of self-pollinated *Brassica stigmas*. *Amer. J. Bot.* 77: 28–133.
- [36] Terlikowski F., Górnicki T. 1933. Zawartość tytanu w niektórych roślinach uprawnych. *Rocz. Nauk Rol. i Leś.* 29: 289–298.
- [37] Tytanit. 1999. Ulotka przedsiębiorstwa InterMag, Osiek 174A k. Olkusza.

Effect of titanium on the plants and on pollen germination and seed yield in particular

Key words: titanium, spraying, pollen germination, seed production, plant healthiness

Summary

Titanium is an element which advantageously affect some species of cultivated plants, accelerating their growth and increasing yields. That particularly deals with the plants cultivated in horticulture. It was stated that the foliar fertilizer containing titanium ions, named Tytanit and manufactured by InterMagCo. in Olkusz, increased seed yield of female cucumber line WI 4783 up to 300% (generally seed-setting in that cucumber line is wery poor). In parental line of Atlas F₁ hybrid, under the influence of Tytanit the yield of seeds reached 325% in relation to control, as simultaneously the health state of plants did significantly improve. Tytanit fertilizer application increased also by 60% the number of seeds in plants of tomato breeding line L4 Alfa and their much better germination capacity. After repeated spraying with Tytanit solution, the plants were characterized by increased number of pollen grains on the stigmas and pollen-tubes participating in fertilization process. In comparison to control, the plants treated with Tytanit showed clearly stimulated pollination and fertilization resulting in the increase of seed number. The same was observed in aster plants. Application of Tytanit fertilizer significantly reduced development of the powdery mildew on tomatoes as well as the virus on cucumbers.

*Adres do korespondencji:
prof. dr hab. Jan Borkowski
Instytut Warzywnictwa
ul. Konstytucji 3 Maja 1/3
96-100 Skierniewice*