

## Possibilities of chitosan compositions used as seed dressing products

### Możliwości wykorzystania kompozycji biopolimerowych jako zapraw nasiennych

Leszek B. Orlikowski<sup>1</sup>, Antoni Niekraszewicz<sup>2</sup>, Maria Wiśniewska-Wrona<sup>2</sup>

#### Summary

Six biopolymer compositions containing chitosan and Biochikol 020 PC as the standard product, applied at concentrations of 1 and 2%, were used as 30 min seed dressing treatment of *Viola wittrockiana*, *Brassica oleracea* and *Impatiens walleriana*. All compositions stimulated the germination of seeds, and development of seedlings as well as increased seedling healthiness. The effectiveness of the tested compositions was related to their concentrations and plant species.

**Key words:** seeds, biopolymer compositions, healthiness, germination, development

#### Streszczenie

Sześć kompozycji biopolimerowych zawierających chitozan oraz Biochikol 020 PC (2% chitozanu) jako środek standardowy, użyto w stężeniach 1 i 2% do zaprawiania nasion: bratka, kapusty i niecierpka. Kompozycje biopolimerowe stymulowały kiełkowanie nasion, rozwój siewek oraz istotnie zwiększały ich zdrowotność. Skuteczność działania badanych kompozycji związana była z ich składem chemicznym, użytym stężeniem oraz gatunkiem rośliny.

**Słowa kluczowe:** nasiona, kompozycje biopolimerowe, zdrowotność, kiełkowanie, rozwój

<sup>1</sup> Instytut Ogrodnictwa  
Konstytucji 3 Maja 1/3, 96-100 Skierniewice  
leszek.orlikowski@inhort.pl

<sup>2</sup> Instytut Biopolimerów i Włókien Chemicznych  
Słódowskiej-Curie 19/27, 90-570 Łódź

## Wstęp / Introduction

Chitozan jest związkiem występującym w przyrodzie, w tym jako jeden ze składników ścian komórkowych wielu gatunków grzybów (Orlikowski i Skrzypczak 1997) oraz roślin (Hedwiger i Beckman 1980). Badania Lamb i wsp. (1989) oraz Lyon i wsp. (1995) wykazały, że chitozan jest elicitorem aktywującym odporność roślin na niektóre czynniki chorobotwórcze. Stwierdzono to między innymi w stosunku do niektórych form specjalnych *Fusarium oxysporum* (Orlikowski i Skrzypczak 1997). Badania Benhamou i Theriault (1992) wykazały, że chitozan indukuje odporność pomidorów na formę specjalną *radicis-lycopersici*, podczas gdy Orlikowski i Skrzypczak (1997) stwierdzili to w stosunku do f. sp. *dianthi* i f. sp. *tulipae*. Z kolei badania Wojdyły (2001) wskazują, że chitozan nie wpływał hamująco na rozwój czynników chorobotwórczych *in vitro*, natomiast użyty do opryskiwania silnie hamował rozwój mącznika prawdziwego i rzekomego róż.

Galaktoglukomannan (GGM), jako jeden ze składników kompozycji biopolimerowych, należy do polisacharydów i jest najbardziej rozpowszechnionym mannanem w przyrodzie. Drewno miękkie zawiera około 20–25% tego polisacharydu. Związki te należą do grupy perspektywicznych biopolimerów i istnieje możliwość ich szerszego wykorzystania w przemyśle i rolnictwie. Frakcje GGM izolowane z kozieradka i zacetylowany mannan z aloesu, wprowadzone w formie żelu na liście roślin, wykazały działanie antywirusowe i antybakteryjne (Ramesh i wsp. 2002; Leung i wsp. 2004). Polimery naturalne stanowią największe, dostępne dla człowieka, odtwarzalne źródło surowcowe. Ich właściwości, w szczególności biodegradowalność i nietoksyczne produkty degradacji, pozwalają na bezpieczne stosowanie wytworzonych na ich bazie kompozycji.

Celem badań było określenie przydatności 3 kompozycji biopolimerowych jako zapraw nasiennych z uwzględnieniem ich wpływu na kiełkowanie, zdrowotność i rozwój siewek.

## Materiały i metody / Materials and methods

Nasiona: w badaniach użyto nasiona bratka (*Viola wittrockiana*), kapusty (*Brassica oleracea*) i niecierpka (*Impatiens walleriana*).

Kompozycje biopolimerowe: w pracy wykorzystano kompozycje biopolimerowe zawierające modyfikowany chitozan i galaktoglukomannan (GGM). Chitozan zastosowano w postaci mleczanu ML/3 i w formie żelu ML/4. GGM wyodrębniano z drewna świerkowego w wyniku warzenia, a ekstrakt zateżono i suszono przez liofilizację. Do zaprawiania nasion użyto: ML/3/ G71 + 5% GGM, ML/4/ G71, ML/4/ G71 + 5% GGM oraz Biochikol 020 PC jako środek standardowy. Kompozycje i środek standardowy zastosowano w stężeniach 1 i 2% do moczenia nasion w ich roztworze przez 30 minut. Nasiona kontrolne moczone w wodzie destylowanej.

Kiełkowanie nasion: wyłożono je na szalki Petriego o średnicy 180 mm z 4 warstwami wilgotnej, sterylnej bibuły filtracyjnej. Szalki umieszczono w ciemności na 8–10 dni, w temperaturze 22–24°C.

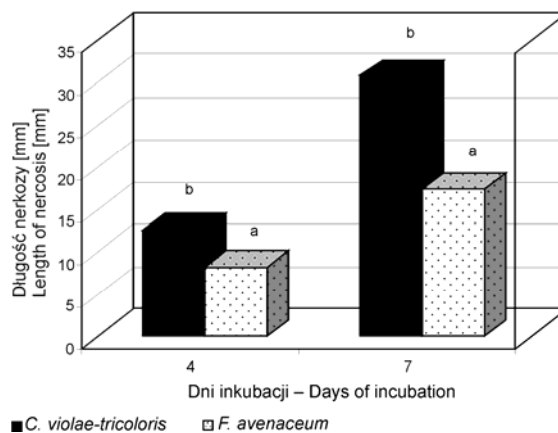
Obserwacje: po 8–10 dniach od wyłożenia na szalki liczono liczbę wykiełkowanych nasion i siewek z objawami zgnilizny korzeni i podstawy pędu oraz określano liczbę korzeni i ich długość.

Układ doświadczeń: założono je w układzie bloków kompletnie losowanych w 4 powtórzeniach po 50 nasion w każdej z szalek. Doświadczenia powtórzono 2-krotnie w odstępie 10 dni.

## Wyniki i dyskusja / Results and discussion

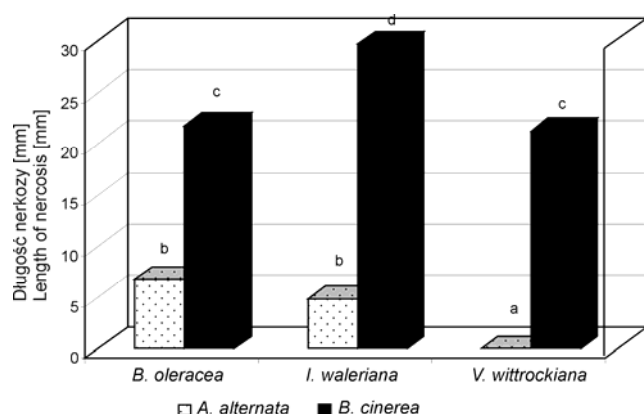
### Wpływ kompozycji biopolimerowych na zdrowotność i rozwój siewek bratka

W obu doświadczeniach użycie 6 kompozycji biopolimerowych do zaprawiania nasion bratka spowodowało istotnie lepsze ich kiełkowanie (tab. 1). W pierwszym doświadczeniu tylko kompozycje ML/3/ G71 + 5% GGM i ML/4M/ G71 + 5% GGM w stężeniu 1% nie miały wpływu na wzrost liczby wykiełkowanych nasion. W drugim doświadczeniu uzyskano lepsze kiełkowanie nasion, przy czym najlepszy efekt uzyskano zaprawiając je w środku Biochikol 020 PC (2% chitozanu) w stężeniach: 1 i 2%. Z testowanych kompozycji biopolimerowych najlepszymi okazały się ML/4M/G71 w obu stężeniach (tab. 1). Wszystkie zaprawy, niezależnie od użytego stężenia, powodowały istotne zmniejszenie liczby porażonych siewek w obu doświadczeniach. W drugim doświadczeniu w kombinacji traktowanej tylko wodą stwierdzono blisko połowę siewek wykazujących objawy zgnilizny korzeni rozszerzającej się na pęd. Z porażonych siewek izolowano *Colletotrichum violae-tricoloris* i *Fusarium avenaceum* (rys. 1). Oba gatunki okazały się chorobotwórcze dla siewek, przy czym pierwszy z nich kolonizował rośliny około 2-krotnie szybciej, jak *F. avenaceum* (rys. 1). W obu doświadczeniach badane kompozycje biopolimerowe nie miały istotnego wpływu na wzrost korzeni bratka (tab. 1). Z porażonych siewek



Wartości oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie (5%) według testu Duncana  
Values followed by the same letter do not differ significantly according to the Duncan's multiple range test

Rys. 1. Kolonizacja siewek bratków przez grzyby wyizolowane z roślin uzyskanych z zaprawianych nasion  
Fig. 1. Colonisation of pansy seedlings by fungi isolated from plants obtained from treated seeds



Wartości oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie (5%) według testu Duncana  
Values followed by the same letter do not differ significantly according to the Duncan's multiple range test

Rys. 2. Kolonizacja siewek bratków, kapusty i niecierpka przez grzyby wyizolowane z porażonych roślin kontrolnych po 7 dniach od inokulacji

Fig. 2. Colonisation of pansy, cabbage and impatiens seedlings by fungi isolated from diseased, control plants 7 days after inoculation

kontrolnych wyizolowano dodatkowo *Alternaria alternata* i *Botrytis cinerea*. Przeprowadzone badania wykazały, że są one chorobotwórcze dla bratków, w tym zwłaszcza *B. cinerea* (rys. 2).

### Wpływ kompozycji biopolimerowych na zdrowotność i rozwój siewek kapusty

W obu doświadczeniach uzyskano podobną liczbę siewek (tab. 2). Zaprawienie nasion ML/3/ G71 + 5% GGM w obu stężeniach oraz ML/4M/ G71 1% spowo-

dowało jednakże ich lepsze kiełkowanie (tab. 2). Środek standardowy w obu stężeniach nie powodował istotnie lepszego kiełkowania nasion kapusty (tab. 2). Zastosowanie niektórych z kompozycji biopolimerowych jako zapraw spowodowało w obu doświadczeniach zmniejszenie liczby porażonych siewek. W pierwszym z nich użycie ML/3/G71 + 5% GGM w obu stężeniach zabezpieczało całkowicie nasiona przed czynnikami chorobotwórczymi, tak jak środek standardowy w stężeniu 2% (tab. 2). W drugim doświadczeniu najlepszy efekt ochronny uzyskano stosując Biochikol 020 PC w stężeniu 2%, a istotne ograniczenie spowodowały kompozycje ML/3/G71 + 5% GGM 2%, ML/4M/G71 w obu stężeniach oraz z dodatkiem 5% GGM w stężeniu 2% (tab. 2). Z porażonych siewek wyizolowano *A. alternata* i *B. cinerea* (rys. 2). Pierwszy z gatunków powodował rozwój nekrozy na korzeniach około 1 mm na dobę, podczas gdy *B. cinerea* do 3 mm/dobę (rys. 2). Analiza rozwoju systemu korzeniowego wskazuje, że wzrost korzenia głównego siewek stymulował szczególnie Biochikol 020 PC w obu stężeniach, a z kompozycji biopolimerowych ML/3/G71 + 5% GGM 2% w pierwszym doświadczeniu i ML/4M/G71 + 5% GGM w obu stężeniach w drugim doświadczeniu (tab. 2). Pozytywny wpływ kompozycji biopolimerowych na rozwój korzeni bocznych kapusty widoczny był w drugim doświadczeniu. Istotnie najszybszy ich wzrost stwierdzono, gdy do zaprawiania nasion użyto ML/3/G71 + 5% GGM i ML/4M/G71 + 5% GGM w obu stężeniach, także ML/4M/G71 w stężeniu 2% (tab. 2).

### Wpływ kompozycji biopolimerowych na zdrowotność i rozwój siewek niecierpka

Zaprawianie nasion niecierpka badanymi kompozycjami biopolimerowymi spowodowało istotny i bardzo

Tabela 1. Wpływ różnych stężeń kompozycji biopolimerowych na kiełkowanie nasion, rozwój siewek bratka (*V. wittrockiana*) odmiany Alpanseer (I) i mieszaniny (II) na ich zdrowotność po 10 dniach od wysiewu w 2 doświadczeniach

Table 1. Influence of different concentrations of biopolymer compositions on germination of pansy seeds cultivar Alpanseer (I) and its mixture (II), development of seedlings and their healthiness 10 days after sowing in 2 trials

| Kombinacje<br>Treatments | Stężenie<br>Concentration<br>[%] | Liczba<br>wykiełkowanych nasion<br>Number<br>of germinated seeds<br>(n = 50) |          | Liczba porażonych<br>siewek<br>Number of diseased<br>seedlings<br>(n = 50) |         | Długość korzeni<br>Length of roots<br>[mm] |         |
|--------------------------|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|----------|----------------------------------------------------------------------------|---------|--------------------------------------------|---------|
|                          |                                  | I                                                                            | II       | I                                                                          | II      | I                                          | II      |
| 1. Kontrola – Untreated  | –                                | 10,0 a                                                                       | 18,3 a   | 3,8 b                                                                      | 8,0 d   | 4,4 a                                      | 5,7 a   |
| 2. ML/3/ G71 + 5% GGM    | 1,0                              | 13,8 ab                                                                      | 23,0 bc  | 0 a                                                                        | 2,0 ab  | 5,8 a                                      | 6,4 a–c |
| 3. ML/3/ G71 + 5% GGM    | 2,0                              | 15,5 b                                                                       | 21,0 ab  | 1,5 a                                                                      | 1,5 a   | 5,4 a                                      | 6,1 a–c |
| 4. ML/4M/ G71            | 1,0                              | 15,0 b                                                                       | 24,8 b–d | 1,3 a                                                                      | 3,0 a–c | 5,4 a                                      | 6,0 ab  |
| 5. ML/4M/ G71            | 2,0                              | 15,5 b                                                                       | 26,5 cd  | 0,8 a                                                                      | 1,3 a   | 5,7 a                                      | 7,0 a–c |
| 6. ML/4M/ G71 + 5% GGM   | 1,0                              | 14,3 ab                                                                      | 21,0 ab  | 1,0 a                                                                      | 3,8 bc  | 5,0 a                                      | 6,3 a–c |
| 7. ML/4M/ G71 + 5% GGM   | 2,0                              | 16,5 b                                                                       | 23,0 bc  | 1,5 a                                                                      | 1,5 a   | 6,0 a                                      | 7,4 c   |
| 8. Biochikol 020 PC      | 1,0                              | 18,0 b                                                                       | 29,3 d   | 1,8 a                                                                      | 4,3 c   | 5,6 a                                      | 7,0 a–c |
| 9. Biochikol 020 PC      | 2,0                              | 14,3 ab                                                                      | 27,8 d   | 1,5 a                                                                      | 2,8 a–c | 5,3 a                                      | 7,3 bc  |

Średnie oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie (5%) według testu Duncana

Means followed by the same letter do not differ significantly according to the Duncan's multiple range test

Tabela 2. Wpływ różnych stężeń kompozycji biopolimerowych na kiełkowanie i rozwój siewek kapusty odmiany Kamienna Głowa po 10 dniach od wysiewu w 2 doświadczeniach

Table 2. Influence of different concentrations of biopolymer compositions on cabbage cultivar Kamienna Głowa seed germination, development of seedlings and their healthiness 10 days after sowing in 2 trials

| Kombinacje<br>Treatments | Stężenie<br>Concentration<br>[%] | Liczba wykiełkowanych<br>nasion<br>Number of germinated seeds<br>(n = 50) |          | Długość korzenia<br>głównego<br>Length of main root<br>[mm] |          | Liczba bocznych korzeni<br>Number of lateral roots |         |
|--------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|----------|-------------------------------------------------------------|----------|----------------------------------------------------|---------|
|                          |                                  | I                                                                         | II       | I                                                           | II       | I                                                  | II      |
| 1. Kontrola – Untreated  |                                  | 36,0 ab                                                                   | 37,5 a   | 22,1 ab                                                     | 27,3 ab  | 3,1 ab                                             | 12,0 a  |
| 2. ML/3/ G71 + 5% GGM    | 1,0                              | 40,5 c                                                                    | 42,8 bc  | 19,9 a                                                      | 24,5 a   | 3,0 ab                                             | 20,8 d  |
| 3. ML/3/ G71 + 5% GGM    | 2,0                              | 42,8 c                                                                    | 43,3 c   | 30,5 cd                                                     | 28,5 a–c | 2,6 ab                                             | 16,5 bc |
| 4. ML/4M/ G71            | 1,0                              | 41,3 c                                                                    | 41,0 a–c | 23,9 a–c                                                    | 26,5 ab  | 2,8 ab                                             | 13,8 ab |
| 5. ML/4M/ G71            | 2,0                              | 35,0 a                                                                    | 42,0 a–c | 29,1 b–d                                                    | 30,3 bc  | 2,5 a                                              | 18,3 cd |
| 6. ML/4M/ G71 + 5% GGM   | 1,0                              | 38,3 a–c                                                                  | 40,5 a–c | 19,1 a                                                      | 32,0 c   | 2,5 a                                              | 20,3 d  |
| 7. ML/4M/ G71 + 5% GGM   | 2,0                              | 40,3 bc                                                                   | 40,8 a–c | 23,3 a–c                                                    | 37,0 d   | 3,4 b                                              | 20,0 d  |
| 8. Biochikol 020 PC      | 1,0                              | 35,0 a                                                                    | 38,3 ab  | 34,5 d                                                      | 36,5 d   | 2,9 ab                                             | 14,0 ab |
| 9. Biochikol 020 PC      | 2,0                              | 39,8 a                                                                    | 40,5 a–c | 34,0 d                                                      | 40,8 d   | 2,9 ab                                             | 21,3 d  |

Średnie oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie (5%) według testu Duncana

Means followed by the same letter do not differ significantly according to the Duncan's multiple range test

Tabela 3. Wpływ kompozycji biopolimerowych i ich stężeń na kiełkowanie nasion, rozwój i zdrowotność siewek niecierpka odmiany Waleriana po 10 dniach od wysiewu w 2 doświadczeniach

Table 3. Influence of biopolymer compositions and their concentrations on germination of seeds, development and healthiness of *Impatiens walleriana* 10 days after sowing in 2 trials

| Kombinacje<br>Treatments | Stężenie<br>Concentration<br>[%] | Liczba wykiełkowanych<br>nasion<br>Number of germinated seeds<br>(n = 50) |        | Liczba porażonych siewek<br>Number of diseased seedlings<br>(n = 50) |       | Długość korzeni<br>Length of roots<br>[mm] |        |
|--------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|--------|----------------------------------------------------------------------|-------|--------------------------------------------|--------|
|                          |                                  | I                                                                         | II     | I                                                                    | II    | I                                          | II     |
| 1. Kontrola – Untreated  |                                  | 18,5 a                                                                    | 26,5 a | 2,5 b                                                                | 6,1 b | 4,6 a                                      | 4,9 a  |
| 2. ML/3/ G71 + 5% GGM    | 1,0                              | 28,5 b                                                                    | 34,5 b | 0 a                                                                  | 1,3 a | 6,5 a–c                                    | 7,1 cd |
| 3. ML/3/ G71 + 5% GGM    | 2,0                              | 13,5 a                                                                    | 33,3 b | 0 a                                                                  | 1,5 a | 5,4 ab                                     | 7,2 de |
| 4. ML/4M/ G71            | 1,0                              | 37,8 c                                                                    | 41,0 c | 0 a                                                                  | 2,2 a | 8,4 d                                      | 7,4 de |
| 5. ML/4M/ G71            | 2,0                              | 40,5 c                                                                    | 44,0 c | 0 a                                                                  | 1,5 a | 7,6 cd                                     | 7,9 e  |
| 6. ML/4M/ G71 + 5% GGM   | 1,0                              | 37,0 bc                                                                   | 42,8 c | 0 a                                                                  | 2,2 a | 6,9 b–d                                    | 7,9 e  |
| 7. ML/4M/ G71 + 5% GGM   | 2,0                              | 37,0 bc                                                                   | 35,3 b | 0 a                                                                  | 1,7 a | 6,1 a–c                                    | 7,5 de |
| 8. Biochikol 020 PC      | 1,0                              | 16,0 a                                                                    | 33,5 b | 2,0 b                                                                | 2,0 a | 4,4 a                                      | 5,9 b  |
| 9. Biochikol 020 PC      | 2,0                              | 13,3 a                                                                    | 36,3 b | 1,8 b                                                                | 1,3 a | 5,4 ab                                     | 6,5 c  |

Średnie oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie (5%) według testu Duncana

Means followed by the same letter do not differ significantly according to the Duncan's multiple range test

znaczny wzrost liczby uzyskanych siewek w obu doświadczeniach (tab. 3). Zastosowanie formulacji ML/4M/G71 oraz tej kompozycji z dodatkiem 5% GGM spowodowało istotnie najlepsze kiełkowanie nasion. Takiego działania nie stwierdzono w przypadku użycia do zaprawiania nasion środka Biochikol 020 PC w obu stężeniach w pierwszym doświadczeniu, natomiast w drugim uzyskano istotnie więcej siewek aniżeli w kombinacji kontrolnej (tab. 3). W obu doświadczeniach wszystkie testowane kompozycje biopolimerowe spowodowały podniesienie zdrowotności uzyskanych siewek niecierpka. W pierw-

szym doświadczeniu tylko z siewek kontrolnych z objawami zgnilizny korzeni i pędu izolowano *A. alternata* i *B. cinerea*, natomiast w drugim doświadczeniu grzyby te występowały co najmniej 3-krotnie rzadziej aniżeli na roślinach uzyskanych z niezaprawianych nasion (tab. 3). Testy chorobotwórczości wykazały, że oba gatunki powodowały nekrozę siewek niecierpka, ale zgnilizna rozwijała się 6-krotnie szybciej, gdy zainokulowano je *B. cinerea* (rys. 2).

W doświadczeniu drugim wszystkie badane kompozycje biopolimerowe, a w pierwszym z nich większość

z nich, powodowały istotnie szybszy wzrost korzeni niecierpka. Efekt ten był znacznie lepszy aniżeli przy zastosowaniu do zaprawiania środka standardowego (tab. 3).

Uzyskane wyniki badań wskazują na zróżnicowaną reakcję badanych gatunków roślin na kompozycje biopolimerowe użyte do zaprawiania nasion. Pozytywny wpływ tych kompozycji uwidocznił się zwłaszcza na siewkach niecierpka odmiany Waleriana, gdzie obok 100% ochrony nasion przed patogenami przez wszystkie z nich (pierwsze doświadczenie) uzyskano istotnie lepsze ich kiełkowanie oraz wzrost korzeni. W przypadku nasion bratka przy zastosowaniu tych kompozycji uzyskano, co najmniej 2-krotne zmniejszenie liczby porażonych siewek szczególnie przez *C. violae-tricoloris* i *F. avenaceum*. Oba patogeny w drugim doświadczeniu zasiedlały około 1/6 nasion tej rośliny. Na podstawie przeprowadzonych badań trudno określić jaki był mechanizm działania testowanych kompozycji na grzyby chorobotwórcze dla 3 gatunków roślin. Znany jest stymulujący wpływ chitozanu na rozwój cebulowych roślin ozdobnych oraz goździków, a także ograniczenie występowania zgnilizny tkanek czy choroby naczyniowej (Orlikowski i Skrzypczak 1997; Orlikowski i wsp. 1997, 1999). Badania Benhamou i Theriault (1992) wskazują, że jest to związane z indukcją odporności roślin przez chitozan, a proces ten następuje w pomidorach, w obecności tego związku i *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*. Autorzy wykazali również indukcję odporności pomidorów na *Phytophthora nicotianae*. Wskazuje to, że indukcja odporności roślin przez chitozan dotyczy nie tylko określonego patogenu, ale ich grupy,

włączając w to grzyby powodujące choroby części nadziemnych (Wojdyla i Orlikowski 1997; Wojdyla 2001). Jest prawdopodobne, że zaprawianie nasion w kompozycjach biopolimerowych zawierających chitozan i ograniczenie występowania patogenów na siewkach spowodowane zostało poprzez wzrost ich odporności na 4 stwierdzone patogeny. Uzyskane dane wskazują na potrzebę dalszych poszukiwań nowych związków opartych na chitozanie w związku z pilną potrzebą uzupełnienia asortymentu środków ochrony o nowe preparaty biotechniczne.

## Wnioski / Conclusions

1. Uzyskane dane z zaprawianiem nasion testowanymi kompozycjami biopolimerowymi wskazują na zróżnicowaną reakcję testowanych gatunków roślin na te związki.
2. Najlepszy efekt ochronny przy zastosowaniu do zaprawiania kompozycji biopolimerowych uzyskano na siewkach niecierpka.
3. Kompozycje biopolimerowe obok hamowania rozwoju czynników chorobotwórczych, przenoszonych przez nasiona, są również stymulatorami rozwoju siewek.

Praca zrealizowana w ramach projektu badawczego własnego nr N N310 102136 finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

## Literatura / References

- Benhamou N., Theriault G. 1992. Treatment with chitosan enhances resistance of tomato plants to the crown and root rot pathogen *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*. *Physiol. Molec. Pathol.* 41: 33–52.
- Hedwiger L.A., Beckman J.M. 1980. Chitosan as a component of pea *Fusarium solani* interactions. *Plant Physiol.* 66: 205–211.
- Lamb C.J., Lawton M.A., Dron M., Dixon R.A. 1989. Signal and transduction mechanisms for activation of plant defences against microbial attack. *Cell* 56: 215–224.
- Lyon G.D., Reglinski T., Newton A.C. 1995. Novel diseases control compounds: the potential to immunize plants against infection. *Plant Pathol.* 44: 407–427.
- Leung Liu C., Zhu L.F., Hui Y.Z., Yu B., Fung K.P. 2004. Chemical and biological characterization of polysaccharide biological response modifier from *Aloa vera* L. var. *chinensis* (Haw.) Berg. *Glycobiology* 14: 501–510.
- Orlikowski L.B., Skrzypczak C. 1997. Chitosan in the control of some soilborne pathogens. *Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent* 62/3b: 1049–1053.
- Orlikowski L.B., Skrzypczak C., Wojdyla A. 1999. Biological activity of plant extract and chitosan toward soilborne pathogens. *Botanica Lithuanica* 3: 47–53.
- Ramesh H.P., Yamaki K., Tsushida T. 2002. Effect of fenugreek (*trigonella foenum-graecum*) galactomannan fractions on phagocytosis in rat macrophages and on proliferation and Ig M secretion in HB4C5 cells. *Carbohydrate Polymers* 50: 79–83.
- Wojdyla A.T. 2001. Chitosan in the control of rose diseases - 6 year-trials. *Bull. Pol. Acad. Sci., Biol. Sci* 49: 243–252.
- Wojdyla A.T., Orlikowski L.B. 1997. Chitozan w zwalczaniu grzybów doglebowych i nalistnych. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin* 37 (1): 300–305.