

## 올리고키토산에 의한 토마토 역병과 감자 역병의 방제

최용호 · 최경자 · 김병섭<sup>1</sup> · 장경수 · 윤미영 · 박명수 · 김진철\*

한국화학연구원 그린화학연구본부 산업바이오화학연구센터, <sup>1</sup>강릉대학교 식물생명과학과

### Control of Late Blight of Tomato and Potato by Oligochitosan

Yong Ho Choi, Gyung Ja Choi, Byung Sup Kim<sup>1</sup>, Kyoung Soo Jang, Mi Young Yoon, Myoung Soo Park and Jin-Cheol Kim\*

Chemical Biotechnology Research Center, Green Chemistry Division, Korea Research Institute of Chemical Technology, Daejeon 305-600, Korea

<sup>1</sup>Department of Applied Plant Science, Kangnung National University, Gangneung 210-702, Korea

(Received on June 9, 2011; Revised on June 30, 2011; Accepted on June 30, 2011)

Chitosan is a linear polysaccharide composed of randomly distributed β-(1-4)-linked D-glucosamine and N-acetyl-D-glucosamine. There have been many reports on the induced systemic resistance and *in vivo* antifungal activities of higher molecular weight chitosans with molecular weights over 3,000 amu (atomic mass unit), but there are few papers on *in vivo* antifungal activities of low molecular weight chitosans (oligochitosans) with molecular weights less than 3,000 amu. In our study, an oligochitosan sample (320–3,000 amu) showed a potent 1-day protective activity with control values more than 94% at concentrations of 500 and 1,000 μg/ml especially against tomato late blight caused by *Phytophthora infestans* under growth chamber conditions. It also displayed a moderate 1-day protective activity with control values of 67–89% at concentrations of 500 and 1,000 μg/ml against wheat leaf rust and red pepper anthracnose. On the other hand, it showed a 16-hr curative activity against red pepper anthracnose, but not against tomato late blight and wheat leaf rust. In field experiments, oligochitosan effectively suppressed the development of late blight on potato and tomato plants with control values of 72% and 48%, respectively. The results strongly indicate that oligochitosan can be used as an eco-friendly organic material for the control of late blight on tomato and potato plants.

**Keywords :** Control, Oligochitosan, Organic material, *Phytophthora infestans*, Tomato late blight

## 서론

*Phytophthora* 속에는 약 100여종이 속해 있으며, 경제적으로 중요한 다양한 종류의 식물병을 일으킨다. *P. infestans*는 가장 널리 알려진 *Phytophthora* 속의 종이며, 토마토 (*Solanum lycopersicum* Mill.)와 감자(*S. tuberosum* L.)에 역병을 유발한다. 토양전염성인 뿌리썩음병을 유발하는 다른 *Phytophthora* 속의 종들과는 달리 *P. infestans*는 잎과 줄기를 통해 침투하여 식물체를 죽이거나 토마토 과일 또

는 감자 괴경을 썩게 하기 때문에 두 작물의 재배에 있어 가장 문제시되는 식물병이다(Giddings와 Berg, 1919). *P. infestans*에 의한 감자 역병은 1845–1849년에 아일랜드 감자 기근(Irish Potato Famine)을 일으켰고, 이로 인하여 백만명 이상의 사람이 죽었으며, 2백만명 이상의 주민이 이민을 갈 수 밖에 없었다.

이 식물병을 방제하기 위하여 metalaxyl 등의 다양한 합성살균제를 사용하기도 하나(Fry와 Goodwin, 1997; Gavino 등, 2000; Gisi와 Cohen, 1996), 이들 합성살균제의 지속적인 사용은 저항성 문제 및 잔류독성, 환경오염 등의 문제를 일으켰다(Davidse 등, 1981; Dawley와 O'Sullivan, 1981; Deahl 등, 1993; Goodwin 등, 1996). 또한 국민소득이 증가하고 건강에 대한 관심이 증가하면서 유기농산

\*Corresponding author

Phone) +82-42-860-7436, Fax) +82-42-861-4913

Email) kjinc@kriict.re.kr

물 등 친환경농산물에 대한 소비가 급속도로 증가하고 있다.

생물학적 방제는 다양한 식물병을 방제하는데 있어 합성농약을 대체할 수 있는 방법으로 인식되고 있으며(Chet와 Inbar, 1994; Folman 등, 2004), 다양한 길항미생물과 천연유래 무독성물질이 생물농약의 소재로서 이용되고 있다. 가장 널리 사용되고 있는 천연소재 중의 하나가 키토산(chitosan)이며, 이의 원료인 키틴은 게, 새우, 곤충 등의 갑각류와 진균류 등에 존재하는 고분자 물질이다. 키틴의 분자구조 내에 있는 아세틸기를 떼어내면 키토산이 되는데, 100% 떼어내는 것이 매우 어려우므로 키토산은 단량체 단위의 65% 내지 100%의 D-glucosamine과 N-acetyl-D-glucosamine의 중합체로서 정의될 수 있다. 키토산의 제조 기술과 수용화 기술이 발전하면서 키토산의 이용범위가 점차 확대되어 현재는 거의 모든 산업 분야에서 키토산 관련 물질을 사용하고 있다. 건강보조 식품을 필두로 농업, 축산업, 섬유, 환경 등 다양한 분야에서 사용되고 있다. 건강식품의 경우 면역증강작용, 콜레스테롤 개선작용, 항균작용 등의 다양한 생리활성 작용이 있는 것으로 알려져 있다. 농업분야에 있어서는 각종 식물의 생육 촉진 활성뿐만 아니라 종자 피복 처리 시 발아 및 발근 촉진활성도 보고되어 있다.

식물병의 방제와 관련해서는 키토산이 종자 처리된 경우 발아 식물의 생화학적 특성에 큰 변화가 생긴다는 것이 많이 알려져 있다. 이러한 변화에는 phytoalexin의 증가, callose의 생성 증가 및 lignin의 생성 증가, chitinase와 glucanase 효소 활성 증가 등 식물의 유도저항성과 관련한 생화학적 변화들이 알려져 있다(Cote 등, 2000). 이러한 식물의 저항성 유도 작용 외에도 키토산은 여러 식물병원균들에 대하여 직접적으로 살균활성이 있는 것으로 보고되었다(Enstar 등, 2003). 식물병원균에 대한 활성에 대해서는 키토산의 분자량, 용액에서의 pH, 탈아세틸화 정도 및 기주 식물체에 따라 활성에 매우 큰 차이가 있는 것으로 알려져 있다. Liu 등(2001)은 키토산이 *Botrytis cinerea*, *Fusarium oxysporum* 및 *Magnaporthe oryzae* 등에 대하여 최저균사생육저해농도가 각각 10 µg/ml, 100 µg/ml 및 10 µg/ml이라고 하였으며, *Rhizoctonia solani*에 대해서는 1,000 µg/ml이라고 보고하였다. Ito 등(1993)은 분자량이 10,000내지 50,000의 키토산과 아세트산이 채소 무름병, 잔디의 갈색피집병과 갈색마름병, 세균성벼알마름병 등의 식물병에 효과가 있다고 보고하였다. 또한 키토산은 딸기 역병, 수확 후 딸기 잿빛곰팡이병과 *Rhizopus* sp.에 의한 무름병 및 옥수수과 땅콩에서의 *Aspergillus flavus* 균사생장 억제 및 아플라톡신 생산을 저해한다고 보고되었다(Bengamou 등, 1992; Bhaskara 등, 1999;

Eikemo 등, 2003; El Ghaouth 등, 1992; Reddy 등, 2000; Romanazzi 등, 2000).

Haseo 등(2003)은 분자량이 다른 2종, 즉 3,000내지 60,000의 분자량을 가진 키토산과 35,000내지 90,000의 분자량을 가진 키토산을 함께 처리할 경우 식물병원균에 대한 항균성 범위가 넓어지고 또한 내병성 및 성장의 충분한 개선효과가 있다고 하였다. 이들의 조성물에는 키토산 외에 락트산 및 숙신산 등의 유기산, 유기염, 디메틸설파사이드, 알콜 및 계면활성제 등을 포함하고 있다. 이렇게 제조한 조성물들은 오이 잿빛곰팡이병과 벼 도열병에 방제효과가 있을 뿐만 아니라 감자의 생산량 증대 효과도 있다고 보고하였다.

키토산의 분해나 가수분해에 의해 얻어지는 올리고키토산(Oligochitosan)은 물에 잘 용해될 뿐만 아니라 다양한 식물방어반응을 유발하는데 키토산보다 우수한 것으로 알려져 있다(Lin 등, 2005). Xu 등(2007)은 글루코사민의 중합도가 3-9인 올리고키토산의 다양한 식물병원균에 대한 균사생육저해활성을 보고하였다. 고추 역병균인 *P. capsici*를 제외한 *Alternaria solani*, *B. cinerea* 등의 식물병원균에 대하여 50% 균사생육저해농도가 580 µg/ml 이상인데 비하여 고추 역병균에 대한 50% 저해농도는 100 µg/ml으로서 고추 역병균에 대해 특히 활성이 크다고 보고하였다. 또한 저자들은 *P. capsici*의 균사생육저해 활성이 키토산 보다 올리고키토산이 더 강하다고 하였다. 한편, 장(2009)은 올리고키토산과 키토산의 혼합제제를 토마토에 처리하였을 때 작물의 성장을 촉진할 뿐만 아니라 *Fulvia fulva*에 의한 잎곰팡이병을 방제할 수 있다고 보고하였다.

본 연구실에서는 glucosamine의 중합도가 2-15인 분자량이 320-3,000인 올리고키토산의 7가지 식물병에 대한 방제효과를 조사한 후, 가장 효과가 우수한 것으로 나타난 토마토 역병과 감자 역병에 대하여 포장실험을 수행하였다. 올리고키토산의 토마토 및 감자 역병 방제를 위한 친환경유기농자재로서 개발 가능성을 타진하였다.

## 재료 및 방법

**병원균.** 벼 도열병균인 *M. oryzae*와 벼 잎집무늬마름병균인 *R. solani*, 토마토 잿빛곰팡이병균인 *B. cinerea*, 보리 흰가루병인 *Blumeria graminis* f. sp. *hordei*는 한국화학연구원 연구실에서 직접 발병된 식물 조직에서 분리하였다. 토마토 역병균인 *P. infestans*는 강릉대학교 김병섭 교수 연구실, 밀 붉은녹병균인 *Puccinia recondita*는 인천대학교 이태수 교수 연구실, 그리고 고추 탄저병균인

*Colletotrichum coccodes*는 고려대학교 황병국 교수 연구실에서 분양을 받았다. 7가지 식물병원균 중 절대기생균인 *P. recondita*와 *B. graminis* f. sp. *hordei*는 1주 간격으로 기주를 이용하여 계대배양하면서 획득한 포자를 이용하여 접종원으로 이용하였다. 다른 5가지 병원균은 배지에 배양하면서 포자 및 균체를 획득하여 접종원으로 이용하였다(Cho 등, 2006; Kim 등, 2001). 이들 5가지 병원균의 경우 병원성을 유지하기 위하여 한 달에 1회씩 각각의 기주에 접종한 후 재분리한 균주를 이용하였다.

**올리고키토산의 7가지 식물병에 대한 예방효과.** (주)미래바이오텍에서 구입한 잣산염 올리고키토산(총글루코사민의 함량=62%)의 벼 도열병, 벼 잎집무늬마름병, 토마토 잿빛곰팡이병, 토마토 역병, 밀 붉은녹병, 보리 흰가루병 및 고추 탄저병에 대한 접종 1일전 예방효과를 조사하였다(Cho 등, 2006; Kim 등, 2001). 키토산 올리고당을 250 µg/ml Tween 20 용액으로 용해하여 최종 농도가 1,000 µg/ml과 500 µg/ml이 되도록 준비하였다. 무처리 대조구로는 250 µg/ml 수준으로 Tween 250이 함유된 증류수를 사용하였다. 올리고키토산 시료와 무처리 대조구 시료를 식물체 유묘에 분무살포한 후 상온에서 24시간 동안 건조시켰다. 약제가 처리된 1일 후 각각의 식물체에 병원균을 접종한 후 발병을 유도한 다음 발병도를 조사하였다. 각각의 처리당 3반복으로 하였고, 무처리구의 병반면적율과 비교하여 방제가를 구하였다.

또한, 접종 1일전 예방효과가 우수했던 고추 탄저병과 토마토 역병 및 밀 붉은녹병에 대하여 약제의 약효지속성을 조사하기 위하여 접종 3일전 예방효과를 조사하였으며, 물질 처리시간을 제외한 모든 방법은 접종 1일전 예방효과와 동일한 방법으로 수행하였다.

**올리고키토산의 3가지 식물병에 대한 치료효과.** 예방효과도 중요하지만 치료효과도 약효를 발휘하는데 매우 중요하다. 따라서 예방효과에서 우수한 활성을 보이는 고추 탄저병과 토마토 역병 및 밀 붉은녹병에 대한 올리고키토산의 치료효과를 조사하였다. 각각의 병원균을 예방효과와 같은 방법으로 접종한 다음 16시간 후에 약제를 500 µg/ml과 1,000 µg/ml 수준으로 처리하였다.

**포장에서의 감자 역병 및 토마토 역병에 대한 방제효과.** 올리고키토산의 포장에서의 약효시험을 위하여 제형을 실시하였다. 올리고키토산 33.3 g과 Tween 20 12.5 g을 물 54.2 g에 혼합하여 ai(활성성분; active ingredient) 20%인 액제를 제조하였다. 포장에서 감자 역병에 대한 올리고키토산 액제의 약효를 조사하기 위하여 2008년에 강릉대학교 식양토 시험포장에 수미 품종의 감자를 5월 15일에 파종한 후 관행방법으로 재배하였다. 발병초인

6월 26일부터 1주일 간격으로 4회 약제를 지상부를 충분히 적실만큼 분무살포한 다음 7일 후에 각각의 실험구에서 30주의 발병도를 조사하였다. 올리고키토산 액제는 500배 희석하여 처리하였고, 처리구당 면적은 20 m<sup>2</sup>였으며, 3반복 난괴법으로 실험을 수행하였다. 대조약제로는 합성살균제인 포름 수화제(dimethomorph, 25% ai; 영일케미컬)를 2,000배를 대조구로 하여, 무처리구와 비교하여 방제가를 구하였다.

또한, 포장에서 토마토 역병에 대한 올리고키토산 액제의 방제효과를 조사하기 위하여 2009년에 강릉대학교 식양토 시험포장에 수피도테랑 품종의 토마토를 6월 1일에 정식하여 관행농법으로 재배하였다. 발병직전인 7월 7일부터 7일 간격으로 약제를 4회 살포한 다음 최종 약제처리 7일 후에 실험구 모든 식물에 대한 발병도를 조사하였다. 올리고키토산 액제는 500배 희석하여 처리하였고, 처리구당 면적은 20 m<sup>2</sup>이었으며, 3반복으로 시험하였다. 대조약제로는 포름디[활성성분: dimethomorph(8% ai), dithianon(30% ai); 영일케미컬]를 500배 희석한 후 처리하였으며, 무처리구와 비교하여 방제가를 구하였다.

SAS(SAS Institute, Inc., 1989, Cary, NC, USA) 프로그램을 사용하여 ANOVA 분석을 실시하고, 처리 평균간 비교를 위하여 던컨의 다중범위분석(Duncan's multiple range test, P=0.05)을 실시하였다.

## 결과 및 고찰

**올리고키토산의 7가지 식물병에 대한 예방효과.** 올리고키토산을 500 µg/ml과 1,000 µg/ml 수준으로 7가지 주요 식물병에 대하여 접종 1일전 예방효과를 조사한 결과, Table 1에서 보는 바와 같이 고추 탄저병, 벼 도열병, 토마토 역병 및 밀 붉은녹병에 높은 활성을 보였다. 특히 토마토 역병에 대해서는 처리한 두 농도 모두에서 94% 이상의 높은 예방효과를 보였다. 그러나 다른 세 가지 식물병, 즉 벼 잎집무늬마름병, 토마토 잿빛곰팡이병 및 보리 흰가루병에 대해서는 거의 활성을 나타내지 않았다.

7가지 식물병중 1,000 µg/ml에서 80% 이상의 방제효과를 보이는 세 가지 식물병 즉, 고추 탄저병, 토마토 역병 및 밀 붉은녹병에 대하여 3일전 예방효과 즉, 지속성 효과를 조사하였다. 그 결과, 전체적으로 접종 1일전 예방효과보다 낮은 방제효과를 보였으나, 토마토 역병에 대해서는 1,000 µg/ml 수준에서도 80% 이상의 높은 방제효과를 보여 올리고키토산이 어느 정도의 약효지속성효과가 있는 것으로 나타났다(Table 2). 예방효과 및 지속성효과를 보이는 것으로 보임에 따라 올리고키토산을 병이

**Table 1.** One-day protective activity of oligochitosan against 7 plant diseases<sup>a</sup>

Concentration (µg/ml)	Control value (%)						
	RPA <sup>b</sup>	RCB	RSB	TGM	TLB	WLR	BPM
1,000	89	76	15	0	94	80	0
500	81	56	30	10	97	67	0

<sup>a</sup>The chemical solution was sprayed on plant seedlings 1 day before inoculating with spores or mycelial suspensions.

<sup>b</sup>RPA: red pepper anthracnose, RCB: rice blast, RSB: rice sheath blight, TGM: tomato gray mold, TLB: tomato late blight, WLR: wheat leaf rust, BPM: barley powdery mildew.

**Table 2.** Three-day protective activity of oligochitosan against red pepper anthracnose, tomato late blight and wheat leaf rust<sup>a</sup>

Concentration (µg/ml)	Control value (%)		
	Red pepper anthracnose	Tomato late blight	Wheat leaf rust
1,000	46	81	47
500	25	33	40

<sup>a</sup>The chemical solution was sprayed on plant seedlings 3 days before inoculating with spores.

**Table 3.** Curative activity of oligochitosan against red pepper anthracnose, tomato late blight, and wheat leaf rust<sup>a</sup>

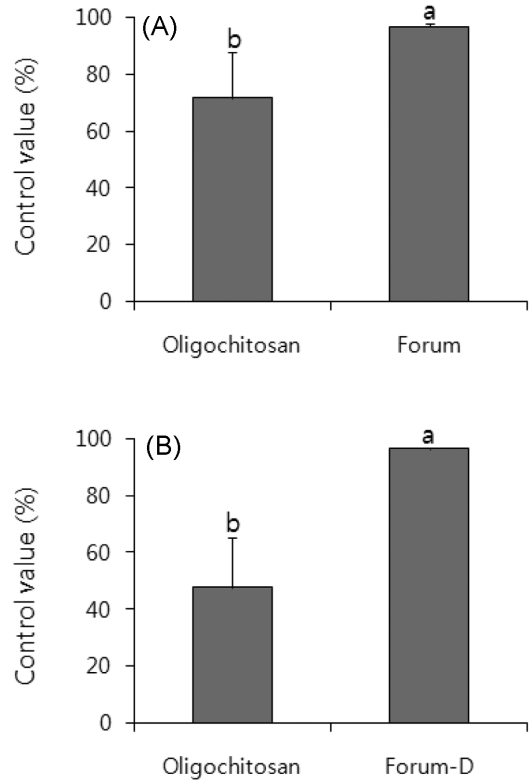
Concentration (µg/ml)	Control value (%)		
	Red pepper anthracnose	Tomato late blight	Wheat leaf rust
1,000	43	0	27
500	35	0	0

<sup>a</sup>The chemical solution was sprayed on plant seedlings 16 hrs after inoculating with spores.

발생하기 전이나 발병초기에 처리를 할 경우 토마토 역병을 방제할 수 있을 것으로 추정되었다.

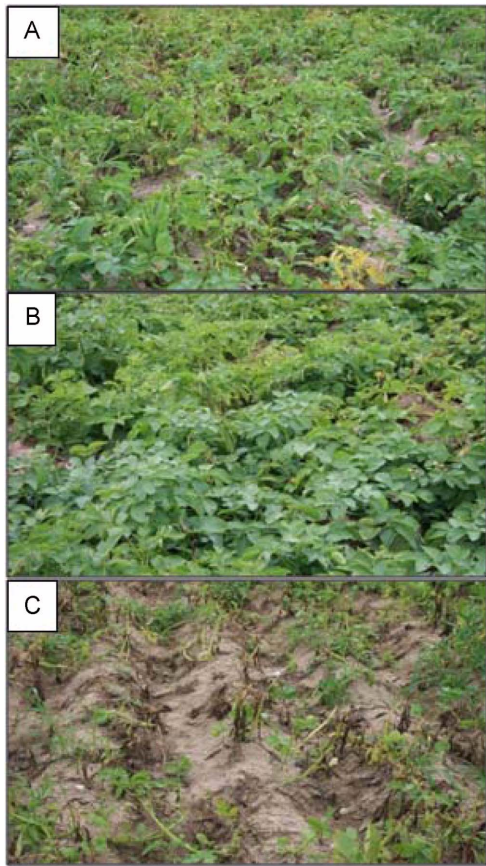
**올리고키토산의 7가지 식물병에 대한 치료효과.** 올리고키토산을 500 µg/ml과 1,000 µg/ml 수준으로 예방효과에서 우수한 활성을 보인 3가지 식물병에 대한 접종 16 시간 후 치료효과를 조사하였다. 그 결과, 올리고키토산은 고추 탄저병에 대하여 치료효과를 보인 반면에 토마토 역병과 밀 붉은녹병에 대해서는 거의 치료효과를 보이지 않았다(Table 3). 이와 같이 동일한 물질이 식물병에 따라 서로 다른 치료효과를 보이는 것은 병원균의 기주 침투시간의 차이 및 기주간 물질의 침투이행능의 차이 때문인 것으로 추정된다. 특히, 토마토 역병에 대해서 올리고키토산은 예방효과는 크나 치료효과는 거의 없는 것으로 나타나, 올리고키토산을 이용한 토마토 역병 방제에서는 발병초기나 발병 이전에 미리 약제를 살포해야만 우수한 방제효과를 얻을 수 있다는 것을 알 수 있었다.

**포장에서 감자 역병과 토마토 역병에 대한 방제효과.**



**Fig. 1.** Disease control efficacy of the liquid concentrate-type formulation of oligochitosan against late blight of potato (A) and tomato (B) under field conditions. Each value represents the mean±standard deviation of three replicates. Bars with different letters indicate statistically significant differences according to Duncan's multiple range test at the 0.05 level of confidence.

포장에서 올리고키토산 액제의 감자 역병과 토마토 역병에 대한 효과를 각각 2008년과 2009년에 조사하였다. Fig. 1A에서 보는 바와 같이 감자 역병에 대하여 약 72%의 높은 방제효과를 보였다. 합성 대조 약제인 포룸 수화제에 비하여 낮은 방제효과를 보였을지라도 친환경유기농자재 후보로서는 비교적 높은 방제효과를 보였다. Fig. 2는 약제처리구의 포장사진을 나타낸다. Fig. 2C는 무처리구로서 모든 작물에 병이 발생하여 건전한 작물을 거의 볼 수 없는 반면에 올리고키토산 액제 처리구인 Fig. 2A



**Fig. 2.** Suppression of the development of late blight symptoms on potato plants by the liquid concentrate-type formulation of oligochitosan. **A:** oligochitosan, **B:** a commercial fungicide Forum and **C:** untreated control.

는 발병이 훨씬 적게 되어 대부분의 작물이 건전함을 알 수 있다. 대조약제인 포룸 수화제의 처리구는 Fig. 2B로서 병징이 나타나지 않아 거의 모든 작물이 건전함을 알 수 있다.

2009년에는 토마토 역병에 대하여 포장에서 방제효과를 조사하였다. 감자 역병에 비해서는 낮은 방제효과(약 48%)를 보였지만, 무처리구에 비하여 통계적으로 유의성이 있는 방제효과를 보였다. 대조약제인 포룸디는 97%의 매우 높은 방제효과를 보였다.

키토산은 다양한 식물병원균을 포함한 미생물에 대하여 항균활성, 식물에서의 저항성 유도활성 및 식물생장촉진활성 등의 특징을 가지고 있어 친환경유기농자재로서 널리 활용되고 있다. 그러나 분자량이 큰 키토산은 대부분의 용매에 용해되지 않고 단지 유기산에만 용해된다. 또한 키토산은 물에서의 난용해성, 고점도 및 높은 pH에서의 단백질과 엉기는 경향 때문에 사용에 문제점이 많다. 이에 반하여 분자량이 3,000이하인 올리고키토산은

물에 잘 용해될 뿐만 아니라 식물의 저항성 유도활성이 키토산보다 더 효과적인 것으로 알려져 있다(Lin 등, 2005). 또한 올리고키토산은 키토산과 같이 다양한 식물병원균에 대하여 활성을 보일 뿐만 아니라 해충에 대한 살충활성도 있는 것으로 알려져 있다(Zhang 등, 2003). Xu 등(2007)은 올리고키토산의 다양한 식물병원균에 대한 *in vitro* 균사생육저해활성을 보고하면서, *P. capsici*의 경우 키토산보다 올리고키토산이 더 높은 활성을 보이며, 올리고키토산의 다양이온 성질이 항균활성에 부분적으로 기여한다고 보고하였다.

이와 같이 올리고키토산에 대한 식물병원균에 대한 *in vitro* 활성은 다수의 논문을 통하여 보고되었지만, *in vivo* 항균활성에 대해서는 거의 보고된 바가 없다. 최근에 장(2009)은 키토산+올리고키토산+목초액+현미식초 합제가 토마토 잎곰팡이병에 대하여 효과가 있음을 보고한 바 있다. 하지만 다양한 식물병에 대한 올리고키토산의 *in vivo* 항균활성을 보고한 바는 없다.

본 연구결과, 올리고키토산은 유묘실험에서 7가지 시험 식물병 중 고추 탄저병, 토마토 역병 및 밀 붉은녹병에 대하여 높은 *in vivo* 활성을 보였다. 그 중에서 토마토 역병에 대해서는 500 µg/ml 이상의 농도수준에서 94% 이상의 높은 방제효과를 보였다. 접종 3일전 지속성효과와 치료효과를 조사한 결과, 올리고키토산은 토마토 역병에 대하여 지속성효과는 있지만, 치료효과는 없는 것으로 나타났다. 또한 포장에서 감자 역병과 토마토 역병에 대하여 각각 72%와 47%의 방제효과를 보이는 것으로 나타났다.

이상의 결과를 종합할 때 올리고키토산은 *P. infestans*에 의해 발생하는 감자와 토마토 역병을 방제하는 친환경유기농자재로서 이용될 가치가 매우 높은 것으로 나타났다. 이후 다양한 포장에서의 방제활성이 안정적으로 나타나는지를 조사한 다음 상업화할 필요가 있다고 판단된다. 또한 적용대상병 확대차원에서 동일한 난균강균에 속하는 고추 역병과 다양한 작물에 발생하는 노균병에 대한 포장시험이 필요하다. 그리고 올리고키토산은 토마토 역병에 비해서는 유묘 검정시 낮은 효과를 보였을지라도 고추 탄저병과 밀 붉은녹병 등에 대한 포장시험을 수행하여 이들 식물병의 방제에 있어서도 친환경유기농자재로서 사용가능 여부를 조사할 필요가 있다고 사료된다.

## 요 약

키토산은 D-glucosamine과 N-acetyl-D-glucosamine이 β-(1-4)로 연결된 직선상의 다당류이다. 분자량이 3,000 amu 이상인 키토산에 대한 *in vivo* 항균활성 및 저항성 유도

활성에 대한 보고는 많지만, 분자량이 3,000 이하인 올리고키토산에 대한 *in vivo* 항균활성에 대한 논문은 거의 전무한 상태이다. 본 연구에서 올리고키토산은 *P. infestans*에 의해 발생하는 토마토 역병에 대하여 500 µg/ml과 1,000 µg/ml 수준에서 94% 이상의 매우 높은 접종 1일 전 예방효과를 보였으며, 고추 탄저병과 밀 붉은녹병에 대해서는 500 µg/ml과 1,000 µg/ml 수준에서 67% 내지 89%의 중간 정도의 예방효과를 항온항습실 조건에서 보였다. 다른 한편으로 올리고키토산은 고추 탄저병에 대하여 접종 16시간 후 치료효과를 보였지만, 토마토 역병에 대해서는 치료효과를 전혀 보이지 않았다. 포장에서 올리고키토산 액제는 감자 역병과 토마토 역병에 대하여 각각 72%와 48%의 방제효과를 보였다. 이상의 결과는 올리고키토산이 감자 및 토마토 역병 방제를 위한 친환경 유기농자재로서 사용이 가능하다는 것을 강력하게 나타낸다.

## Acknowledgement

This study was carried out with the support of Cooperative Research Program for Agricultural Science & Technology Development (Project No.: 200901OFT102966197), Rural Development Administration, Republic of Korea.

## 참고문헌

- 장태현. 2009. 토마토 잎곰팡이병에 대한 키토산 제제의 방제효과. 식물병연구 15: 248-253.
- Bengamou, N. and 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. Mol. Plant Pathol.* 41: 33-52.
- Bhaskara, R. M. V., Arul, J., Angers, P. and Couture, L. 1999. Chitosan treatment of wheat seeds induces resistance to *Fusarium graminearum* and improves seed quality. *J. Agric. Food Chem.* 47: 1208-1216.
- Chet, I. and Inbar, J. 1994. Biological control of fungal pathogens. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 48: 37-43.
- Cho, J.-Y., Choi, G. J., Lee, S.-W., Jang, K. S., Lim, H. K., Lim, C. H., Lee, S. O., Cho, K. Y. and Kim, J.-C. 2006. Antifungal activity against *Colletotrichum* spp. of curcuminoids isolated from *Curcuma longa* L. rhizomes. *J. Microbiol. Biotechnol.* 16: 280-285.
- Cote, F., Roberts, K. A. and Han, M. G. 2000. Identification of high-affinity binding sites for the hepta-beta-glucoside elicitor in membranes of the model legumes *Medicago truncatula* and *Lotus japonicus*. *Planta* 211: 596-605.
- Davidse, L. C., Looijen, D., Turkensteen, L. J. and Vander Wal, D. 1981. Occurrence of metalaxyl-resistant strains of *Phytophthora infestans* in Dutch potato fields. *Neth. J. Plant Pathol.* 87: 65-68.
- Dawley, L. J. and O'Sullivan, E. 1981. Metalaxyl-resistance strains of *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary in Ireland. *Potato Res.* 24: 417-421.
- Deahl, K. L., DeMuth, S. P., Pelter, G. and Ormrod, D. 1993. First report of resistance of *Phytophthora infestans* to metalaxyl in Eastern Washington and Southwestern British Columbia. *Plant Dis.* 77: 429.
- Eikemo, H., Stensvand, A. and Tronsom, A. M. 2003. Induced resistance as a possible means to control diseases of strawberry caused by *Phytophthora* spp. *Plant Dis.* 87: 345-350.
- El Ghaouth, A., Arul, J., Asselin, A. and Benhamou, D. 1992. Antifungal activity of chitosan on postharvest pathogens: Induction of morphological and cytological alterations in *Rhizopus stolonifer*. *Mycol. Res.* 96: 769-779.
- Enstar, I. R., Mohamed, E. T. B., Christian, V. S., Guy, S. and Walter, S. 2003. Chitosan as antimicrobial agent: Applications and mode of action. *Biomacromolecules* 4: 1457-1465.
- Folman, L. B., De Klein, M. J. E. M., Postma, J. and van Veen, J. A. 2004. Production of antifungal compounds by *Lysobacter enzymogenes* isolate 3ÆIT8 under different conditions in relation to its efficacy as a biocontrol agent of *Pythium aphanidermatum* in cucumber. *Biol. Control* 31: 45-154.
- Fry, W. E. and Goodwin, S. B. 1997. Resurgence of the Irish potato famine fungus. *Bioscience* 47: 363-371.
- Gavino, P. D., Smart, C. D., Sandrock, R. W., Miller, J. S., Hamm, P. B., Lee, T. Y., Davis, R. M. and Fry, W. E. 2000. Implications of sexual reproduction for *Phytophthora infestans* in the United States: generation of an aggressive lineage. *Plant Dis.* 84: 731-735.
- Giddings, N. J. and Berg, A. 1919. A comparison of the late blights of tomato and potato. *Phytopathology* 9: 209-210.
- Gisi, U. and Cohen, Y. 1996. Resistance to phenylamide fungicides: a case study with *Phytophthora infestans* involving mating type and race structure. *Annu. Rev. Phytopathol.* 34: 549-572.
- Goodwin, S. B., Sujkowski, L. S. and Fry, W. E. 1996. Widespread distribution and probable origin of resistance to metalaxyl in clonal genotypes of *Phytophthora infestans* in the United States and Western Canada. *Phytopathology* 86: 793-800.
- Haseo, S., Hiroki, F. and Fukumi, A. 2003. Chitosan-containing composition for improving disease resistance and growth of plants. WO03/077654.
- Ito, K., Entani, E. and Kawamura, Y. 1993. Methods for protecting vegetables, turfgrass, rice and fruit from fungi and bacteria. US Patent 5374627.
- Kim, J.-C., Choi, G. J., Park, J.-H., Kim, H. T. and Cho, K. Y. 2001. Activity against plant pathogenic fungi of phomalactone isolated from *Nigrospora sphaerica*. *Pest Manag. Sci.* 57:

- 554–559.
- Lin, W., Hu, X., Zhang, W., Rogers, W. J. and Cai, W. 2005. Hydrogen peroxide mediates defence responses induced by chitosans of different molecular weights in rice. *J. Plant Physiol.* 162: 937–944.
- Liu, X. F., Guan, Y. L., Yang, D. Z., Li, Z. and Yao, K. D. 2001. Antibacterial action of chitosan and carboxymethylated chitosan. *J. Appl. Pol. Sci.* 79: 1324–1335.
- Reddy, V. B., Belkacemi, K., Corcuff, R., Castaigne, F. and Arul, J. 2000. Effect of preharvest chitosan spray on postharvest infection by *Botrytis cinerea* and quality of strawberry fruit. *Postharvest Biol. Biotechnol.* 20: 39–51.
- Romanazzi, G., Nigro, F. and Ippolito, A. 2000. Effectiveness of pre and postharvest chitosan treatments on storage decay of straw-berries. *Riv. Fruttic. Vitic.ortic.* 62: 71–75.
- Xu, J., Zhao, X., Han, X. and Du, Y. 2007. Antifungal activity of oligochitosan against *Phytophthora capsici* and other plant pathogenic fungi *in vitro*. *Pest. Biochem. Physiol.* 87: 220–228.
- Zhang, M. and Tan, T. W. 2003. Insecticidal and fungicidal activities of chitosan and oligo-chitosan. *J. Bioact. Compat. Pol.* 18: 391–400.