

¹Katedra Nasiennictwa i Szkółkarstwa Ogrodniczego,
Wydział Ogrodnictwa i Architektury Krajobrazu, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie,
ul. Leszczyńskiego 58, 20-068 Lublin, Polska, e-mail: magdalena.kaplan@up.lublin.pl

²Katedra Zastosowań Matematyki i Informatyki, Wydział Inżynierii Produkcji,
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Głębocka 28, 20-612 Lublin

³Przedsiębiorstwo Wielobranżowe Vet-Agro Sp. z o.o., ul. Gliniana 32, 20-616 Lublin

MAGDALENA KAPŁAN¹, MARCELA KRAWIEC¹, ANDRZEJ BOROWY¹,
IRENA WÓJCIK¹, SALWINA PALONKA¹, KAMIŁA KLIMEK²,
SZYMON CAPAŁA³

Wpływ zastosowania preparatu Complex PA na wielkość i jakość plonu winorośli

The effect of Complex PA on the quality and quantity of vine yield

Streszczenie. Celem pracy było określenie wpływu nawozu dolistnego wyprodukowanego z zastosowaniem nanotechnologii na zdrowotność, wielkość i jakość plonu winorośli odmiany ‘Marechal Foch’. Badania przeprowadzono w 2014 r. w Winnicy Nobilis na Wyżynie Sandomierskiej (50°39’N; 21°34’E). Zastosowanie preparatu Complex PA opartego na nanotechnologii nie miało istotnego wpływu na liczbę i masę gron z jednego krzewu oraz na plon w przeliczeniu na jednostkę powierzchni. Owoce, których krzewy opryskiwano preparatem Complex PA, charakteryzowały się istotnie większą zawartością ekstraktu niż chronione metodą konwencjonalną, różnice te wyniosły ponad 2,5°Bx, tj. 11,4%. Oba programy ochrony, zarówno tradycyjny, jak i ten z użyciem nanotechnologii, skutecznie zapobiegły porażeniu gron i liści winorośli odmiany ‘Marechal Foch’ przez grzyby patogeniczne. Complex PA istotnie ograniczał ponadto występowanie nekroz fizjologicznych liści oraz istotnie zwiększał masę i powierzchnię liści krzewów badanej odmiany winorośli.

Słowa kluczowe: winorośl, nanotechnologia, plon

WSTĘP

Nanomateriały to związki lub pierwiastki rozdrobnione do wielkości poniżej 100 nm, mające inną, w porównaniu z materiałem, z którego pochodzą, strukturę atomową, a także inne właściwości fizyko-chemiczne i biologiczne [Yadollahi i in. 2010, Sokół 2012]. Do jednych z najważniejszych nanomateriałów należą nanocząsteczki pierwiast-

ków, mające wyjątkowe właściwości ze względu na dużą powierzchnię w stosunku do masy, dzięki czemu zwiększa się ich reaktywność, co powoduje, że są bardzo szybko absorbowane przez przestrzenie międzykutykularne, przetchlinki i aparaty szparkowe. Bardzo małe rozmiary aplikowanych nanocząsteczek umożliwiają im szybkie przemieszczanie się po całej roślinie. Najbardziej znane nanocząstki to tlenek żelaza, tlenek cynku, tlenek manganu oraz nanocząsteczki metali szlachetnych [Chan i Nie 1998, Mousavi i Rezaei 2011, Sokół 2012]. Udowodniono ich skuteczne działanie bakteriobójcze (szczególnie nanosrebra) i grzybobójcze (nanomiedzi).

Od kilku lat na polskim rynku znajdują się preparaty nawozowe firmy Vet-Agro z Lublina zawierające składniki wyprodukowane w nanotechnologii, które poprawiają jakość plonu i stymulują naturalną odporność roślin na patogeny [Robak 2016]. Preparat Complex PA powstał z połączenia dwóch nawozów: Viflo Cu-B (K – 2%, B – 1,8%, Cu – 4%, Mn – 0,5%, Zn – 1%) i Viflo Cal S (Ca – 6%, Ag – 25ppm). Viflo Cu-B jest płynnym, dolistnym nawozem przeznaczonym do likwidacji niedoborów miedzi, boru, cynku i manganu. Przeznaczony jest do nawożenia roślin w uprawach polowych, warzywnych i sadowniczych. Mikroskładniki występują w nim w postaci bardzo małych molekuł (nanocząsteczek) skompleksowanych kwasem glukonowym, co zapewnia bardzo szybkie pobieranie nawozu przez liście i pełną kompatybilność z metabolizmem nawożonych roślin. Viflo Cal S jest dolistnym nawozem wapniowym opartym również na nanotechnologii, przeznaczonym do poprawy zaopatrzenia w wapń drzew i krzewów owocowych oraz warzyw. Wapń w nawozie występuje w połączeniu z cząsteczkami nanosrebra, co zapewnia zdecydowanie szybsze jego pobieranie i przemieszczanie w roślinie. Nanocząsteczki powodują dodatkowo lepsze natlenienie komórek roślinnych, aktywizują procesy życiowe roślin, takie jak fotosynteza, oddychanie, pobieranie i transport w roślinie składników pokarmowych, oraz stymulują mechanizmy obronne roślin.

Jak podaje producent, nanokoloidalne roztwory wapnia, srebra, miedzi i mikroskładników są zawieszane w chitozanie – substancji organicznej, zaliczanej do polisacharydów, która jest pochodną chityny. Chitozan otrzymywany jest z muszli skorupiaków morskich. Cechują go bioaktywność, nietoksyczność i biodegradowalność. Obecnie jest szeroko stosowany w medycynie, weterynarii, kosmetyce, wspomaganie odchudzania, ochronie środowiska, ochronie roślin, czy szeroko pojętej biotechnologii. Wykazano, że chitozan działa statycznie, a nawet bójczo na komórki bakterii oraz grzybów pleśniowych i drożdżoidalnych. Dodatkowo naładowane grupy aminowe w cząsteczce chitozanu łączą się ze ścianą komórkową bakterii, powodując destrukcję membrany i niszczenie komórki. Chitozan może też wnikać do komórki bakterii, po czym hamuje działanie różnych enzymów, syntezę mRNA i protein [Robak 2016].

Celem pracy było określenie wpływu nawozów dolistnych zawierających mikroelementy w formie nanozwiązków na zdrowotność, wielkość i jakość plonu winorośli odmiany 'Marechal Foch'. Winorośl odmiany 'Marechal Foch' jest popularną odmianą przerobową uprawianą w polskich winnicach. Jest plenna i stosunkowo łatwa w uprawie, jednak na liściach tej odmiany od fazy veraison (przebarwiania się owoców) obserwuje się występowanie silnych nekroz o podłożu fizjologicznym, które bardzo szybko doprowadzają do zamierania części lub całych blaszek liściowych. Z praktyki wiadomo, że zjawisko to bardzo niekorzystnie odbija się na jakości owoców, w tym głównie na zawartości ekstraktu w winogronach.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w 2014 r. w Winnicy Nobilis na Wyżynie Sandomierskiej (50°39'N; 21°34'E) w południowo-wschodniej Polsce. W doświadczeniu porównywano wpływ 2 technologii ochrony winorośli na zdrowotność, wielkość i jakość plonu pięcioletnich krzewów winorośli odmiany 'Marechal Foch', które posadzono wiosną 2009 r. w rozstawie 2,0 × 1,0 m (5000 szt. · ha⁻¹) na glebie lessowej. Doświadczenie założono w układzie bloków losowych, obejmowało ono 2 kombinacje z 5 powtórzeniami. Powtórzeniami były poletka, z których na każdym rosło 5 roślin. Rośliny prowadzono w formie pojedynczego sznura Guyota z pnem o wysokości 0,4 m, jedną łozą o długości ok. 0,9 m oraz z jednym dwuoczkowym czopem. Latorośle wysokości ok. 1,4 m mocowano do drutów konstrukcji, szpaler winorośli miał wysokość 2,0 m.

W doświadczeniu były stosowane 2 programy ochrony:

1. Technologia konwencjonalna – krzewy opryskiwano standardowymi preparatami dopuszczonymi do ochrony winorośli:

- 17.05.2014 – Switch 62,5 WG, 1,2 kg · ha⁻¹, BBCH 15,
- 05.07.2014 – Topas 100 EC, 0,16 l · ha⁻¹, BBCH 29,
- 23.08.2014 – Switch 62,5 WG, 1,2 kg · ha⁻¹, BBCH 36–38.

2. PA – krzewy opryskiwano preparatem Complex PA w stężeniu 0,5%:

- 17.05.2014 – BBCH 15,
- 05.07.2014 – BBCH 29,
- 23.08.2014 – BBCH 36–38.

W badaniu oceniano wielkość i jakość plonu, analizując następujące parametry: liczbę i masę gron, wielkość plonu ogółem oraz zawartość ekstraktu ogółem. Zbiór owoców przeprowadzono 03.10.2014 r. Plon i liczbę gron na krzewie z każdego poletka określono, licząc i ważąc owoce z każdego krzewu z dokładnością do 0,001 kg. Zawartość ekstraktu w owocach zmierzono za pomocą refraktometru Abbego, którym badano sok wyciśnięty z 20 reprezentatywnych jagód z każdej rośliny.

Zdrowotność krzewów na podstawie wielkości przerośniętej grzybni na gronach i liściach oraz nekroz liściowych określono w wyniku oceny organoleptycznej gron oraz 2., 8. i 15. liścia na pędzie owocującym, tj. latorośli. W dniu zbioru owoców określono wielkość przerośniętej grzybni i nekroz w stosunku do powierzchni grona i liścia. Do oceny zastosowano następującą skalę: 0 – 0%, 1 – 0,1–25%, 2 – 25,1–50%, 3 – 50,1–75% i 4 – 75,1–100%. Określono średnią masę i powierzchnię wyżej wymienionych liści. Masę określono, ważąc po 5 liści bez ogonków z każdego powtórzenia. Pole powierzchni liści określono na podstawie proporcji masy liści i otworów wyciętych korkoborem o średnicy 2 cm, pomiar wykonano na 5 liściach z każdego powtórzenia.

Wyniki uzyskane w doświadczeniu analizowano statystycznie metodą jednoczynnikowej analizy wariancji. Wnioskowanie oparto na poziomie istotności $P < 0,05$.

WYNIKI

W tabeli 1 przedstawiono średnią temperaturę powietrza, sumę opadów oraz sumę aktywnych temperatur dla wartości równych lub większych od 10°C od 1 kwietnia do 31 października 2014 r. w porównaniu ze średnią wieloletnią z lat 1998–2008. Zaobserwo-

wano, że warunki pogodowe w roku badań sprzyjały produkcji winorośli. Średnia roczna temperatura powietrza nie różniła się od średniej wieloletniej. Roczna suma opadów była większa o 37 mm niż średnia wieloletnia. Zaobserwowano, że rozkład opadów był korzystny dla produkcji winogron, we wrześniu i październiku notowano znacznie mniejszą sumę opadów w porównaniu ze średnią wieloletnią. Suma aktywnych temperatur w rejonie Wyżyny Sandomierskiej w 2014 r. wyniosła 2832,24°C i była nieco niższa niż średnia wieloletnia.

Tabela 1. Średnie temperatury powietrza, suma opadów oraz suma aktywnych temperatur (SAT), według Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Stacja Hydrologiczno-Meteorologiczna w Sandomierzu w 2014 r.

Table 1. Mean air temperatures, total precipitation and sum of active temperatures (SAT) according to the Institute of Meteorology and Water Management. Meteorological Hydrological Station in Sandomierz, 2014

Miesiąc Month	Średnia temperatura powietrza Mean air temperature (°C)		Suma opadów Sum of precipitation (mm)		Suma aktywnych temperatur* Sum of active temperatures (°C)	
	2014	średnia dla lat 1988–2008 mean for 1988–2008	2014	średnia dla lat 1988–2008 mean for 1988–2008	2014	średnia dla lat 1988–2008 mean for 1988–2008
IV	10,12	8,8	40,6	45,7	196,74	193,14
V	13,37	14,2	143,4	57	365,9	419,96
VI	16,12	16,9	59	68,7	483,67	489,61
VII	19,88	19,1	60,8	82,4	636,15	610,34
VIII	17,34	18,4	73,6	58,7	537,4	579,55
IX	14,06	13,4	40,2	57	394,78	390,51
X	8,8	8,6	26,8	37,9	217,6	152,3
Średnia Mean	14,2	14,2	–	–	–	–
Suma Total	–	–	444,4	407,4	2832,24	2835,41

* Dla/For SAT $\geq 10^{\circ}\text{C}$

W trakcie jesiennych pomiarów zbiorów wykazano, że liczba gron na jednym krzewie, masa owoców z jednego krzewu, masa grona oraz plon w przeliczeniu na jednostkę powierzchni nie różniły się istotnie pomiędzy ocenianymi kombinacjami (tab. 2). Wykazano, że owoce, których krzewy opryskiwano preparatem Complex PA, charakteryzowały się istotnie większą zawartością ekstraktu niż chronione metodą konwencjonalną, różnice te wyniosły ponad 2,5°Bx, tj. 11,4%. W gronach roślin opryskiwanych preparatami standardowymi licznie występowały zielone i słabiej wykształcone jagody, które miały istotnie negatywny wpływ na zawartość ekstraktu w owocach ocenianych winorośli. Oba programy ochrony, zarówno tradycyjny, jak i ten z użyciem nano-technologii, skutecznie zapobiegły porażeniu gron i liści winorośli odmiany 'Marechal Foch' przez grzyby patogeniczne (tab. 3).

Ponadto na podstawie przeprowadzonych obserwacji stwierdzono, że niezależnie od lokalizacji liści na latorośli preparat oparty na nanocząsteczkach istotnie ograniczał sto-

pień występowania nekroz fizjologicznych w porównaniu z krzewami kontrolnymi. Stwierdzono, że niezależnie od kombinacji stopień porażenia zależał od miejsca lokalizacji liści na latorośli, liście najniżej położone uległy porażeniu w największym stopniu.

Tabela 2. Wpływ preparatu Complex PA na wielkość i jakość plonu winorośli odmiany 'Marechal Foch'

Table 2. Effect of Complex PA on size and quality of yield of grape 'Marechal Foch'

Kombinacja Combination	Liczba gron na krzewie Clusters per vine	Masa owoców z 1 krzewu Mass of fruits weight per 1 vine (kg)	Masa grona Cluster weight (g)	Plon z 1 ha Yield per 1 ha (t)	Zawartość ekstraktu Solids soluble content (°Bx)	Porażenie gron przez grzyby The infection of grapes by fungus (skala/ scale 0–4)**
K	39 a*	2,62 a	67,21 a	13,1 a	21,86 b	0,0
PA	38 a	2,56 a	67,29 a	12,8 a	24,40 a	0,0
P-value	0,4358	0,5289	0,3597	0,2978	0,0104	–

K – metoda konwencjonalna/ conventional method, PA – Complex PA

* Średnie oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie przy poziomie istotności $P = 0,05$ / Mean values marked with the same letters do not differ significantly at $P = 0,05$

** Skala oceny wzrostu grzybni:/ The grade scale by mycelium growth: 0 – 0%, 1 – 0,1–25%, 2 – 25,1–50%, 3 – 50,1–75%, 4 – 75,1–100%

Przeprowadzone pomiary wykazały, że w trakcie zbioru owoców liście najniżej położone na łozie u krzewów traktowanych PA miały o 43% większą masę i o 47% większą powierzchnię od liści z krzewów chronionych metodą konwencjonalną. Największe różnice wykazano w przypadku 8. liścia na latorośli, który znajdował się na wysokości 2. druta konstrukcji; u krzewów traktowanych PA miały one o 78% większą masę, a o 76% większą powierzchnię w porównaniu z liśćmi roślin chronionych metodą konwencjonalną. Podobne zależności wykazano w przypadku 15. liścia latorośli, występującego na wysokości 3. druta rusztowania, odpowiednio różnice te wynosiły 46 i 21%.

DYKUSJA

Nanotechnologia umożliwia wprowadzenie do upraw nowych, potencjalnie skutecznych pestycydów, regulatorów wzrostu i nawozów chemicznych. Nowoczesne technologie, takie jak nanotechnologia, mogą odgrywać istotną rolę w zwiększeniu produkcji oraz poprawie jakości żywności produkowanej przez rolników. Zastosowanie nanotechnologii w rolnictwie i przemyśle spożywczym może zrewolucjonizować sektor nowych narzędzi do wykrywania chorób, ukierunkowanego leczenia, zwiększania zdolności roślin do wchłaniania substancji odżywczych, zwalczania chorób, może również ograniczać presję na środowisko oraz skutecznie wspomóc systemy przetwarzania, przechowywania i pakowania [Mousavi i Rezaei 2011].

Tabela 3. Wpływ preparatu Complex PA na stopień porażenia przez grzyby patogeniczne i nekrozy oraz wielkość i jakość liści winorośli odmiany 'Marechal Foch' w zależności od miejsca lokalizacji na latorośli

Table 3. Effect of Complex PA on a degree of pathogenic fungus infection and necroses as well as size and quality of leaves of 'Marechal Foch' cultivar subject to location on shoot

Pozycja liści na latorośli Position of leaves on shoot	Kombinacja Combination	Porażenie liści The infection of leaf (skala/ grade scale 0–4)**		Masa liścia Leaf weight (g)	Indeks masy liścia Leaf weight index	Powierzchnia liścia Leaf area (cm ²)	Indeks powierzchni liścia Leaf area index
		przez grzyby by fungus	przez nekrozy by necrosis				
2./2nd	K	0,0	2,3 a*	2,80 b	100,0 b	139,10 b	100,0 b
	PA	0,0	0,9 b	4,02 a	143,4 a	204,90 a	147,30 a
8./8th	K	0,0	1,7 a	3,34 b	100,0 b	160,95 b	100,0 b
	PA	0,0	0,4 b	5,98 a	178,7 a	284,05 a	176,5 a
15./15th	K	0,0	0,9 a	5,62 b	100,0 b	266,95 b	100,0 b
	PA	0,0	0,2 b	8,25 a	146,7 a	323,73 a	121,3 a
P-value		–	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001

Objaśnienia – zob. tab. 2/ Explanations – see Tab. 2

Jony srebra wykazują działanie fotoaktywne, fotokatalizacyjne oraz aktywność przeciwgrzybiczną. Od wielu lat sporą uwagę w ochronie roślin poświęca się nanosrebru, które ma lepsze działanie przeciwbakteryjne niż jony Ag. Dodatkowo nanosrebro absorbuje i rozkłada etylen [Hu i Fu 2003].

W badaniach Badawy i Rabea [2009] zaobserwowano, że cząsteczkowy chitozan ogranicza wzrost *Botrytis cinerea* w testach *in vitro* i *in vivo*. Efekty przeciwgrzybicze zależały od stężenia i masy cząsteczkowej chitozanu. Stwierdzono, że chitozan silnie indukuje reakcje obronne owoców pomidora, najlepszą aktywnością biologiczną w warunkach *in vivo* charakteryzowały się cząsteczki o masie cząsteczkowej $0,5 \text{ g} \cdot 10^4 \text{ mol}^{-1}$, one także najlepiej indukowały kilka mechanizmów obronnych gospodarza. Sugerowano, że chitozan poprawia odporność owoców pomidora na szarą pleśń spowodowaną przez *B. cinerea* i jest obiecującym naturalnym związkiem, który częściowo może zastąpić syntetyczne fungicydy. W przeprowadzonym badaniu zdrowotność liści w kombinacji kontrolnej i po zastosowaniu preparatu Complex PA była taka sama, nie stwierdzono występowania grzybni patogenicznych. W niniejszym doświadczeniu wykazano pozytywny i skuteczny wpływ nawozów opartych na nanotechnologii na ograniczenie występowania nekroz fizjologicznych.

Obecnie chityna jest drugim, po celulozie, najczęściej występującym naturalnym biopolimerem, który ma wszechstronne zastosowanie w przemyśle rolno-spożywczym [Prashanth i Tharanathan 2007]. Wykazano ogromny potencjał chityny oraz jej pochodnej, chitozanu, jako naturalnych substancji biodegradowalnych, o działaniu przeciwdrobnoustrojowym. Liczne badania wykazały, że oba związki mogą hamować choroby pozbiorcze owoców poprzez bezpośrednie hamowanie kiełkowania zarodników grzybów oraz wzrostu grzybni patogenu, a także przez pośrednie indukowanie enzymów związanych z mechanizmami obronnymi. Mechanizmy działania chityny i chitozanu ograniczające występowanie chorób owoców po zbiorze nie są jeszcze w pełni wyjaśnione. Dlatego potrzebne są dalsze badania [Zhang i in. 2011].

Chitozan o małej masie cząsteczkowej znalazł zastosowanie do zwalczania chorób po zbiorze cytrusów [Chien i in. 2007]. Wyniki wskazują, że znacząco hamował gnicie owoców powodowane przez *Penicillium digitatum*, *Penicillium italicum*, *Botrydiploia lecanidion* i *Botrytis cinerea* po 14 dniach przechowywania w temperaturze 25°C. Stwierdzono zdecydowanie większą skuteczność chitozanu o małej masie cząsteczkowej niż o dużej masie cząsteczkowej. Zhang i in. [2011] wykazali, że powłoka na owocach wytworzona z chitozanu o małej masie cząsteczkowej korzystnie wpływa na jędrność, kwasowość, zawartość kwasu askorbinowego oraz wody w owocach cytrusowych po 56 dniach przechowywania w temperaturze 15°C. W niniejszym badaniu zaobserwowano korzystny wpływ nanotechnologii na jędrność: jagody kontrolne charakteryzowały się silnym pomarszczeniem w porównaniu z traktowanymi preparatem Complex PA. Wykazano istotnie pozytywny wpływ stosowania preparatu Complex PA na zawartość ekstraktu w winogronach ocenianej odmiany. W badaniach Meng i in. [2008] wykazano, że aplikacja chitozanu przed zbiorem i po zbiorze winogron deserowych pozytywnie wpływa na zmianę m.in. zawartości ekstraktu refraktometrycznego, kwasowości oraz na całkowitą zawartość związków fenolowych.

Chitozan, czyli poli-b-(1-4)-N-acetylo-D-glukozamina, pochodna chityny, jest naturalnym związkiem przeciwbakteryjnym, obecnie powszechnie stosowanym do ochrony owoców i warzyw przed szarą pleśnią w okresie przed- i pozbiorczym [Benhamou 1996,

Mlikota Gabler i Smilanick 2001, Romanazzi i in. 2002, Li i in. 2009]. W badaniach Rabea i in. [2003] i Tripathi i Dubey [2004] wykazano, że chitozan aplikowany w celu poprawy jakości owoców i warzyw, charakteryzuje się słabą toksycznością dla spożywających je ssaków i dużą skutecznością jako środek ochrony roślin. Oh i in. [1998] sugerują, że chitozan działa przeciwgrzybiczo oraz aktywuje reakcje odpornościowe. Zastosowanie nawozów wytwarzanych w nanotechnologii opartych na chitozanie pozwoliło uzyskać podobną eliminację grzybów patogenicznych jak po tradycyjnym nawożeniu oraz w większym stopniu ograniczyć występowanie nekroz niż po zastosowaniu preparatów standardowych.

W badaniach Romanazzi i in. [2002] stołowe winogrona, truskawki i czereśnie traktowane chitozaniem, a następnie zaszczerpione *B. cinerea* miały mniej objawów szarej pleśni niż owoce kontrolne.

WNIOSKI

1. Complex PA oparty na nanotechnologii nie miał istotnego wpływu na liczbę i masę gron z jednego krzewu oraz na plon w przeliczeniu na jednostkę powierzchni.

2. Owoce, których krzewy opryskiwano preparatem Complex PA, charakteryzowały się istotnie większą zawartością ekstraktu niż chronione metodą konwencjonalną, różnice te wyniosły ponad 2,5°Bx, tj. 11,4%.

3. Oba sposoby ochrony, zarówno tradycyjny, jak i ten z użyciem nanotechnologii, skutecznie zapobiegły porażeniu gron i liści winorośli odmiany 'Marechal Foch' przez grzyby patogeniczne.

4. Complex PA istotnie ograniczał występowanie nekroz fizjologicznych liści oraz miał istotny pozytywny wpływ na masę i powierzchnię liści krzewów badanej odmiany winorośli.

PIŚMIENNICTWO

- Badawy M.E.I., Rabea E.I., 2009. Potential of the biopolymer chitosan with different molecular weights to control postharvest gray mold of tomato fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 51 (1), 110–117.
- Benhamou N., 1996. Elicitor-induced plant defence pathways. *Trends Plant Sci.* 1, 233–240.
- Chan W.C., Nie S.M., 1998. Quantum dot bioconjugates for ultrasensitive nonisotopic detection. *Science* 281, 2016–2018.
- Chien P.J., Sheu F., Lin H.R., 2007. Coating citrus (*Murcott tangor*) fruit with low molecular weight chitosan increases postharvest quality and shelf life. *Food Chem.* 100, 1160–1164.
- Hu A.W., Fu Z.H., 2003. Nanotechnology and its application in packaging and packaging machinery. *Packag. Eng.* 24, 22–24.
- Li H., Feng L., Wang L., Sheng G., Xin Z., Zhao L., Xiao H., Zheng Y., Qihui H., 2009. Effect of nano-packing on preservation quality of Chinese jujube (*Ziziphus jujuba* Mill. var. *inermis* [Bunge] Rehd). *Food Chem.* 114, 547–552.
- Meng X., Li B., Liu J., Tian S., 2008. Physiological response and quality attributes of table grape fruits to chitosan preharvest spray and postharvest coating during storage. *Food Chem.* 106, 501–508.

- Mlikota Gabler F., Smilanick J.L., 2001. Postharvest control of table grape gray mold on detached berries with carbonate and bicarbonate salts and disinfectants. *Am. J. Enol. Viticult.* 52, 12–20.
- Mousavi S.R., Rezaei M., 2011. Nanotechnology in agriculture and food production. *J. Appl. Environ. Biol. Sci.* 1 (10), 414–419.
- Oh S.K., Cho D., Yu S.H., 1998. Development of integrated pest management techniques using biomass for organic farming. I. Suppression of late blight and fusarium wilt of tomato by chitosan involving both antifungal and plant activating activities. *Korean J. Plant Pathol.* 14, 278–285.
- Prashanth K.V.H., Tharanathan R.N., 2007. Chitin/chitosan: Modifications and their unlimited application potential – An overview. *Trends Food Sci. Technol.* 18, 117–131.
- Rabea E.I., Badawy M.E.T., Stevens C.V., Smaghe G., Steurbaut W., 2003. Chitosan as antimicrobial agent: applications and mode of action. *Biomacromolecules* 4, 1457–1465.
- Robak J., 2016. *Viflo a ochrona roślin warzywnych przed chorobami.* *Dor. Warz.* 1 (6), 14–16.
- Romanazzi G., Nigro F., Ippolito A., Di Venere D., Salerno M., 2002. Effects of pre- and postharvest chitosan treatments to control storage greymould of table grapes. *J. Food Sci.* 67, 1862–1867.
- Sokół J.L., 2012. Nanotechnologia w życiu człowieka. *Economy and Management* 1, 18–29.
- Tripathi P., Dubey N.K., 2004. Exploitation of natural products as an alternative strategy to control post-harvest fungal rotting of fruit and vegetables. *Postharvest Biol. Technol.* 32, 235–245.
- Yadollahi A., Arzani K., Khoshghalb H., 2010. The role of nanotechnology in horticultural crops postharvest management. *Proceedings of Southeast Asia Symposium on Quality and Safety of Fresh and Fresh-Cut Produce.* *Acta Hort.* 875, 49–56.
- Zhang H., Li R., Liu W., 2011. Effects of chitin and its derivative chitosan on postharvest decay of fruits: a review. *Int. J. Mol. Sci.* 12 (2), 917–934.

Summary. The objective of the study was to determine the effect of nanotechnology foliar fertilizer on the health, size and yield quality of ‘Marechal Foch’ grapevine cultivar. The studies were conducted in the Nobilis Vineyard, the Sandomierz Upland (50°39’N; 21°34’E). The application of the nanotechnology-based Complex PA did not have significant impact on the number and weight of clusters per vine or the yield per unit area. Fruits from the vines sprayed with Complex PA showed a significantly higher solids soluble content as compared to control, the differences reaching over 2,5°Bx, that is 11,4%. Irrespective of the technology used, the grapes and leaves of the ‘Marechal Foch’ cultivar were found free from fungal pathogen infections. The Complex PA has significantly limited the occurrence of physiologic leaf necrosis and significantly affected the weight and leaf surface area in the grapevines under study.

Key words: grapevine, nanotechnology, yield

Orzymano:/ Received: 1.02.2017
Zaakceptowano:/ Accepted: 30.07.2017