

토마토 잎곰팡이병에 대한 키토산 제제의 방제 효과

장 태 현*

경북대학교 생태환경대학 식물자원환경전공

Disease Control Efficacy of Chitosan Preparations against Tomato Leaf Mold

Taehyun Chang*

Dept. of Plant Resources and Environment, College of Ecology & Environmental Sciences,
Kyungpook National University, Sangju-city, Gyeongsang Buk-Do, 742-711, Korea
(Received on November 3, 2009; Accepted on November 9, 2009)

Chitosan has an antifungal activity and is widely used for control of various plant disease and plants growth in the field in Korea. Disease control efficacy of two preparations (SH-1, SH-2) of mixtures of high and low (chitooligosaccharide) molecular weight chitosan compounds against tomato leaf mold caused by *Fulvia fulva* was investigated under plastic greenhouse conditions. Both SH-1 and SH-2 formulations displayed potent disease control activity in two experiments. The protective activity of both preparations was comparable to synthetic thiophanate-M. The persistence activity of the formulations was sustained until 21 days after application. Effective concentration of the chitosan compounds for disease control was 1,200 mg a.i./L. In pot tests, chitosan preparations, at a concentration of 600 mg a.i./L, promoted plants growth. These results indicate that the chitosan preparations have a potential as an eco-friendly natural fungicide for the control of tomato leaf mold and plant growth regulator.

Keywords : Chitosan compounds, Eco-friendly natural fungicide, Plant growth regulator, Tomato leaf mold (*Fulvia fulva*)

토마토 재배에서 문제가 되는 토마토 잎곰팡이병(*Fulvia fulva*)은 비산된 분생포자가 잎의 기공을 통해 침입하며 습도가 높으면 자주 발생한다. 이 병은 병원균이 침입 후 약 14일 정도의 잠복기를 거친 후 발병하며 아래 잎부터 차례로 발병한다. 병 발생이 심하면 과일생산에 큰 피해를 주기도 한다.

잎곰팡이병 방제는 주로 화학약제에 의존하고 있지만 최근 친환경 농산물의 소비 증가로 친환경토마토 재배지역의 확대됨에 따라 화학약제를 대체할 수 있는 물질 중 하나로 알려진 키토산을 이용하여 여러 번의 선행 연구를 통하여 토마토 잎곰팡이병 방제에 이용 가능하다는 것을 확인할 수 있었지만, 아직까지 키토산을 이용한 토마토 잎 곰팡이병에 대한 연구는 전무한 실정이다.

키토산(β -1,4-linked D-glucosamine polymer)은 국내 친환경육성법에 친환경 병방제에 사용이 가능한 물질로 분

류 되어 있지만 현재로는 병 방제용으로 등록된 것은 없다. 키토산은 키틴을 탈아세틸화하여 만든 고분자 다당체 화합물로 보통 단당이 약 500개로 연결되어 있는 고분자 화합물이지만 저 분자 화합물로 제조된 것일수록 항균효과가 높다(이 등, 2000). 현재 농업에서 이용되는 키토산은 병 방제용 보다는 작물생육용으로 사용하는 빈도가 높다. 키토산에 대한 병 방제 효과는 딸기의 역병 등을 비롯하여 여러 식물 병원균에 대한 방어 기작 및 병 저항성을 유도하여 병 발생을 줄이거나 방제하는 물질로 알려져 있다(Bohland 등, 1997; Bengamou 등, 1992; Eikemo 등, 2003; Kendra와 Hadwiger, 1984; Vender 등, 1998). 병 방어 기작에 대한 효과는 키토산을 상처 난 밀의 잎에 처리하였을 때 상처부위의 목질화를 유도한다고 한다(Bhaskara Reddy 등, 1999). 병 저항성 및 방제효과는 딸기의 역병을 비롯한 수확 후 딸기의 잿빛곰팡이병과 *Rhizopus* sp.에 의한 무름병 감염을 방지하고(Eikemo 등, 2003; El Ghaouth 등, 1992; Reddy 등, 2000; Romanazzi 등, 2000), 그 외 여러 병에 대한 직접적인 병 방제효과도 알려져 있

*Corresponding author
Phone) +82-54-530-1204, Fax) +82-54-530-1209
Email) thchang@knu.ac.kr

으며(Hadwiger와 Beckman, 1980; Stossel, 1984), 또한 수확한 딸기 조각의 수명을 연장하여 유통 중 과실의 품질을 높이기도 한다(Yoo 등, 1999). 키토산은 식물병을 방어하는 물질 생산을 유도하는 역할도 한다(Hirano와 Nagao, 1989). 수확 전 옥수수과 발아하는 땅콩에서 phytoalexin 생산을 증대시키고 *Aspergillus flavus* 균사생장과 아플라톡신 생산도 억제한다(Bengamou 등, 1992; Bhaskara 등, 1999). 그 외 키토산의 부가적인 효과로는 식물의 생장을 증진시키고(Hadwiger 등, 1999) 뿌리발육을 증진시키는 효과도 있다(이 등, 2000).

이와 같이 병 방제를 위한 키토산의 사용은 분말 형태의 키토산을 키틴(게나 새우껍질을 토양처리)처럼 직접적으로 토양에 처리하기도 하지만, 주로 키토산을 산에 녹인 액상을 물에 희석하여 사용한다. 최근에는 키토산을 키틴나아제와 산을 사용하여 다당류를 10당 이하 당으로 당쇄를 잘라서 만든 수용성인 키토올리고당을 병 방제나 생육증진용으로 농가에서 사용하고 있지만, 병 방제에 대한 효과가 구체적으로 검증되어 있지 않다.

본 연구는 친환경 병 방제용으로 키토산과 키토올리고당을 목초액과 현미식초 등을 이용하여 개발한 2종류의 액상으로 토마토 잎 곰팡이병에 대한 효과 및 생육효과를 검증하여 이를 키토산 제품 개발이나 영농에 기초자료로 활용하고자 한다.

재료 및 방법

키토산 제형 제조. 본 시험에 사용한 키토산 제형은 키토산과 키토올리고당을 목초액과 현미 식초를 이용하여 만든 제제로 공식제제의 명칭은 SH-1과 SH-2로 명명했다. 시험용 제형은 사전시험을 통하여 목초액과 현미 식초액이 병 방제 효과에 영향이 미치지 않은 량으로 키토산과 키토올리고당을 이용하여 2종류를 개발하였다. 제형 개발에 사용한 주원료인 키토산은 분자량의 크기가 50,000미만이고, 키토올리고당은 분자량의 크기가 2,000미만인 수용성 키토산올리고당을 사용하였고, 이들 원료는 (주)미래바이오텍으로부터 공급을 받았다. 목초액은 (주)수춘임산, 현미식초는 (주)천년식품에서 구입하였다.

본시험에 사용된 키토산 제형의 주성분과 사용량은 Table 1과 같다.

잎곰팡이병 방제를 위한 포장 시험. 토마토 잎곰팡이병 방제 및 예방을 위한 포장시험은 봄에 농가 하우스에서 실시되었으며 토마토(슈퍼도태랑)는 육묘회사(푸른 육묘)에서 구입하여 농가 포장을 임차하여 시험을 수행하였다. 시험 제형인 SH-1과 SH-2의 살포는 Table 1에서 제시된 농도로 살포하였다. 1) 병 방제효과 시험은 토마토 아래 잎에 잎 곰팡이 병이 발생하는 초기에 7일 간격으로 3회 살포하고 7일 후에 발병율을 조사하였으며, 시험은 2번 수행하였다. 2) 잎곰팡이병의 예방효과 시험은 토마토에 잎곰팡이병이 전혀 발생되지 않은 2월 하순에 SH-1과 SH-2를 3회 살포 후 14일, 28일, 35일에 발병률을 조사하였다. 3) 병 방제 지속 효과를 시험은 토마토 아래 잎에 잎곰팡이병이 발생하는 초기인 3월 하순에 SH-1과 SH-2를 7일 간격 3회 살포 후 7일 간격(7일, 14일, 21일)으로 병 방제 효과를 조사하였다. 4) SH-1을 이용한 살포 농도 별 병방제 효과를 매회 살포 때마다 조사하기 위하여 100배액 및 200배액을 7일 간격 3회 살포하면서 발병률을 매회 살포 전에 조사하여(1회 살포 후, 2회 살포 후 및 3회 살포 후) 병 방제(%)로 환산하였다. 잎곰팡이병의 발병도는 무발병은 0으로 병반 면적율이 40.1% 이상은 4로 0에서 4의 계수로 세분하여 조사하여 발병도의 공식(발병도=발병수×계수/4N(조사엽수)×100)에 의해 환산하였다. 이병율은 잎곰팡이 이병율=무처리구 이병율(%) - 처리구 이병율(%) × 100/무처리구 이병율(%)로 환산하였다.

토마토 생육효과를 위한 포트시험. 토마토(슈퍼도태랑) 모종을 육묘회사(푸른 육묘)로부터 구입하여 온실에서 포트(직경 20 cm×높이 28 cm)에 상토(바로커)와 흙을 2:1(w/w)로 혼합하여 정식을 하였다. 정식 후 모종은 15일간 키운 후 7일 간격으로 3회 키토산을 살포하고 7일 후에 생육효과를 조사하였다. 생육효과 조사는 생육 정도를 나타내는 성장량(growth)은 키토산 살포 전 성장량과 3회 살포 후 성장량을 조사하여 뺀 값을 순수한 성장량으로 하였다. 각 조사한 수치는 SAS 프로그램(Jump 6.1)을 이용하여 통계분석을 하였다.

Table 1. Composition and applied dose two chitosan preparations used in the study

Name	Formulation	Applied dose (m//l)	Active ingredients (mg/kg)
SH-1-200	Liquid (chitosan 2 g, chitooligosaccharide 20 g, wood vinegal 20 ml, rice vinegal 40 g, rest)	5	Total Glucoseamine: 600
SH-1-100		10	Total Glucoseamine: 1,200
SH-2-200	Liquid (chitosan 2 g, chitooligosaccharide 20g, wood vinegal 40 ml, rice vinegal 20 g, rest)	5	Total Glucoseamine: 600
SH-2-100		10	Total Glucoseamine: 1,200

결 과

잎곰팡이병 방제 효과. 겨울철 토마토 재배 하우스에서 친환경 잎곰팡이병의 방제용으로 개발한 키토산 제형인 SH-1과 SH-2을 발병초기에 7일 간격 3회 살포하여 잎곰팡이병에 대한 방제효과를 조사한 결과는 Table 2와 같다. 키토산 제형인 SH-1과 SH-2에 대한 병 방제 효과는 두 번 시험에서 유사한 방제 효과를 보였다. 1차 시험에서 SH-1과 SH-2 제형 간과 처리농도에서도 병 방제 효과는 차이가 없었지만, 시험2에서는 제형 간에는 차이를 보이지 않았지만, 처리농도에서 제형 간에 유의성($p=0.05$) 있는 차이를 보였다.

잎곰팡이병 예방 효과. 잎곰팡이병의 예방효과를 조사하기 위하여 잎곰팡이병이 발생하지 않은 토마토에 SH-1과 SH-2을 7일 간격으로 3회 살포한 후에 Fig. 1에서 처

Table 2. Disease control efficacy of two chitosan preparations against tomato leaf mold under plastic greenhouse conditions

Treatment	Experiment 1		Experiment 2	
Treatment	Diseased leaf (%)	Control value (%)	Diseased leaf (%)	Control value (%)
SH-1-200 (5 ml/l)	15.4b ²	52.5	15.8bc	56.4
SH-1-100 (10 ml/l)	14.5b	55.2	15.1bc	58.4
SH-2-200 (5 ml/l)	17.3b	46.6	18.0b	50.4
SH-2-100 (10 ml/l)	14.2b	56.2	13.3c	63.4
Thiophanate-M	5.4c	83.3	6.5d	82.1
Non-treated	32.4a	-	36.3a	-

²Values followed by the same letter within columns are not significantly different ($P=0.05$) according to a least significant difference test. Disease severity was rated at 7 days after chitosan preparations were applied with 3 times at 7 days interval

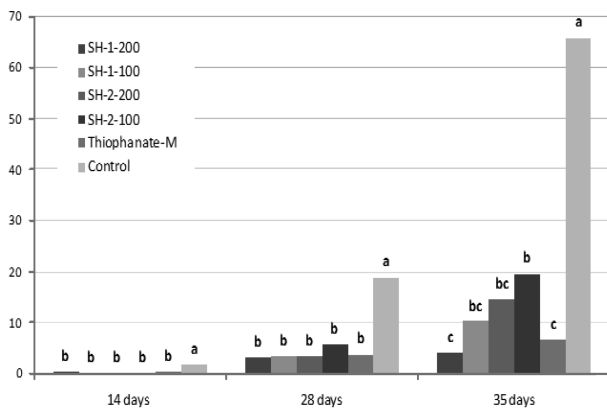


Fig. 1. Protective activity of chitosan preparations to tomato leaf mold. The preparations were applied prior to occurrence of leaf mold on tomato plants and disease severity was rated at 14 days, 28 days and 35 days after 3 times application at 7 days interval.

럼 35일까지 3번 발병률을 조사하였다. 처리 후 14일까지는 모든 처리구에 거의 발병이 되지 않았으나, 28일에는 무처리구 대비 모든 처리구에서 발병률이 낮았으며, SH-1과 SH-2간에는 통계적으로 유의성($p=0.05$) 있는 차이가 나타나지 않았다. 그러나 35일 조사에서는 처리구간에 현저한 차이가 나타났다. 무처리구가 SH-1과 SH-2 처리에 비하여 발병률이 3배 이상 높게 나타났다. 키토산의 함량이 높은 SH-1-100과 SH-2-100 처리구가 키토산 함량이 반정도 낮은 SH-1-200, SH-2-200 처리구에 비하여 발병률이 낮은 것을 볼 수 있다.

병방제 지속효과. 토마토 잎곰팡이병 발병초기에 SH-1과 SH-2을 3회 살포 후 키토산(SH-1과 SH-2) 살포가 잎곰팡이병 발생 억제를 얼마간 지속시키는지를 조사하기 위해 제제 살포 후 7일 간격으로 3주간 조사한 결과 약효 지속효과는 Fig. 2와 같다. SH-1과 SH-2 처리구는 살포 후 21일까지 무처리구 대비 병발생이 크게 감소되어 키토산의 효과가 21일간 지속적으로 나타난 것으로 관찰되었지만, 14일 이후로는 발병률이 크게 증가하는 경향을 보였다. 특히 21일째 조사에서 SH-1과 SH-2 처리구는 대조약제에 비해 병 발생률이 높아 발병을 억제하는 효과가 낮은 경향을 보였지만, 키토산 함량이 높은 처리구인 SH-1-100과 SH-2-100은 대조약제와 큰 차이를 보이지 않아 키토산의 효과가 지속되는 것을 알 수 있었다.

사용농도에 따른 병방제 효과. 키토산 SH-1을 100배액(SH-1-100)와 200배액(SH-1-200)으로 살포 후 살포농도와 살포횟수가 병 방제율에 미치는 영향을 조사한 결과는 Fig. 3과 같다. SH-1은 1회 살포로 병 방제효과가 있었으며, 고농도 살포에서 병 방제효과가 높았다. 100배액 살포구(SH-1-100)는 200배액 살포구 보다 병 방제 효과가 높았고, 매회 살포 때 마다 병 방제효과에 큰 차이를

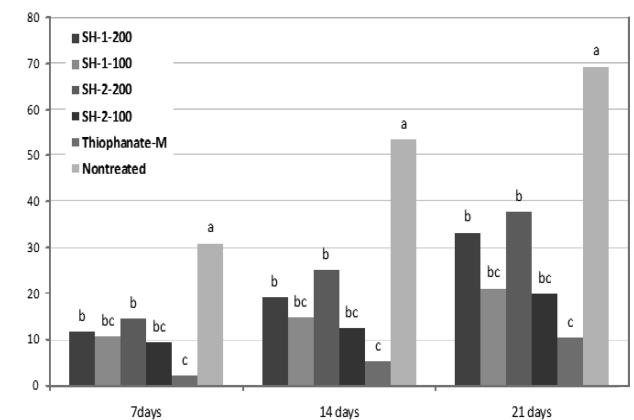


Fig. 2. Persistence activity of chitosan preparations against tomato leaf mold. Disease severity was rated at 7 days, 14 days and 21 days after application with 3 times at 7 days interval.

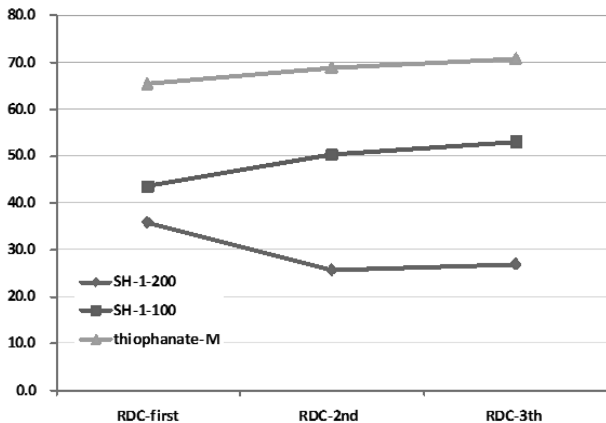


Fig. 3. Disease control efficacy of chitosan preparation against tomato leaf mold. Disease severity was rated as 7 days interval. RDC-first=Ratio of disease control at 7 days after first application, RDC-2nd=Ratio of disease control at 7 days after 2 times application. RDC-3th=Ratio of disease control at 7 days after 3 times application. SH-1-200 diluted two hundred to one (5 m//l) with water before apply. SH-1-100 diluted two hundred to one (10 m//l) with water before apply.

보이지 않는 등, 키토산의 효과가 대조약제와 유사한 경향을 보인 반면, 200배액 살포구(SH-1-200)는 1회 살포시 병 방제률보다 2와 3회 살포 시에 병 방제효과가 떨어지는 경향을 볼 수 있었다.

토마토 생육 증진 효과. 키토산이 토마토 지상부의 생육증진 및 뿌리발달에 미치는 효과를 온실에서 포트시험으로 수행한 결과는 Table 3과 같다. 두 제형 모두 토마토의 지상부 초장, 생체무게, 줄기직경 및 지하부의 뿌리생체무게에도 유사한 생육 증진효과를 보였다.

고 찰

키토산은 키틴의 다당체를 산으로 녹인 물질로 농업에 사용이 크게 증가하고 있으며, 그 효과로는 항균성, 토양

개량효과, 식물생장 촉진작용, 자기방어 기작 등 다양한 역할을 하는 것으로 보고되어 있기 때문에 천연농약 및 바이오 농업 신소재로서의 개발이 기대된다고 한다(이 등, 2005).

키토산은 여러 곰팡이에 대해 항균 활성에 의한 병 방제에 효과(Hadwiger, 1999; Stossel와 Leuba, 1984)와 토양 처리에 의한 토양병의 발생을 낮추고(Bengamou 등, 1992; El Ghaouth 등, 1992) 셀러리의 *Fusarium*병 방제에 효과가 있으며(Bell 등, 1998), 병 저항성 효과인 딸기 역병균의 성장지연에 의한 병 저항성을 유도하기도 한다(Eikemo 등, 2003). 또한 토양에서 비병원성 *Fusarium*의 밀도를 높여 병원성 *Fusarium*의 밀도를 줄이고 생장을 지연시키는 효과도 있으며(Bell, 1998), 배추 무름병 방제에 효과가 있으며, 배추 생육 증진에도 효과도 있다(장 등, 2002; 이 등, 2000). 키토산은 직접적인 병 방제효과 외에도 식물의 chitinases을 자극하거나(Barber 등, 1989; Bengamou 등, 1992; El Ghaouth 등, 1992), pisatin을 유도 하는 등 많은 식물 병원균에 대하여 방어 기작에 관여하는 것으로도 알려져 있고(Kendra와 Hadwiger, 1984), 특히 식물세포의 방어능력을 강화시켜 곰팡이의 세포벽 침입을 약화시키고 식물세포의 활력을 증강시키기도 한다(Bengamou 등, 1992). 그리고 키토산의 당쇄를 2-10당 수준으로 잘라서 수용성을 만든 키토올리고당은 제조 시 키토산을 유기산, 비타민C 및 자몽 추출물과 키토나아제를 이용하여 제조한 것으로 살균력이 있다(이 등, 2004). 본 시험에서 키토산 제형(SH-1, SH-2) 제조에 부재로 사용한 목초액은 인체에 무해한 alkaloid, terpenoid, phenol 및 정유성분과 그들의 유도체로 항균, 보존성향상, 항산화 효과, 식물생장 및 뿌리생육촉진에 효과가 있으며(이 등, 2000), 배추 무름병균(장 등, 2002), 배추 뿌리혹병 및 갈록병에 효과가 있다고 한다(이 등, 2000).

본 연구는 환경과 인체에 안전한 천연물질인 키토산과

Table 3. Tomato growth and fresh weight according to treatment of chitosan preparations

Treatment	Growth (cm) ^a	Stem diameter (mm)	Fresh weight (g)			Content of chlorophyll (µm/cm ²)
			Above ground (g)	Root (g)	Total (g)	
SH-1-200 (5 m//l)	14.2±0.68 ^b	4.1±0.34	14.5±0.78	4.6±0.67	19.1±1.41	7.4
SH-1-100 (10 m//l)	14.9±0.73	4.5±0.68	15.5±0.98	4.9±0.66	20.4±1.58	7.5
SH-2-200 (5 m//l)	14.8±0.49	4.3±0.54	15.1±0.95	4.8±0.87	19.9±1.85	7.5
SH-2-100 (5 m//l)	15.1±0.62	4.7±0.67	15.8±0.87	5.1±0.91	20.9±1.94	7.6
Nontreated	12.8±0.54	3.4±0.63	12.4±0.63	3.5±0.73	15.9±0.87	7.2
LSD ^c	1.6	0.6	2.1	1.2	3.7	1.2

^aGrowth ; length before application - length after application.

^b± : Standerd deviation.

^cLeast significant difference.

키토올리고당을 이용하여 제조한 키토산 제형인 SH-1과 SH-2를 친환경유기농업에 사용이 가능한 작물 보호제로 개발하여 그 효과를 시험하였다. 키토산은 비수용성 물질로서 분자량은 보통 7-8백만 정도가 되는 다당체이지만, 키토산의 당쇄인 글라이코시드 결합을 분해하여 분자량이 5만 미만인 키토산은 항균효과 있으므로 키토산의 효과를 증진시키기 위하여 목초액과 현미식초와 함께 키토올리고당(glucoseamine, a. i. 50~60%)을 이용하여 구성 비율이 다른 2종의 액상 형태로 실시한 선행연구에서도 토마토 잎곰팡이병 외에도 오이와 장미 흰가루병 방제 효과와 생육효과가 있다는 것을 알 수 있었다(자료 미제출). 본 시험에 사용한 SH-1과 SH-2 제형은 키토산과 키토올리고당의 원료투입 함량과 목초액과 현미식초의 함량에도 차이가 있었지만 병 방제 효과에는 차이를 보이지 않았다. 그러나 키토산은 사용 농도에 따라서 효과의 차이가 있다고 한다(Eikemo 등, 2003). 본 시험에서도 키토산의 사용농도 100배액(10 m//l)인 SH-1-100과 SH-2-100은 200배인(5 m//l)인 SH-1-200과 SH-2-200보다 병 방제효과가 우수한 것으로 나타났지만, 통계적인 유의성($p=0.05$) 차이는 시험시기에 따라 차이를 보인 것으로 보아, 사용농도에 대한 경제성을 다시 고려해볼 필요도 있다고 생각한다. 특히 키토산은 잎곰팡이병이 발병하기 전에 7일간격 3회 연속 살포할 경우 발병율이 무처리에 비하여 현저하게 낮은 것으로 보아 병 저항성을 유도하는 효과가 있는 것으로 생각된다(Fig. 1). 그리고 잎곰팡이병이 증가하는 포장에서도 키토산의 매 살포 횟수마다 병 방제율을 조사한 시험(Fig. 3)에서 1회 살포로서도 병 방제 효과가 나타나는 것을 볼 수 있어 키토산은 잎곰팡이병에 대한 치료효과도 있는 것으로 볼 수 있다. 그러나 다른 시험과 동일하게 키토산의 사용농도가 높을수록 병 방제 효과가 증가한 것을 볼 수 있었는데, 키토산의 함량이 낮은 SH-1-200의 경우 포장에서 발병이 증가할수록 병 방제율이 떨어지는 것도 관찰할 수 있었다. 키토산의 생육 효과는 비록 온실에서 포트시험으로 수행되었지만 생육에 효과에 있는 것으로 보아, 현재 대부분의 농가에서 작물생육용으로 토양에 관주하여 사용하고 있는 것은 작물생육 효과가 나타난다는 것을 의미하고 있으며, 최근 오이포장에서 토양미생물상을 관찰하기 위하여 키토산을 토양에 관주한 시험에서 모든 처리구에서 유용 토양미생물이 크게 증가하는 것도 알 수 있었으며(자료 미제출), 어린 식물에는 50배 이상의 고농도로 엽면 살포 시에는 어린 잎이 쭈그러드는 현상이 나타났지만 100배 이상의 농도에서는 어떠한 약해 증상도 나타나지 않을 것을 볼 수 있었다. 그러므로 본 시험은 친환경 토마토 잎곰팡이병

방제를 위해서는 키토산을 예방위주와 발병초기에 살포하는 것은 발병예방과 치료에 효과적이고 토마토의 생육 증진에 도움이 될 것으로 생각한다.

요 약

항균활성을 가진 키토산은 우리나라 포장에서 다양한 식물 방제와 식물 생장을 위해 넓게 사용하고 있다. 고분자와 저분자(키토올리고당)의 키토산 화합물을 혼합한 2가지 제제(SH-1, SH-2)에 대한 병 방제 효과를 *Fulvia fulva*에 의해 발생하는 토마토 잎곰팡이병에 대하여 비닐하우스에서 조사하였다. 두 제제(SH-1, SH-2)는 두 번의 포장 시험에서 병 방제에 대한 활성을 나타내었다. 두 제제의 예방적인 병 방제에 대한 활성은 합성농약인 thiophanate-M과 비교하여 수행하였다. 병 방제를 위한 제제의 활성 유지는 살포 후 21일까지 지속되었다. 병 방제를 위한 키토산의 효과적인 농도는 1,200 mg a.i./L였다. 포트시험에서 키토산 제제는 600 mg a.i./L 농도에서 식물생장이 증진되었다. 결과적으로 키토산 제제는 토마토 잎곰팡이병 방제를 위한 친환경제제로서 활력을 가지며 식물생장도 촉진하였다.

참고문헌

- Barber, M. S., Bertram, R. E. and Ride, J. P. 1989. Chitin oligosaccharides elicit lignification in wounded wheat leaves. *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 34: 3-12.
- Bell, A. A., Hubbard, J. C. and Liu, L. 1998. Effects of chitin and chitosan on the incidence and severity of fusarium yellows of celery. *Plant Dis.* 82: 322-328.
- 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 Reddy, 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.
- Bohland, C., Balkenhohl, T., Loers, G., Feussner, I. and Grambow, H. J. 1997. Differential induction of lipoxygenase isoforms in wheat upon treatment with rust fungus elicitor, chitin oligosaccharides, chitosan, and methyl jasmonate. *Plant Physiol.* 114: 679-685.
- 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.
- El Ghaouth, A., Arul, J., Grenier, J. and Asselin, A. 1992. Antifungal activity of two post harvest pathogens of strawberry fruits. *Phytopathology* 82: 398-402.
- Hadwiger, L. A. and Beckman, J. M. 1980. Chitosan as a component of pea-*Fusarium solani* interactions. *Plant Physiol.* 66: 205-211.
- Hadwiger, L. A. 1999. Chitosan as crop growth regulator. *Proceedings of the Asia-Pacific Chitin and Chitosan Symposium*, pp. 99-109. University of Kebangsaan Malaysia: Bang, Malaysia.
- Hirano, S. and Nagao, N. 1989. Effect of chitosan, pectic acid, lysozyme and chitinase on the growth of several phytopathogens. *Agric. Biol. Chem.* 53: 3065-3066.
- 장은정, 이 찬, 김종기. 2002. 키토산이 배추 유묘의 갈습 흡수 및 무름병 이병성에 미치는 영향. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 20: 220.
- Kendra, F. D. and Hadwiger, L. A. 1984. Characterization of the smallest chitosan oligomer that is maximally antifungal to *Fusarium solani* and elicits pisatin formation in *Physium sativum*. *Exp. Mycol.* 8: 276-281.
- 이경민, 정귀택, 박돈희. 2004. 목초액의 항균 및 DPPH 라디칼 소거 활성에 관한 연구. *한국생물공학회지* 19: 381-384.
- 이선근, 예상길, 정주해, 이종규, 이상용. 2000. 참나무 목초액을 이용한 식물병의 방제 효과. 강원대학교 삼림과학대학 연구 보고서. pp. 200-202.
- 이창후, 한동현, 예재호, 김성복, 김정선. 2000. 키토산 처리가 기내 식물체 발근에 미치는 영향. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 18: 220.
- 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.
- Stossel, P. and Leuba, J. L. 1984. Effect of chitosan, chitin and some aminosugars on growth of various soilborne phytopathogenic fungi. *Phytopathol. Z.* 111: 82-90.
- Vander, P., Varum, K. M., Domard, A., Elgueddari, N. E. and Moerschbacher, B. M. 1998. Comparison of the ability of partially N-acetylated chitosans and chitoooligosaccharides to elicit resistance reactions in wheat leaves. *Plant Physiol.* 118: 1353-1359.
- Yoo, S. Y. and Lee, S. K. 1999. Effect of various films on shelflife of sliced strawberry fruit. *Acta Hort.* 483: 283-289.