

토마토 초기 생장에 미치는 키틴 처리의 영향

김옥란 · 지명심 · 김길용 · 차규석¹ · 채동현² · 박노동*

전남대학교 농업생명과학대학 응용생물공학부, 농업과학기술연구소, ¹광주대학교 토목환경공학부, ²(주)흙사랑
(2004년 6월 3일 접수, 2004년 9월 16일 수리)

키틴, 키토산 및 그 유도체의 토양처리와 종자 피복 등이 토마토 생육에 미치는 효과를 조사하고 분석하였다. 키틴과 그 유도체의 토양 처리는 토마토 초기 생육을 촉진하였으며, 키틴과 키토산을 토양에 혼합 처리한 경우 그 효과가 가장 탁월하였다. 이들의 처리는 토마토 근부의 생육을 촉진하였다. 토마토 식물체 중의 무기성분을 분석하여 이들의 처리효과를 분석하였던 바, 키틴 키토산의 처리는 질소와 칼륨의 흡수를 촉진하였으며 칼슘의 흡수를 억제하였다. 그러므로 이들은 식물의 무기양분 흡수의 조절을 통하여 생육을 촉진하는 것으로 판단하였다.

Key words: tomato, chitin, chitosan, chitoooligosaccharides, biomodulator

서 론

키틴, 키토산, 및 그 유도체들은 응집제, 폐수처리제, 섬유, 부직포, 구슬, 스폰지, 젤 등의 공업적 소재, 피부용 또는 모발용 화장품 소재, 건강 보조 식품 첨가제, 화상과 피부손상 도포제, 의과용 봉합사, 종자 도포제 등으로 상업적 응용이 이루어지고 있으며, 앞으로 그 유용성은 더욱 다양해질 것으로 예상된다.^{1,3)}

일찍이 일본에서는 갑각류의 껍질에 들어있는 질소와 인산에 의한 비료효과가 인정되었던 탓에 보통 유기질 비료에 속하는 갑각류질 비료분말과 특수 비료에 속하는 갑각류질 비료로 분류되어 판매되었다. 그러나 갑각류의 껍질에 함유된 키틴 및 그 유도체인 키틴 올리고당이나 키토산 등에 의하여 나타나는 생리적인 기능을 인정한 것은 아니었다.¹⁾ 갑각류의 껍질에는 토양개량 효과와 연작장애 방지효과가 있는 것이 경험적으로 알려져 토양개량 재료로서 기능이 인정되어왔으며, 이러한 효과는 갑각류의 껍질에 함유된 키틴에서 유래된 것으로 여겨져 왔다.¹⁾

지금까지 보고된 키틴과 그 유도체의 다양한 생물활성 가운데 식물 생장촉진 활성,⁵⁾ phytoalexin의 유도,⁴⁾ 항균활성,⁶⁻¹⁰⁾ 토양 개량 효과,⁶⁾ 식물 병저항성 관련 단백질의 유도,¹¹⁾ 발근촉진,⁵⁾ 수량증진¹²⁾ 등은 이들의 농업용 소재로의 활용 가능성을 제시한다.

그 예로서, Fukui 등⁵⁾은 근채류 작물인 무를 모델계로 이용해 키토산(분자량 약 300,000)의 젖산 수용액에 의한 종자 피복구와 토양중에서 키틴 또는 키토산 분말을 혼합한 토양혼화구에 대하여 포트재배시험을 실시하여, 파종 후 13일, 27일 및 37일 째에 잎 길이, 전체 중량 및 뿌리 중량을 측정한 결과, 무 처리구에 비해 키토산 종자 피복구 및 키토산 토양혼화구에서 모두 성장 촉진효과가 나타났다. Chibu 등¹²⁾은 키토산을 혼합한 토양에서 콩, 미니 토마토, 발벼, 상치 유묘의 생장을 조사

하였으며 어느 작물에서나 키토산의 생장 촉진 효과를 확인하였다. 또한 그들은¹³⁾ 키토산 용액을 토양에 관주하며 옥수수과 콩의 생육을 조사하여 생장 촉진효과를 확인하였다.

그러나 이 생장촉진효과의 기작에 관해서는 알려진 바 없다. 다만, 키틴과 키토산은 아미노기를 가졌기에 산성 토양의 중화 및 토양입자의 입단화를 촉진하여 통기성과 보수성을 개선하여 작물 싹뿌리의 발달을 도왔을 것이라는 가설이 제시된 바 있다.⁵⁾ 키틴과 키토산의 다양한 생물기능성에 관한 작용기작은 앞으로 충분한 해명을 기다리는 분야이다.

이에 본 연구에서는 키틴과 그 유도체들을 토양 처리 또는 종실에 피복 처리하여 토마토를 포트에서 재배하였으며 토마토의 초기 생육에 미치는 영향을 조사 검토하여 그 실용성을 검증하고자 하였다.

재료 및 방법

재료. 키틴(DA 2.3%)과 키토산(DA 76.9%)은 (주)금호화성의 제품을 사용하였다. 키토산올리고당은 Horowitz 등의 방법에 따라 제조하였다.¹⁴⁾ 영광 품종의 토마토 종자는 종묘사에서 구입하여 사용하였다. 포트재배용 배지는 soil : vermiculite : sand 를 1 : 2 : 1(v/v/v)로 섞어 만들었으며, 그 이화학적 성질은 Table 1과 같았다. 토마토를 재배하면서 필요시 영양액(KNO₃, 0.257 mM; MgSO₄ · 7H₂O, 1.01 mM; KH₂PO₄, 0.051 mM; Ca(NO₃)₂, 0.36 mM; ZnSO₄ · 7H₂O, 0.11 μM; H₃BO₃, 4.58 μM; MnCl₂ · 4H₂O, 1.01 μM; CuSO₄ · 5H₂O, 0.08 μM; Na₂MoO₄ · H₂O, 0.05 μM; C₁₀H₁₂FeN₂NaO₈, 62.7 μM)을 관수하였다.

코팅 처리. 종자 40립을 키토산 용액(10.0 mg/ml, 0.2% 젖산 수용액에 24시간 침지한 후 30분 풍건하였다. 이후 다시 2회 30분씩 침지와 건조를 반복하였으며, 이를 증류수에 적신 거름종이를 깔 페트리접시에 27°C, 2일간 치상하여 발아상태가 양호한 종자를 정식 포트에 3립씩 심었다.

토양 혼합 처리. 키틴, 키토산, 키토산올리고당 분말 시료를 포트당 366 mg씩(3.3 kg/10a) 상토와 혼합하여 처리하였다. 종자 40립을 증류수에 24시간 침지한 후 간단히 물기를 제거하

*연락처

Phone: 82-62-530-2133; Fax: 82-62-530-2139
E-mail: rdpark@chonnam.ac.kr

Table 1. Physico-chemical properties of the growth medium

pH (1 : 5 H ₂ O)	EC (dS/m)	OM (%)	Total N (%)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	CEC (cmol ⁺ /kg)	Ca (cmol ⁺ /kg)	Mg (cmol ⁺ /kg)	K (cmol ⁺ /kg)
8.1	0.3	1.1	0.1	17.3	8.6	6.5	1.9	0.3

Table 2. Growth of tomato plants at 30-days after seeding

Treatment ¹⁾	Plant height (cm)	No. of leaves	Maximum leaf length (cm)	Root length (cm)	Stem length (cm)	Shoot weight (g)
A	35.8±1.4 ^{cd2)}	21±1 ^c	5.1±0.4 ^b	9.8±0.5 ^d	26.5±0.6 ^c	2.9±0.3 ^d
B	40.5±1.5 ^{de}	21±2 ^c	5.9±0.4 ^{ab}	12.1±0.8 ^{cd}	28.5±1.0 ^c	3.7±0.3 ^{cd}
C	41.0±1.7 ^{de}	21±1 ^c	5.3±0.3 ^{ab}	13.4±0.9 ^{bc}	27.7±0.8 ^c	3.2±0.2 ^d
D	47.7±1.5 ^{bc}	24±2 ^c	6.0±0.4 ^{ab}	14.9±0.7 ^{ab}	32.9±0.3 ^b	4.6±0.3 ^c
E	55.0±2.0 ^a	31±2 ^a	6.4±0.3 ^a	16.0±0.7 ^a	39.0±1.2 ^a	7.8±0.4 ^a
F	49.7±2.9 ^{ab}	29±2 ^{ab}	6.4±0.4 ^a	12.8±0.8 ^{bc}	36.8±0.9 ^a	6.3±0.5 ^b
G	42.5±1.7 ^{cd}	25±1 ^{bc}	5.5±0.3 ^{ab}	14.9±0.4 ^{ab}	28.1±1.2 ^c	1.0±0.1 ^e

¹⁾A: Control, B: Chitosan coating, C: Chitosan solution watering, D: Chitosan oligomer solution watering, E: Chitin mixing with soil, F: Chitosan mixing with soil, G: Chitosan oligomer mixing with soil.

²⁾Values not sharing common letter in column are significantly different at $p < 0.05$. Each value is the mean ± SE for n=3.

Table 3. Growth of tomato plants at 45-days after seeding

Treatment ¹⁾	Plant height (cm)	No. of leaves	Maximum leaf length (cm)	Root length (cm)	Stem length (cm)	Shoot weight (g)
A	46.1±1.0 ^{cd2)}	27±1 ^c	5.4±0.3 ^b	17.0±1.1 ^a	29.1±2.1 ^c	4.61±0.4 ^c
B	57.2±1.5 ^b	39±2 ^b	6.0±0.2 ^{ab}	17.7±1.2 ^a	39.5±1.3 ^b	8.54±0.7 ^b
C	54.5±1.2 ^b	42±1 ^b	6.1±0.4 ^{ab}	16.0±1.1 ^a	38.5±1.1 ^b	8.65±1.0 ^b
D	59.5±2.3 ^b	44±3 ^b	6.3±0.5 ^{ab}	18.7±0.8 ^a	40.8±1.1 ^b	10.17±0.4 ^b
E	66.1±2.3 ^a	57±2 ^a	6.9±0.6 ^{ab}	17.3±1.0 ^a	48.8±1.5 ^a	15.45±0.6 ^a
F	69.5±2.2 ^a	56±2 ^a	7.0±0.4 ^a	18.1±1.2 ^a	51.4±1.5 ^a	16.25±0.9 ^a
G	69.0±2.2 ^a	53±2 ^a	6.9±0.5 ^{ab}	18.0±1.1 ^a	51.0±1.8 ^a	15.44±1.4 ^a

¹⁾See Table 2 for the explanation of treatments.

²⁾Values not sharing common letter in column are significantly different at $p < 0.05$. Each value is the mean ± SE for n=3.

고 이를 증류수에 적신 거름종이를 간 페트리접시에 20°C, 2일 간 치상하여 발아상태가 양호한 종자를 정식 포트(700 g/pot)에 3립씩 심었다.

관주 처리. 키토산과 키토산올리고당 용액(366 mg/50 ml, 0.2% 젖산 수용액)을 토마토 종자를 심기 전에 각 포트 상토 표면에 25 ml씩 2회에 걸쳐 골고루 뿌렸다.

생육 조사 및 무기분석. 포트에서 30일 그리고 45일 재배 후에 식물체를 수확하여 신장, 간장(幹長), 근장(根長), 잎수, 생체중 등을 조사하였다. 한편, 생체를 지상부와 지하부로 나누어 건조한 다음 분쇄하고 습식분해하여 무기성분 분석에 사용하였다. 전질소 함량은 Kjeldahl법, 인산은 vanadate법, 나머지 양이온은 원자흡광분광광도계를 이용하여 분석하였다.

발아율 조사. 종자 20립을 각종 농도의 키토산 용액에서 발아시켜(25°C) 발아율을 조사하였다.

통계분석. 실험은 3반복으로 수행되었으며, 평균치는 mean ± SE로 표시하였으며, 반복 평균치간의 유의성은 SAS software (version 6.12)를 Duncan's multiple range test에 의해서 검증하였고, $p < 0.05$ 에서 평균값 간의 유의적 차이를 구하였다.

결과 및 고찰

토마토의 초기 생육. 토마토를 대상으로 키토산 혼화, 키토산

혼화 또는 관주, 키토산 올리고당 혼화 또는 관주, 키토산 피복 등의 처리를 행하여 포트에서 재배하며 초기 생육을 파종 후 30일과 45일에 관찰하였다(Table 2 & 3). 토양에 키토산 등을 처리한 경우 신장, 잎수, 근장, 간장, 생체중, 최대 잎길이 등 모든 생육지표가 향상된 것으로 나타났다(Fig. 1). 파종 후 30 일째에 조사한 결과에 따르면 키토산을 토양에 혼화처리한 경우에 그 효과가 가장 컸으며, 45일째의 생육조사에서는 키토산을 토양 혼화처리한 경우에 생육 촉진효과가 가장 컸다. Fig. 1에 나타난 바와 같이 키토산/키토산의 처리는 특히 뿌리의 생장을 두드러지게 하였다. 이 결과는 키토산의 처리가 멜론의 발근을 현저히 촉진하였으며 1 m²당 50 mg 상당의 키토산 수용액을 2개월간 관수시에 잔디 뿌리의 현저한 발근촉진효과를 관찰하였다는 보고와 키토산 처리는 무의 측근 수를 증가시켰으며 그 결과 지상부의 생육을 촉진하였다는 보고 등과 일치하는 것이다.^{15,16)}

Fukui 등은 키토산 종자 피복구와 키토산 또는 키토산 분말을 혼화한 토양혼화구에서 무의 잎길이, 전체 중량 및 뿌리 중량 등이 무처리구에 비해 증가하였다고 보고하였다.⁵⁾ 한편, Chibu 등은 키토산을 혼화한 토양에서 콩, 미니 토마토, 말뚝, 상치 유묘의 생장을 조사하여, 처리 농도에 따라 작물이 다른 반응을 보이는 것을 확인하였다.¹²⁾ 즉, 미니 토마토와 상치의 생장에는 0.1% 농도의 키토산 처리가 0.5% 보다 효과가 컸으나, 대두와 말뚝의 생육촉진 효과는 0.5% 농도에서 두드러졌다. 이

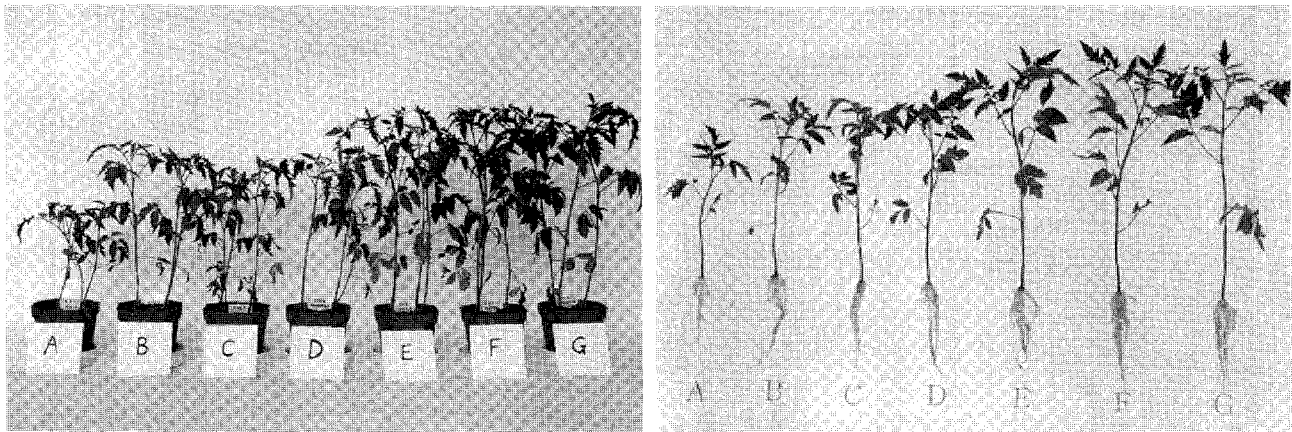


Fig. 1. Growth of tomato plants at 45 days after seeding as in pots (left) and in whole plants (right). A: Control, B: Chitosan coating, C: Chitosan solution watering, D: Chitosan oligomer solution watering, E: Chitin mixing with soil, F: Chitosan mixing with soil, G: Chitosan oligomer mixing with soil.

Table 4. Content of nitrogen, phosphorus, calcium, potassium, magnesium and sodium in shoot of tomato plants grown at 30 days after seeding

Treatment ¹⁾	N	P	Ca	K	Mg	Na
	(%)					
A	2.15±0.06 ^{c2)}	0.40±0.04 ^{cd}	3.48±0.16 ^a	2.93±0.14 ^a	1.46±0.09 ^b	0.06±0.01 ^b
B	3.27±0.11 ^b	0.39±0.03 ^d	3.09±0.24 ^a	1.30±0.06 ^c	3.00±0.33 ^a	0.01±0.00 ^b
C	2.63±0.09 ^c	0.40±0.06 ^{cd}	2.17±0.10 ^b	2.51±0.11 ^b	1.02±0.11 ^b	0.03±0.01 ^b
D	3.26±0.09 ^b	0.45±0.07 ^{bcd}	2.39±0.11 ^b	3.03±0.07 ^a	1.33±0.10 ^b	0.05±0.00 ^b
E	3.51±0.16 ^{ab}	0.56±0.05 ^{abc}	2.38±0.11 ^b	3.17±0.10 ^a	1.41±0.08 ^b	0.04±0.01 ^b
F	3.66±0.17 ^{ab}	0.59±0.04 ^{ab}	2.36±0.09 ^b	3.15±0.07 ^a	1.37±0.10 ^b	0.15±0.02 ^a
G	4.01±0.25 ^a	0.64±0.06 ^a	2.61±0.08 ^b	3.12±0.09 ^a	1.34±0.11 ^b	0.16±0.01 ^a

¹⁾See Table 2 for the explanation of treatments.

²⁾Values not sharing common letter in column are significantly different at $p < 0.05$. Each value is the mean ± SE for n=3.

Table 5. Content of nitrogen, phosphorus, calcium, potassium, magnesium and sodium in root of tomato plants grown at 30 days after seeding

Treatment ¹⁾	N	P	Ca	K	Mg	Na
	(%)					
A	3.11±0.08 ^{a2)}	0.40±0.04 ^{bc}	3.89±0.08 ^a	2.00±0.05 ^a	2.02±0.08 ^{bc}	0.10±0.02 ^c
B	2.06±0.04 ^c	0.27±0.02 ^{cd}	2.41±0.16 ^c	1.29±0.08 ^{cd}	2.40±0.05 ^a	0.00±0.00 ^d
C	2.44±0.09 ^b	0.25±0.04 ^d	2.15±0.09 ^{cd}	1.15±0.09 ^d	2.49±0.09 ^a	0.00±0.00 ^d
D	1.10±0.04 ^c	0.55±0.03 ^a	2.42±0.09 ^c	1.76±0.10 ^{ab}	2.55±0.09 ^a	0.00±0.00 ^d
E	0.90±0.03 ^c	0.56±0.04 ^a	1.39±0.10 ^c	1.08±0.05 ^d	1.47±0.11 ^d	0.00±0.00 ^d
F	2.50±0.05 ^b	0.53±0.05 ^{ab}	2.94±0.09 ^b	1.52±0.07 ^{bc}	1.79±0.11 ^c	0.18±0.03 ^b
G	1.40±0.06 ^d	0.54±0.05 ^a	2.05±0.03 ^d	1.27±0.10 ^{cd}	2.32±0.09 ^{ab}	0.24±0.02 ^a

¹⁾See Table 2 for the explanation of treatments.

²⁾Values not sharing common letter in column are significantly different at $p < 0.05$. Each value is the mean ± SE for n=3.

는 키틴산 등의 처리 농도와 작물에 따라 그 생장반응이 상이함을 제시하는 것이다. 한편, 키틴산 처리는 작물체의 염류소 함량을 증가시켰다는 보고도 있다.¹²⁾ Harada 등은 키틴산 용액을 토양에 관주하며 옥수수과 콩의 생육을 조사하여 역시 생장 촉진효과를 확인하였을 뿐만 아니라 키틴산의 처리는 작물에게 잡초 내성을 부여하는 효과까지 확인한 바 있다.¹³⁾ 따라서 이상과 같은 기존의 연구결과들과 본 연구의 결과를 비교할 때 키틴/키틴산 처리가 토마토를 비롯한 작물의 생육을 촉진할 수 있다는 결론을 가능케 하였다.

식물체 분석. 토마토 식물체의 지상부와 지하부의 무기성분 함량을 분석한 결과를 Table 4와 5에 나타내었다. 30일 묘의 지상부에서, 키틴 또는 그 유도체를 처리한 경우 질소와 인산의 함량이 대조구에 비하여 증가하였으며, 칼슘의 함량은 감소하였다. 30일 묘 뿌리에서는 키틴/키틴산 처리구에서 질소, 칼슘, 칼륨의 함량이 대조에 비하여 감소하는 경향이였다. 질소와 칼륨은 뿌리에 보다는 줄기에 더 높은 농도로 분포하였으며, 이러한 효과는 키틴/키틴산 처리구에서 크게 나타났다. 키틴/키틴산 처리구에서 뿌리의 생육이 대조구에 비하여 크게 향상되었

Table 6. Correlation of plant height, shoot weight and root length with nutrient contents in tomato plants grown at 45 days after seeding

	N	P	Ca	K	Mg	Na
Plant height	0.912	0.333	-0.759	0.752	0.716	-0.619
Shoot weight	0.926	0.463	-0.758	0.728	0.820	-0.662
Root length	0.617	-0.517	-0.039	0.005	0.377	-0.256

Table 7. Effect of chitosan treatment on the germination of tomato seeds

Unit: Number of germinated seeds (%)

Treatment ¹⁾	Days after treatment					
	1	2	3	4	5	6
A	0	9 (45)	18 (90)	20 (100)	-	-
B	0	0	18 (90)	19 (95)	20 (100)	-
C	0	2 (10)	17 (85)	19 (95)	20 (100)	-
D	0	0	0	6 (30)	9 (45)	14 (70)
E	0	0	1 (5)	3 (15)	5 (25)	12 (60)
F	0	0	0	0	0	1 (5)
G	0	0	0	0	0	0

¹⁾A: Control, B: 0.2% Lactic acid, C: 0.05% Chitosan, D: 0.1% Chitosan, E: 0.5% Chitosan, F: 1.0% Chitosan, G: 2.5% Chitosan.

으며, 이러한 뿌리의 발달이 이동성이 큰 주요 양분의 흡수를 전체적으로 향상시키며 이어서 지상부의 생육을 촉진시키는 것으로 판단된다. 대조구와 비교하여 질소와 칼륨의 함량이 키틴/키토산 처리구에서 상대적으로 줄기에 비하여 뿌리에 그 함량이 낮은 것은 키틴/키토산 처리가 뿌리의 생육을 크게 향상시킴으로써 나타나는 희석효과 일 것이다. 물론 키틴/키토산이 무기양분의 흡수와 체내 이동에 직접적으로 영향을 미치는 것으로 해석될 수도 있을 것이나 이에 대한 명확한 근거는 아직까지 알려지지 않았으며 보다 구체적인 연구를 통하여 밝혀질 수 있을 것이다.

45일 묘의 분석 결과는 전체적으로 30일 묘에서와 비슷한 경향이었다(미제시 자료). Table 6은 45일 묘의 생장과 무기성분 함량과의 상관관계를 분석한 결과를 보여주고 있다. 신장고와 질소, 칼륨, 마그네슘 함량 사이에는 강한 정상관을 보였으며, 칼슘 함량과는 역상관을 나타냈다.

토마토 종자의 발아율. 한편, 키토산의 토마토 종자 피복이 종자의 발아에 미치는 영향은 흥미 있는 결과를 보여주었다 (Table 7). 즉, 키토산의 종자 피복 처리는 일반적으로 종실의 발아 속도를 지연시켰으며, 0.1% 농도에서는 발아율의 감소까지 초래하였다. 그러나 0.05% 키토산 농도에서는 무처리와 대등한 결과를 보였다. 이는 키토산의 처리가 토마토 종자의 발아생리에 영향을 미친다는 것을 의미한다.

이상을 종합하면, 키틴 또는 키토산의 처리는 토마토의 생장을 촉진하며 그 발아생리에 영향을 미친다는 결론에 이른다. 그러나 이 생리활성의 기본 기작은 알려지지 않은 것이다. 키토산의 처리 후에 관찰되는 무, 멜론, 잔디 등의 현저한 발근촉진 효과는 이를 일부 뒷받침한다.^{5,15,16)} 본 연구에서는 토마토 잎 중의 엽록소함량을 측정하지는 않았으나 키토산의 처리로 작물체의 엽록소 함량이 증가되었다는 기존의 연구결과에 근거하면 광합성량의 증가 가능성을 예상할 수 있다.¹²⁾ 일반 토양에서는 처리된 키틴/키토산이 토양입자의 입단화를 통한 통기성과 보수성을 증진시켜 모세근의 발달을 유도하며, 분해된 후에는 질소와 탄소공급원이 되며, 식물체의 항균활성과 방어기구의 활

성화를 유도한다고 알려져 있으나,^{5,12,15)} 본 연구에서는 vermiculite와 모래를 토양에 혼합하여 작물을 재재하였으며 또한 영양액을 공급하였으므로 토양입단구조의 발달, 유기물 분해를 통한 양분공급, 항균작용 등의 영향은 없었을 것이다.

본 연구를 통하여 키틴/키토산의 토양 처리가 작물의 생장을 촉진할 수 있음을 다시확인하였는데, 이는 단지 초기생육에 한정된 것인 바 앞으로 초기 생육뿐만 아니라 수량까지 조사하여야 할 것이다. 토마토뿐만 아니라 다양한 작물에서, 분자량과 탈아세틸화도의 차이에 따른 키틴/키토산의 종류, 농도 및 처리 방법에 따른 생육촉진효과도 규명하고, 나아가 발아지연, 병해충 저항성, 내재해성, 엽록소 및 elicitor의 유도 기작 등 작물 생리에 미치는 영향까지 포장 수준에서 연구하여야 할 것으로 본다.

감사의 글

이 연구는 과학기술부 특정연구개발사업비(국가지정연구실사업 NRL)의 지원으로 수행된 것으로 이에 감사를 포함합니다.

참고문헌

- Kim, S. (1998) Application of chitin and chitosan in agricultural fields. *Kor. J. Chitin Chitosan* 3, 327-342.
- Sandford, P. A. (1989) Chitosan; Commercial uses and potential applications. In *Chitin and Chitosan*, Skjak-Break, D., Anthonsen, T. and Sandford, P. (eds.), Elsevier, New York.
- Hirano, S. (1989) Production and application of chitin and chitosan in Japan. In *Chitin and Chitosan*. Skjak-Break, D., Anthonsen, T. and Sandford, P. (eds.), Elsevier, New York.
- Hadwiger, L. A., Ogawa, T. and Kuyama, H. (1994) Chitosan polymer sixes effective in inducing phytoalexin accumulation and fungal suppression are verified with synthesized oligomers. *Mol. Plant Microbe In.* 7, 531-533.
- Fukui, H., Tohara, K., Muraoka, K. and Tsugita, T. (1989) Effects of chitin and chitosan on the growth promotion of crop

- plants. I. Growth promotion and its effectiveness. *P. Jpn. Crop Sci.* (Sikoku) **26**, 1-8.
6. Allan, C. R. and Hadwiger, L. A. (1979) The fungicidal effect of chitosan on fungi of various cell composition. *Exp. Mycol.* **3**, 285-287.
 7. Uchida, Y. (1988) Antifungal activity of chitin and chitosan. *Food Chem.* **2**, 22-29.
 8. Stossel, P. and Leuba, J. L. (1984) Effect of chitosan, chitin and some aminosugars on growth of various soilborne phytopathogenic fungi. *Phytopath.* **111**, 82-90.
 9. Hadwiger, L. A. and Beckman, J. M. (1980) Chitosan as a compound of pea-*Fusarium solani* interactions. *Plant Physiol.* **66**, 205-211.
 10. 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 *Pisum sativum*. *Exp. Mycol.* **8**, 276-281.
 11. Inui, H., Yamaguchi, Y., Ishigami, Y., Kawaguchi, S., Yamada, T., Ihara, H. and Hirano, S. (1987) Three extracellular chitinases in suspensioncultured rice cells elicited by N-acetylchitooligosaccharides. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **60**, 1956-1961.
 12. Chibu, H. and Shibayama, H. (1999) Effects of chitosan application on shoot growth of several crop seedlings. *Rpt. Marine Highland Biosci. Cent.* **9**, 15-20.
 13. Harada, J., Shibayama, H., Kiguchi, J., Chibu, H. and Arima, S. (1996) The observation on chitosan application to the growth and weed tolerance of several upland crops. *Rpt. Marine Highland Biosci. Cent.* **3**, 27-32.
 14. Horowitz, S. T., Roseman, S. and Blumenthal, H. J. (1957) The preparation of glucosamine oligosaccharide. I. Separation. *J. Am. Chem. Soc.* **79**, 5046-5049.
 15. Tsugita, T., Takahashi, K., Muraoka, T. and Fukui, H. (1993) The application of chitin/chitosan for agriculture. *Proceeding of 7th Chitin Chitosan Symposium*, pp. 21-22.
 16. Chibu, H., Shibayama, H. and Arima, S. (1999) Effects of chitosan application on growth of radish seedlings. *Jpn. J. Crop Sci.* **68**, 199-205.

Effect of Chitin Application on the Early Growth of Tomato

Yu-Lan Jin, Myeong-Sim Ji, Kil-Yong Kim, Gyu-Suk Cha¹, Dong Hyun Chae² and Ro-Dong Park* (Department of Agricultural Chemistry, Institute of Agricultural Science and Technology, Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea; ¹Division of Civil and Environmental Engineering, Gwangju University, Gwangju 503-703, Korea; ²Soil-Love Ltd., Damyang, Jeonnam 517-830, Korea)

Abstract: Chitin and its derivatives have been introduced to tomato seedlings by direct mixing of chitin, chitosan, or chitooligosaccharides (CO) with soils, watering of chitosan or CO solutions to soils, or chitosan-coating of tomato seeds as a biomodulator of plant growth, and the growth of tomato plants was measured 30- and 45-day after seeding in the pots. The treatment of chitin and its derivatives promoted the growth of tomato plants in plant heights, shoot weight, maximum leaf length and number of leaves. By comparison in the contents of cellular inorganic nutrients in the plants, it was found out that chitin or chitosan treatments accelerated nitrogen and potassium uptake but inhibit calcium uptake, suggesting that chitin and its derivatives modulate absorption of inorganic nutrients through plant roots from environment.

Key words: tomato, chitin, chitosan, chitooligosaccharides, biomodulator

*Corresponding author