



도라지와 더덕 뿌리썩음병의 방제 효과에 미치는 재배환경의 영향

김다란¹ · 강근혜² · 정희준^{2,†} · 홍성원¹ · 곽연식^{2,*}

¹경상대학교 응용생명과학부, ²경상대학교 농업생명과학연구원

Effect of Culture Conditions on the Chemical Control Efficacy of Root Rot Disease of *Platycodon grandiflorum* and *Codonopsis lanceolata*

Da-Ran Kim¹, Geun-Hye Gang², Hee Jun Jung^{2,†}, Sung Won Hong¹ and Youn-Sig Kwak^{2,*}

¹Division of Applied Life Science, Gyeongsang National University, Jinju, 52828, Korea

²Department of Plant medicine and Institute of Agriculture & Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

(Received on June 13, 2016. Revised on June 27, 2016. Accepted on June 30, 2016)

Abstract *Platycodon grandiflorum* and *Codonopsis lanceolata* have been considered as cash vegetables and alternative medicine plants in Korea. In a previous survey from 1998 to 2010, repeated cultivation of the plant increased root rot disease incidence and severity. The disease has been recognized as critically limiting factor for crop production. However, control method has not been established for the disease of *P. grandiflorum* and *C. lanceolata*. In this study, control efficacy of Tebuconazole EC, Trifloxystroim SC and grapefruit extract was evaluated on the root rot disease of these plants in two different field conditions. Three of different fungicide were non critical effect to the disease severity and the control value, but grapefruit seed extract (GSE) was more ability to control the disease in *C. lanceolata*. In most things, soil drainage was the most important to decrease the disease severity and to improve the control value.

Key words Ballflower, Bonnet bellflower, Chemical control, Eco-friendly control, Root rot disease

<< ORCID

Youn-Sig Kwak

<http://orcid.org/0000-0003-2139-1808>

서 론

고소득 임산물인 도라지와 더덕은 다년생 근채류로서, 국내 재배 면적이 매년 증가하고 있다. 도라지는 1998년 1,302 ha에서 2010년 1,418 ha로 9% 증가하였고, 더덕은 1998년 1,256 ha에서 2010년 2,704 ha로 115% 증가하였다 (An et al., 2013).

이와 같은 재배면적의 증가에 비하여 국내에서는 근채류 중 주로 인삼에 대한 연구가 진행되어 있으므로 도라지·더덕의 병해로 경제적 손실이 증가하고 있으며 피해에 대한 방제 대책이 전무한 실정이다(Jeon et al., 2013).

뿌리썩음병의 발병으로 인한 영향은 1년생의 더덕과 도라지의 경우 발병률이 0.1% 미만이지만 2년생의 경우 최대 30%정도 까지 발병률이 나타난다(Kim et al., 2011). 뿌리썩음병에서 큰 피해로 나타나는 연작피해의 발생정도는 초작지에서는 10% 미만이지만, 연작지에서는 약 80%의 뿌리썩음병이 발생하는 것으로 알려져 있어 방제용 농자제가 필요한 시점이다(Jang et al., 2011, Rahman and Punja., 2005).

*Corresponding author

E-mail: kwak@gnu.ac.kr

†: Present address: Hanearl Science Ltd, Taebaek, 26046, Korea

기존의 연구결과에서 인삼뿌리썩음 병징으로부터 *Cylindrocarpon destructans*, *Fusarium solani*, *Rhizoctonia solani*, *Botrytis cinerea*, *Phytophthora cactorum*, *Pythium* sp., *Alternaria panax* 등 7종의 병원균이 분리, 동정되었다 (Kim et al., 2012). 이들 병원균 중, 인삼 뿌리썩음병은 *C. destructans*에 의해 발생하는 것으로 알려져 있으나, 도라지·더덕 뿌리썩음병은 *Fusarium* spp.에 의해 발생하는 것으로 보고 되어있다(Kim et al., 2006, Lee et al., 1991). 뿌리썩음병의 병징으로 초기에는 뿌리가 암갈색으로 무르다가 근주 전체가 검게 타버리는 증상이 나타나며 결과적으로 수확량의 감소에 영향을 미치고 있다.

또한 뿌리썩음병은 토양 산도, 수분, 온도와 같은 환경적 요인과 발병도의 상관관계에서 토양 pH산도 5, 수분잠재력 0.02 MPa, 온도 20°C에서 가장 높은 발병도를 나타내는 것을 알려져 있다(Lee et al., 2014). 최근 까지 근채류 중 인삼 뿌리썩음병에 관한 방제 연구가 주로 수행되었으며, 다조메 입제 등의 토양훈증제를 사용한 방제가 시도 되었으나 여러 가지 여건상 실용적으로 사용되고 있지 못하고 있는 실정이다(Kim et al., 2011).

이에 국내에서는 화학제제 21종과 친환경유기농자재 19종을 이용하여 도라지와 더덕 뿌리썩음병방제제를 선발하고자 하였고, cyazofamid SC, trifloxystrobin SC, difenoconazole WP과 함께 tebuconazole EC가 가장 뚜렷한 병원균(*F. oxysporum*) 성장 저지대를 보였으며, 유기농자재로는 자몽 종자 추출물(Grapefruit Seed Extract, GSE)이 선발 되었다(Jeon et al., 2013). 병원균에 가장 뚜렷한 항진균 효과를 나타내었던 화학제제 tebuconazole EC는 triazole계 살균제로서 옆면살포를 통하여 토양과 옆면에 축적되어 독성을 나타내는 특성이 있으며, trifloxystrobin SC 진균의 미토콘드리아 호흡계에서 전자전달을 막아 다양한 병원균에 대하여 항진균성을 나타낸다고 보고되어 있다(Kundu et al., 2011, Han et al., 2012). 친환경 유기농자재로서 선발된 자몽 종자 추출물은(GSE) 토코페놀이 함유되어있어 세포벽과 세포막의 기능을 약화시켜 항진균과 항세균성으로 알려져있다(Al-

Âni et al., 2011).

그러나 현재까지 근채류 뿌리썩음병에 대한 올바른 방제 약제 연구와 재배지 관리 방법이 미흡한 실정과 함께 더덕, 도라지 재배 농가에서 인식 부족으로 뿌리썩음병에 대한 피해를 줄이지 못하고 있다. 본 연구에서는 선행연구에서 선발된 화학제제 및 친환경제제의 방제효과를 도라지와 더덕의 재배환경별로 뿌리썩음병 방제 효과 검증을 수행하였다.

재료 및 방법

뿌리썩음병 발병률 조사 및 병징 조사

포장 선정에 있어 도라지와 더덕의 재배조건이 다른 평지 재배지와 산지 재배지 두 조건으로 포장을 선정하였다. 하동군 옥중면의 평지 재배지(Fig. 1A)는 2014년 5월 21일 부터 7일간격으로 5월 28일, 6월 4일, 6월 11일에 조사를 시행하였으며, 산지 재배지(Fig. 1B)로 2014년 5월 23일 부터 6월 13일까지 진주시 금산지역(국립산림과학원 시험포장, 월아시현림 N35°21', E128°15')을 정하여 실험을 수행하였다. 재배지 특성 외의 두 포장의 차이는 하동군 옥중면 포장(N35°16', E127°09')의 도라지는 이식을 했었고, 평지 재배로 토양은 점질토였다. 진주시 금산면의 포장은 파종을 하였고, 산지 재배로 토양은 식양토였다. 병징은 기존에 알려져있는 뿌리썩음병의 병징을 기준으로 근부에 갈색의 무른 병반이 보이며 근부와 덩굴의 연결부위가 쉽게 분리되는 경우 그리고 지상부의 덩굴이 검게 말라 죽으며 시들음 증상이 보이는 것을 뿌리 썩음병 발병에 포함시켜 조사하였다(Kim et al., 2006). 발병도조사는 병의 정도 및 발병률을 종합하여 다음과 같은 기준으로 하였다. 병징이 관찰되지 않는 경우를 0, 병징이 식물체에서 1~10%를 1, 10~30%를 2, 30~50%를 3, 50~70%를 4, 그리고 70% 이상이거나 전체적으로 식물체가 고사한 경우를 5로 측정하였다(Song et al., 2014). 이때 한 처리구는 임의 선발을 통하여 150근주를 기준으로 발병도를 계산하였다. 이후 ANOVA 분석을 시행한 후, 처리 평균간 비교를 위하여 Tukey HSD ($P=0.05$)를 실시하였다. 발병도와 방제기는 농약등록실험 표준 작업 지침



Fig. 1. Field conditions and the disease symptoms of root rot. A: Hadong production areas (paddy field culture), B: Geumsan production areas (forest stands culture), C: Root rot disease symptoms of *Codonopsis lanceolata*, D: Root rot disease symptoms of *Platycodon grandiflorum*.

서(SOP)를 통하여 수치화 하였다.

발병도 =

$$\frac{(\text{소의합} \times 1) + (\text{중의합} \times 3) + (\text{다의합} \times 5) + (\text{십의합} \times 7)}{\text{조사엽수} \times 7} \times 100$$

0 (무) = 0%, 1 (소) = 1-10%, 3 (중) = 10.1-25%, 5 (다) = 25.1-50%, 7 (십) = 50% 이상

$$\text{방제가} = (1 - (\text{처리구} / \text{무처리구})) \times 100$$

근채류 뿌리썩음병 화학방제약제와 친환경 유기농자재의 약효 및 약해 검증

화학 약제는 선행연구결과를 바탕으로 배지에서 약효가 가장 높게 검증된 tebuconazole EC와 trifloxystrobin SC를 처리하였으며 약제 살포는 7일 간격으로 3회 실시 하였다. 두 약제 모두 권장약량인 20 L 당 10 ml을 희석하여 도라지와 더덕 각각 150 근주에 옆면 살포 처리하였다.

친환경 유기농자재의 약제 살포는 화학방제 약제 처리와 동일하게 7일 간격으로 3회 실시 하였고, 약제는 자몽 종자 추출물(Grapefruits Seed Extract, GSE 80%) 1,000배와 자몽 종자 추출물(GSE) 500배 희석액을 옆면 살포 처리하였다. 약제의 약해 검증에 있어서 약량은 약효검증 처리 방법

의 2배액을 사용하였으며 약제의 처리방법은 약효검증과 동일하게 처리하였다.

결 과

근채류 뿌리썩음병 발병 조사 및 병징

산지 재배형태인 진주시 금산면 재배지에서 2014년 5월 21일 부터 7일 간격으로 2015년 6월 11일까지 그리고 평지 재배형태인 하동군 옥종면 재배지에서 2014년 5월 23일 부터 2015년 6월 13일까지 약제처리 전, 후 병징을 관찰 하였다. 약제처리 전 결과 두지역의 도라지와 더덕에서 뿌리썩음병의 병징인 덩굴부위 갈변과 시들음 증상을 포함하여 근부의 갈변 증상이 관찰되었다(Fig. 1 C and D). 또한 시험 전 발병 조사한 결과 두개 포장의 더덕과 도라지에서 약제 처리 전 초기 발병률이 5% 로 조사되었다.

근채류 뿌리썩음병 화학방제약제와 친환경 유기농자재의 약효 검증

하동군 옥종면 더덕 재배지에서는 tebuconazole EC를 3 회 처리한 근채류는 발병정도가 무처리구와 큰 차이점을 볼 수 없었으며, trifloxystrobin SC 약제를 처리한 구간에서 발

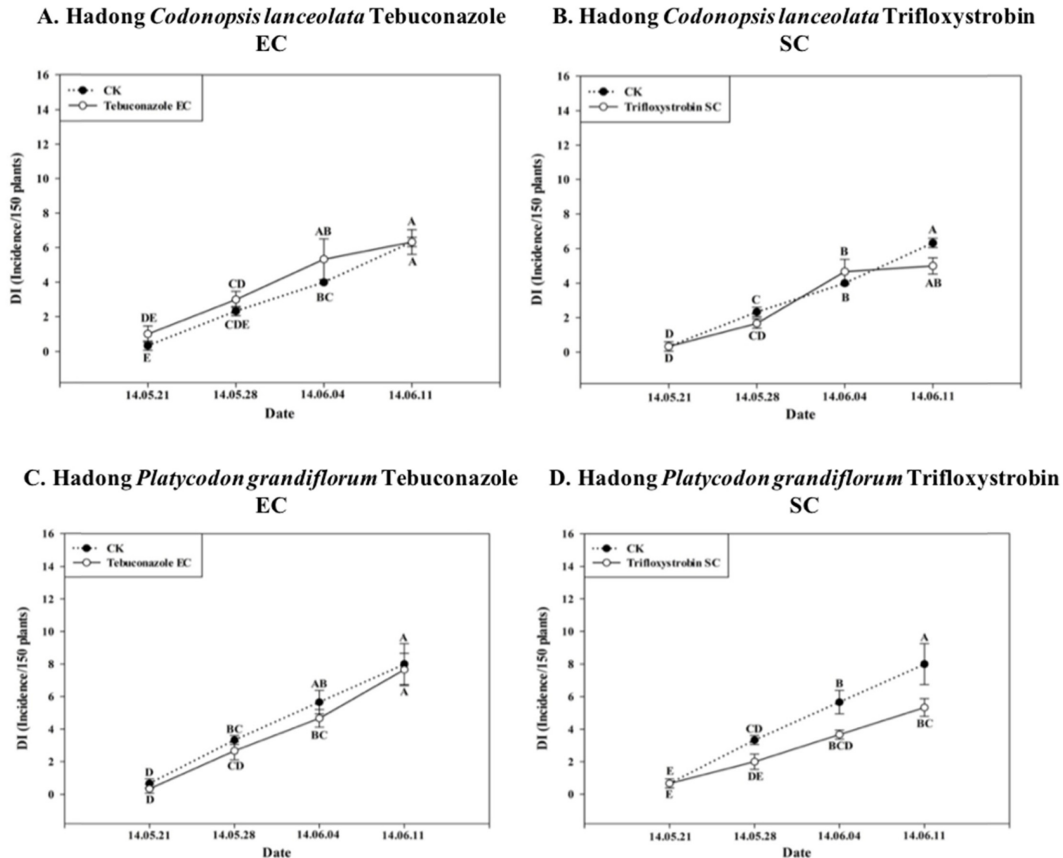


Fig. 2. Root rot disease control efficacies by the chemical applies in Hadong field. Bars indicate standard error and same letters represent no significantly different among the samples.

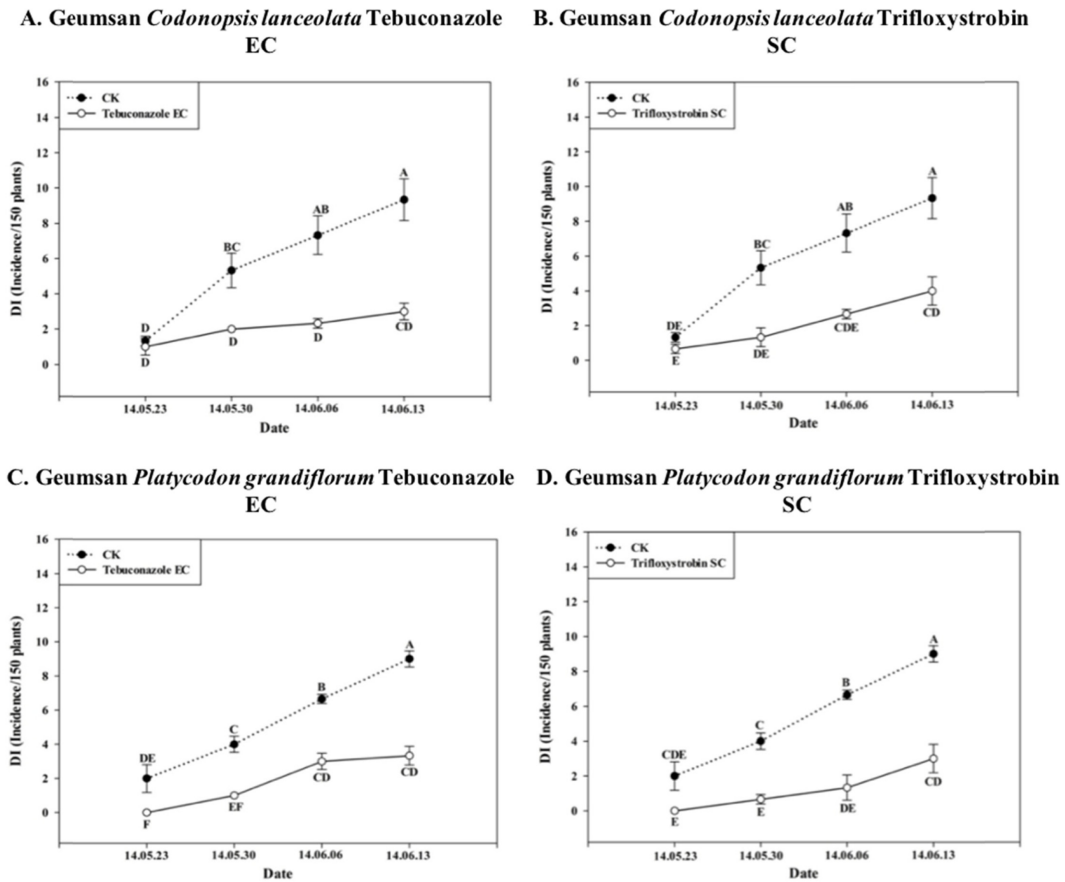


Fig. 3. Root rot disease control efficacies by the chemical applies Geumsan. Statistical analysis was performed with Tukey HSD ($p=0.05$).

병 개체수가 무처리 구에서 6%, 약제 처리구에서 5%로 발병율이 조사 되었다(Fig. 2A and B). 하동군 옥종면 도라지 재배지의 tebuconazole EC 처리 구역에서도 더덕과 같이 큰 차이가 없었다(Fig. 2C). 또한 하동군 옥종면도라지 재배지에 trifloxystrobin SC를 처리한 구역은 무처리 구가 8%였으며 처리구에서 발병 근주가 4.8%로 억제효과가 있었다(Fig. 2. D). 진주시 금산면 재배지는 하동 재배지와 달리 더덕과 도라지에서 2가지 약제 모두 발병을 크게 억제시킨 것을 확인할 수 있었다(Fig. 3A and B). 진주시 금산면 재배지에서 tebuconazole EC를 처리한 경우 더덕 처리구의 경우 2.4%였으며 무처리구는 9%로 처리구에서 발병율이 감소하는 것을 확인 되었으며, trifloxystrobin SC 처리구 역시 같은 결과로 무처리구는 9.2%였으며 처리구는 4%로 두배의 발병 억제 효과가 나타났다. 도라지의 경우 처리구에서 tebuconazole EC는 3.3%로 trifloxystrobin SC는 3.4%였으며 무처리구의 감염 근주가 8% 이상으로 약제의 효과를 검증하였다(Fig. 3C and D).

tebuconazole EC, trifloxystrobin SC 약량 2배 액을 처리하여 약해의 증상을 확인한 결과 약해가 관찰되지 않았다. 도라지 잎의 테두리가 보라색을 띠는 현상을 보였지만, 빛

으로 인한 일시적인 현상으로 관찰되었다. 더덕의 경우 약량 2배 액을 처리 했을 경우, 무처리구에 비교하였을 때 차이점이 없었으며 약해 증상 또한 관찰되지 않았다.

근채류 뿌리썩음병 유기농자재의 약효 검증

하동군 옥종면 평지 재배지에서 유기농자재로 자몽 종자 추출물(GSE) 1,000배 희석액 처리구에서 더덕의 경우 발병 근수에서 대조구와 큰 차이가 없었으며 도라지의 경우 처리구에서 12%로 무처리구에서 8%로 도라지에서 약효가 나타나지 않았다(Fig. 4A and C). 하동군 옥종면의 더덕과 도라지에서 자몽 종자 추출물(GSE) 500배 희석액 그리고 1,000배 희석액 모두 동일한 양상으로 더덕의 약제 처리구에서 다소 효과를 보였으나 도라지에서는 약제의 효과가 검증되지 않았다(Fig. 4B and D). 산지 재배 형태였던 진주시 금산면 더덕 재배지에서는 하동군 옥종면과 달리 친환경방제용 유기농자재의 500배와 1,000배 희석액에서 이병주 발병 억제 큰 효과를 보였다(Fig. 5). 진주시 금산면 재배지에서 자몽 종자 추출물(GSE) 500배 희석액 처리구 중 더덕의 경우 처리구에서 3%미만으로 발병근주의 개체수가 조사되었으며 도라지는 5.9%로 나타났고 각각의 무처리구가 9.8%,

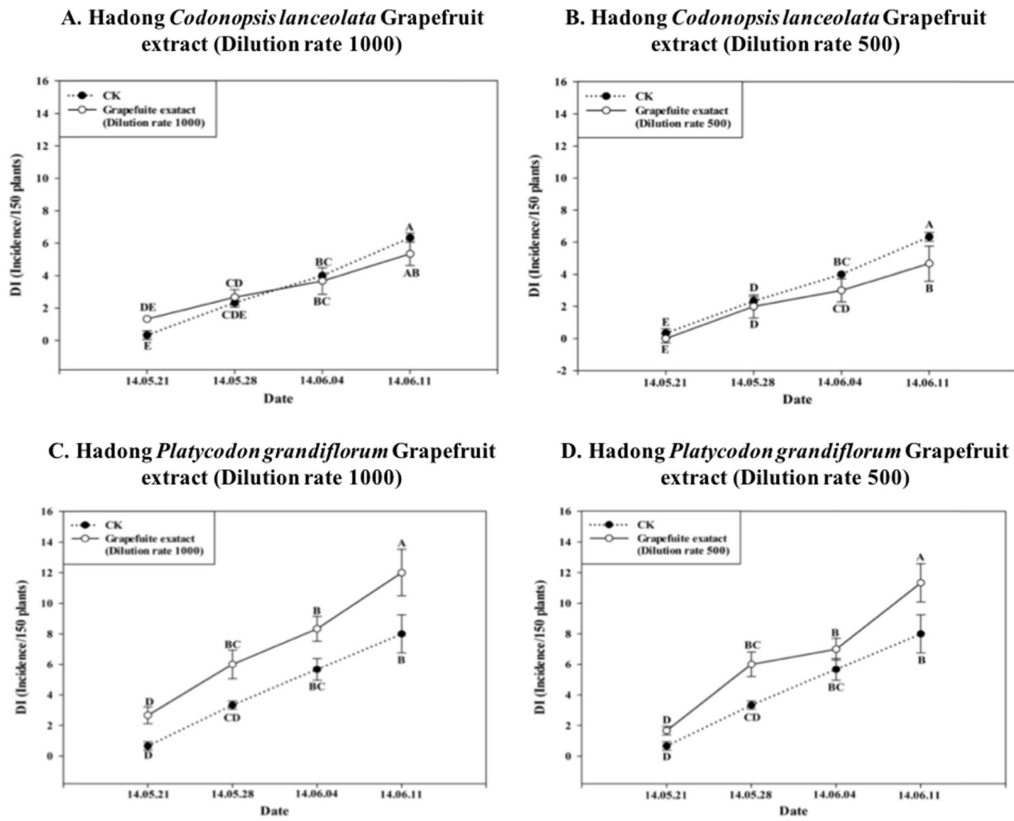


Fig. 4. Root rot disease control effectiveness by grapefruit extracts in Hadong.

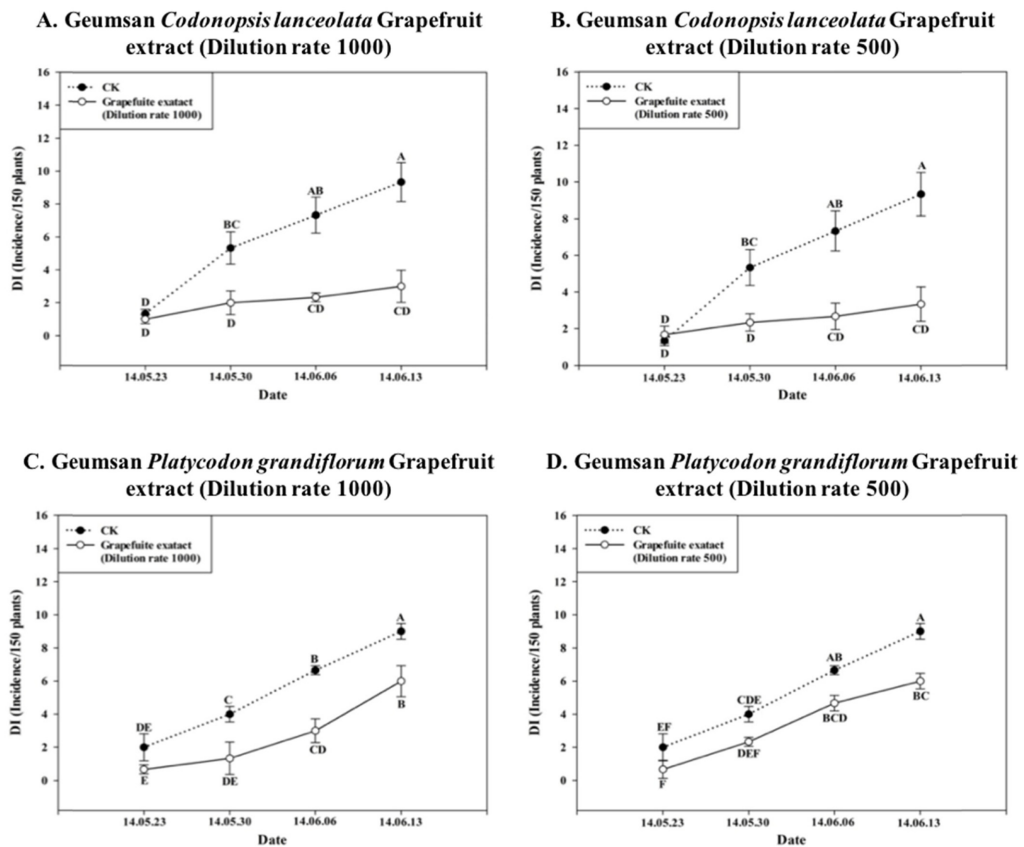


Fig. 5. The disease control efficacy of grapefruit extracts in Geumsan.

Table 1. Root rot disease incidence and control value in Hadong-goon Okjong-myeon

	Disease incidence (%)		Control value (%)	
	<i>Codonopsis lanceolata</i>	<i>Platyodon grandiflorum</i>	<i>Codonopsis lanceolata</i>	<i>Platyodon grandiflorum</i>
Tebuconazole EC	4.9	10.9	19	36.7
Trifloxystrobin SC	5	10.8	17.5	37.2
Grapefruit extract 500	4.4	12.8	27	25.6
Grapefruit extract 1000	4.8	13	20.6	22.4

Table 2. Root rot disease incidence and control value in Jinju-si Geumsan -myeon

	Disease incidence (%)		Control value (%)	
	<i>Codonopsis lanceolata</i>	<i>Platyodon grandiflorum</i>	<i>Codonopsis lanceolata</i>	<i>Platyodon grandiflorum</i>
Tebuconazole EC	3	3.4	51.6	69
Trifloxystrobin SC	3.7	2.6	39.1	76.7
Grapefruit extract 500	3.9	6.2	35.9	44
Grapefruit extract 1000	4.6	6.9	25	37.9

9.7%로 약제의 효과가 검증되었다(Fig. 5B and D). 1,000배 희석액 처리구 역시 이와 같은 동일한 양상을 보였으므로 친환경 유기농자재로서 자몽 종자 추출물의(GSE) 효과가 검증되었다(Fig. 5A and C). 자몽 종자 추출물의(GSE) 2배 액을 3회 처리한 후 약해 조사를 하였을 때 약해의 증상은 확인되지 않았다.

더덕, 도라지 뿌리썩음병 발병도 및 방제기

최종 약제 처리 후 각 구역의 발병도를 조사하여 방제기를 도출하였다. 하동군 옥종면 더덕재배지에서 약제 처리에 따른 발병도는 약제처리구에서 4.4%~5%의 발병도를 보였으며 방제기를 구한 결과 tebuconazole EC 19%로 가장 낮았으며 자몽 종자 추출물(GSE) 500배 희석액 에서 27%로 방제기가 가장 높았다. 도라지의 경우 trifloxystrobin SC가 37.2%로 방제기가 높았다(Table 1). 진주시 금산면 더덕재배지의 약제처리구에서는 tebuconazole EC가 51.6%로 가장 높았으며 다음으로 trifloxystrobin SC 39.1%와 자몽 종자 추출물(GSE) 500배에서 35.9% 순으로 방제기를 보였다. 도라지에서는 trifloxystrobin SC 가 76.7%로 가장 방제효과가 높게 나타났다 (Table 2).

고찰

본 실험에서는 근채류 중 생산량이 증가되고 있는 도라지와 더덕에 대하여 화학약제 2종과 유기농자재 1종에 대하여 뿌리썩음병 방제에 있어 재배형태에 따른 방제 효과 차이를 검증하고자 하였으며 재배지의 지리적 형태에 따라 약제의 방제효과에 있어서 차이가 나타남을 확인하였다. 선행연구(Jeon et al., 2013)에서 선발된 화학약제 tebuconazole EC와 trifloxystrobin SC 그리고 친환경 유기농자재로 선발된 자몽

종자추출물(GSE) 사용한 결과 더덕과 도라지의 친환경 유기농자재 효과를 비교하였을 때 근채류의 뿌리썩음병은 더덕의 경우 친환경방제용 유기농자재인 자몽 종자 추출물의(GSE) 방제 효과가 화학방제제를 대체 할 정도로 효과가 있는 것으로 사료된다. 그러나 화학약제와 유기농자재 모두에서 뿌리 썩음병의 감소가 확인 되어 자재의 조건이 병감소에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 보인다. 단 방제기가 낮게 나온 하동군 옥종면 재배지의 경우는 평지 재배지이며 집질토로 배수가 불량하였고, 진주시 금산면 재배지는 산지 재배지로 식양토이고 배수가 잘되는 환경이었다. 이는 근채류의 뿌리썩음병의 발병조건이 지리조건에 따른 환경적 요인에 영향을 받고(Lee et al., 2014), 약효 역시 동일한 영향을 받는 것으로 보여진다. 즉 배수가 용이한 산지 재배형태가 고품질의 더덕과 도라지 생산에 유리하며, 근채류의 종류 보다 재배지 환경의 차이로 인해 뿌리썩음병의 방제기가 차이가 나타나는 것으로 사료되어진다. 단 산지에 재배한 도라지에서는 친환경방제용 유기농자재 방제 시기와 살포 횟수의 차이에 따라 친환경 방제효과를 거둘 수 있을 것으로 기대된다.

유기농자재와 화학제제 사용에 있어서 재배자의 선택에 따라 사용하여도 병 방제에 큰 영향을 미치지 않을 것으로 보여지며, 또한 약제의 선택보다 병원균의 특성에 따라 배수가 용이한 재배지를 선택하여 재배하는 것이 병감소의 근본적인 해결 방안으로 제시하는 바이다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청의 연구과제(PJ010827)의 지원으로 수행 되었습니다.

Literature Cited

Al-Âni, W. N., N. O. Tawfik and E. Y. Shehab (2011) Antimicrobial activity of grapefruit seeds extracts (In vitro Study). *Al-Rafidain Dent J.* 11:341-345.

An, T. J., H. T. Kim and I. H. Kim (2013). 한국원예학회 기타 간행물. 5:389-392.

Han, S. H., B. R. Kang, J. H. Lee, S. H. Lee, I. S. Kim, C. H. Kim and Y. C. Kim (2012) A trifloxystrobin fungicide induces systemic tolerance to abiotic stresses. *Plant Pathol. J.* 28:101-106.

Jeon, C. S., G. H. Kim, K. I. Son, J. S. Hur, K. S. Jeon, J. H. Yoon and Y. J. Koh (2013) Root rot of balloon flower (*Platycodon grandiflorum*) caused by *Fusarium solani* and *Fusarium oxysporum*. *Plant Pathol. J.* 29: 440-445.

Jang, J., S. G. Kim, and Y. H. Kim (2011) Biocontrol efficacies of *Bacillus* species against *Cylindrocarpon destructans* causing ginseng root rot. *Plant Pathol. J.* 27: 333-341.

Kim, B. Y., J. H. Ahn, H. Y. Weon, J. K. Song, S. I. Kim and W. G. Kim (2012) Isolation and characterization of *Bacillus* species possessing antifungal activity against ginseng root rot pathogens. *J. Pestic. Sci.* 16:357-363.

Kim, H. J. and Y. S. Cho (2011) Characteristic of rhizome rot incidence of *Platycodon grandifloras* by ridge width and depth and cultivation period in the seeding place. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 19:246-250.

Kim, J. H., Y. H. Jeon, H. Park, B. D. Lee, D. H. Cho, B. Y. Park and Y. H. Kim (2006) The root-lesion nematode, *Pratylenchus subpenetrans*, on ginseng (*Panax ginseng*) in Korea. *Nematology* 8:637-639.

Kundu, C., A. Goon and A. Bhattacharyya (2011) Harvest residue study of fungicide tebuconazole EC formulation in groundnut and paddy. *Journal of Environ. Protec.* 2: 424-428.

Lee E. J., Y. H. Lee, W. D. Cho, W. G. Kim and K. S. Jin (1991) Compendium of medicinal plant diseases with color plates. *Reprot Agr. Sci. Inst., R. D. A. Suwon (Korea).* p. 210.

Lee J. S., K. S. Han, S. C. Lee, J. W. Soh and D. W. Kim (2014) Environmental factors on the development of root rot on ginseng caused by *Cylindrocarpon destructans*. *Res. Plant Dis.* 20: 87-94.

Rahman, M. and Z. K. Punja (2005) Factors influencing development of root rot on ginseng caused by *Cylindrocarpon destructans*. *Phytopathol.* 95:1381-1390.

Song M. J., H. Y. Yun and Y. H. Kim (2014) Antagonistic *Bacillus* species as a biological control of ginseng root rot caused by *Fusarium cf. incarnatum*. *J. Ginseng Res.* 38:136-145.

● ●
도라지와 더덕 뿌리썩음병의 방제 효과에 미치는 재배환경의 영향

김다란¹ · 강근혜² · 정희준^{2,†} · 홍성원¹ · 곽연식^{2,*}

¹경상대학교 응용생명과학부, ²경상대학교 농업생명과학연구원

요 약 도라지와 더덕은 고소득 작물로서 주목받고 있다. 최근 소득을 위해 작물을 연작하는 경우 연작피해로서 뿌리썩음병의 발병이 급속도로 증가하고 있다. 뿌리썩음병은 근채류 식물의 뿌리를 가해하여 큰 경제적 타격을 입히므로 방제가 시급하나 명확한 방제법이 개발되어 있지 않다. 이에 본 연구는 화학약제 tebuconazole EC, trifloxystroim SC, 유기농자재인 자몽 중자 추출물을(GSE) 이용하여 뿌리썩음병 방제 실험을 진행한 결과 더덕에서 친환경제제가 좋은 효과를 보였으나 도라지와 더덕에서 약제의 특성에 따라 큰 차이를 보이지 않았다. 단 재배조건이 배수가 용이한 경우 발병도의 감소와 병방제의 효과가 증진됨을 확인 하였다. 이에 근채류의 뿌리썩음병의 예방 및 방제의 근본적인 대책으로 재배지의 배수가 중요한 원인으로 보여지는 바이다.

색인어 도라지, 더덕, 화학적방제, 친환경방제, 뿌리썩음병

● ●