

Rhizoctonia 및 Pythium 모잘록병에 대한 Serenade 제제의 방제효과

Control Efficacy of Serenade Formulation against Rhizoctonia and Pythium Damping-off Diseases

조은주¹ · 강범관² · 장경수¹ · 최용호¹ · 김진철³ · 최경자^{1*}

¹한국화학연구원 바이오화학연구센터, ²바이엘크롭사이언스, ³전남대학교 응용생물공학부

Eun Ju Jo¹, Bum Gwan Kang², Kyoung Soo Jang¹, Yong Ho Choi¹, Jin-Cheol Kim³ and Gyung Ja Choi^{1*}

¹Research Center for Biobased Chemistry, Korea Research Institute of Chemical Technology, Daejeon 305-600, Korea

²Bayer CropScience Ltd., Pyeongtaek 451-864, Korea

³Division of Applied Bioscience and Biotechnology, Institute of Environmentally-Friendly Agriculture, Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea

***Corresponding author**

Tel : +82-42-860-7434

Fax: +82-42-861-4913

E-mail: kjchoi@kriict.re.kr

Damping-off, caused by *Rhizoctonia solani* and *Pythium ultimum*, is a very important plant disease and affects seeds and seedlings of many plant species worldwide. To investigate control efficacy of Serenade formulation (1.34%, SC) against Rhizoctonia and Pythium damping-off diseases, seeds of chili pepper and cucumber were sown in soils inoculated with *R. solani* and *P. ultimum* and Serenade formulation was applied by soil-drenching with 9-, 19-, and 39-fold dilutions. Control values of Serenade formulation on Rhizoctonia damping-off of chili pepper was 58% and 29% for 9- and 19-fold dilutions, respectively. In the case of cucumber Rhizoctonia damping-off, Serenade treatments showed similar control efficacy with damping-off of chili pepper. On the other hand, control efficacy of Serenade formulation on Pythium damping-off of cucumber was less than control effects on Rhizoctonia damping-off. Only Pythium damping-off of chili pepper treated with 9-fold dilution Serenade was statistically different with untreated control. This result suggest that Serenade formulation could be effectively used for controlling Rhizoctonia and Pythium damping-off diseases.

Keywords : *Bacillus subtilis* QST 713, Chili pepper, Cucumber, *Pythium ultimum*, *Rhizoctonia solani*

Received June 12, 2014

Revised June 26, 2014

Accepted July 1, 2014

서론

모잘록병은 전 세계적으로 고추, 토마토, 오이, 호박 등 거의 모든 작물에 심각한 피해를 입히는 주요 병해이다. 모잘록병을 일으키는 병원균으로는 *Rhizoctonia solani*, *Pythium* spp., *Phytophthora* spp. 및 *Fusarium* spp. 등이 보고되어 있다(Islam과 Babadoost, 2002; Mao 등, 1997; Stephens 등, 1982; Zamanizadeh 등, 2011). 이들 중 *R. solani*와 *Pythium ultimum*에 의한

모잘록병이 가장 많이 발생하고 있다. 이 병은 차고 수분이 많은 토양에서 많이 발생하는데 파종한 종자가 발아되기 전에 토양 내에서 썩거나, 종자가 발아하는 동안 또는 토양 표면으로 나온 후에 병원균의 공격을 받아서 뿌리나 줄기 부분이 물러 썩으면서 식물체가 지탱하지 못하고 쓰러지는 모잘록 증상을 나타낸다(Agrios, 2005).

모잘록병을 방제하기 위해서 적절한 토양 배수 및 관수 관리 등의 경종적 방법과 비닐 멀칭을 이용한 묘상의 태양열 소독방법, 그리고 살균제를 종자에 처리하거나 토양 소독에 이용하는 화학적 방법이 주로 사용되어왔다. 그러나 화학적 방제는 농약의 오남용으로 인한 환경오염, 생태계 파괴, 약제내성 병원균

등의 문제가 대두되어 이를 해결하기 위한 대안으로 길항미생물, 식물 추출물 등을 이용한 환경친화적 방제가 주목 받으면서 많은 연구가 활발히 이루어지고 있다(Handelsman과 Stabb, 1996; Islam과 Faruq, 2012).

Trichoderma spp., *Gliocladium* spp., *Pseudomonas* spp., *Bacillus* spp. 등의 유용미생물을 이용한 모잘록병에 대한 생물학적 방제 연구가 이루어졌으며(Georgakopoulos 등, 2002; Howell과 Stipanovic, 1980; Zamanizadeh 등, 2011), Kim 등(2002)과 Joo 등(2002)은 채소류 근권에 서식하는 *Bacillus ehimensis*를 분리·동정하고, 이를 이용하여 *R. solani* AG-4와 *P. ultimum*에 의한 채소류의 모잘록병에 대한 생물적 방제를 보고하였다. 그리고 Yang 등(2002)은 *Bacillus stearothermophilus*를 이용하여 *in vitro*에서 모잘록병 병원균인 *Pythium aphanidermatum*에 대한 억제 효과를 확인하였고, 식물체에 직접 길항미생물 제제를 처리하여 화학 살균제와 유사한 방제효과를 나타내어 미생물 제제로서의 개발 가능성을 보여주기도 하였다.

미국의 AgraQuest사에서 개발한 Serenade(*Bacillus subtilis* QST 713)는 세 가지 그룹(iturins, agrastatins/plipastins, surfactins)의 cyclic lipopeptide를 생산하여 식물병원균에 대한 항균작용과 유도 저항성으로 병을 방제하는 기작으로 잣빛곰팡이병, 흰가루병, 점무늬병 등 다양한 작물의 식물병 방제에 적용되는 대표적인 생물농약으로 알려져 있다(Marrone, 2002). 최근에는 Lahlali 등(2012)이 실험실 조건에서 Serenade 처리에 의해 캐놀라의 뿌리혹병을 일으키는 *Plasmodiophora brassicae* 유주포자의 뿌리털 감염이 상당히 억제되었음을 보고한 바 있다. 하지만 *Rhizoctonia*와 *Pythium* 모잘록병에 대한 Serenade 제제의 방제 효과는 보고된 바 없다.

본 연구에서는 *R. solani* AG-4와 *P. ultimum*에 의한 고추와 오이의 모잘록병에 대한 Serenade 제제의 방제 효과를 조사하였다.

재료 및 방법

식물. 시판 중인 고추 품종 '부강'과 오이 품종 '싱싱백다지기'를 구입하여 실험에 사용하였다. 고추의 경우에는 Petri dish(직경 8.5 cm, 녹십자사)에 여과지를 1장 깔고 멸균수를 넣어 수분을 공급하고 그 위에 종자를 올려놓고 30°C 항온기에서 약 55시간 동안 배양하여 1-2 mm의 싹이 나온 종자를 실험에 사용하였다.

오이는 표면에 처리된 종자소독제를 제거하기 위하여 2겹 거즈 위에 종자를 올려놓고 약 30분 동안 흐르는 물로 깨끗이 세척한 후에 실험에 사용하였다.

모잘록병 병원균. *Rhizoctonia*와 *Pythium* 모잘록병을 일으키는 병원균은 농업유전자원센터(Korean Agricultural Culture Collection, KACC)에서 *R. solani* AG-4 KACC 40141와 *P. ultimum*

KACC 40705 균주를 분양받아 실험에 사용하였다.

접종원 준비 및 접종. *R. solani* 접종원 준비를 위하여 KACC 40141 균주를 potato dextrose agar(PDA; Becton, Dickinson and Co.) 배지에 접종하고 25°C에서 6일간 배양하였다. 자란 *R. solani* 균층으로부터 균사 조각(8 × 8 mm)을 잘라내어 밀기울 왕겨배지(밀기울 200 ml, 왕겨 100 ml, 증류수 100 ml)에 10 개씩 접종하였다. 접종한 배지를 양 옆으로 흔들어 병원균을 고르게 섞어준 뒤 25°C에서 14일간 배양하였다.

P. ultimum 접종원도 *R. solani*와 동일한 방법으로 PDA에서 배양한 병원균으로부터 앞에서와 같은 방법으로 떼어내어 감자버미쿨라이트배지(감자 25 g, 버미쿨라이트 250 ml, 증류수 50 ml)에 5개씩 이식한 후에 25°C에서 14일간 배양하였다. 감자버미쿨라이트배지는 믹서기에 감자 25 g과 증류수 50 ml을 넣고 고르게 갈아준 뒤에 이를 버미쿨라이트 250 ml에 넣고 잘 혼합해 주었다. 이때 감자버미쿨라이트배지의 수분량은 배지를 손으로 쥐었을 때 살짝 덩어리가 뭉쳐질 정도가 되도록 하였다. 준비한 배지를 500 ml 삼각플라스크에 넣고 솜 마개를 하고 121°C에서 20분 씩 2회 autoclave하여 살균하였다.

*R. solani*와 *P. ultimum* 접종 토양을 준비하기 위하여, 121°C에서 1시간 동안 멸균한 원예용상토 5호(부농사)에 준비한 병원균 배양체를 혼합하여 병원균 접종 토양을 만들었다. *R. solani*는 토양 1 l 당 0.6 g을 그리고 *P. ultimum*은 토양 1 l 당 33.3 g을 첨가하고 고르게 섞어주었다.

72(6 × 12)구 연결포트(포트 당 37 ml, 54 × 28 cm², 범농사)를 가위로 잘라 36(6 × 6)구 연결포트를 준비하였다. 여기에 준비한 병원균 접종 토양을 넣고 오이와 고추 종자를 각각 구당 2립씩 파종하였다. 무접종 처리구는 병원균을 배양하지 않은 멸균한 2종 배지를 각각 동일한 양을 멸균토에 넣고 고르게 섞어준 뒤 고추와 오이 종자를 같은 방법으로 파종하였다.

Serenade 제제 처리. 본 실험에 사용한 Serenade(*B. subtilis* QST 713, a.i. 1.34%, SC) 제제는 바이엘크롭사이언스(주)에서 제공받아 실험에 사용하였고, 대조 약제는 화학 살균제인 가지란(etridiazole + thiophanate-methyl, 10 + 55 WP, (주)아그로텍)을 시중에서 구입하여 사용하였다.

병원균 접종 토양에 종자를 파종한 직후에 Serenade 제제는 9배, 19배 및 39배로 희석한 후에 물조리개를 이용하여 각 36구 포트당 250 ml씩 관주하여 약제를 처리하였다. 대조 약제인 가지란은 1,000배 농도로 희석하여 동일한 방법으로 처리하였다. 무처리구와 무접종 처리구는 약제가 포함되지 않은 증류수를 동일한 방법으로 처리하였다.

접종 후 식물 재배 및 병 조사. 오이와 고추의 *Rhizoctonia* 모잘록병 발병을 위해서 접종한 연결포트를 25°C의 습실상에서 24시간 동안 둔 후에 같은 온도의 항온항습실(상대습도 60-

70%)로 옮겨서 하루에 12시간씩 광을 조사하면서 재배하였다. 수분 공급은 통상적인 발작물 재배 수준으로 관리하였다.

오이와 고추의 *Pythium* 모잘록병 발병을 위해서는 연결포트를 20°C의 습실상에서 24시간 동안 배양한 후에 항온항습실 (20°C, 상대습도 60–70%)에서 *R. solani*와 달리 *P. ultimum* 모잘록병의 발생을 촉진하기 위하여 과습하게 관리하였다. 광 조사는 *Rhizoctonia* 모잘록병과 마찬가지로 하였다.

병원균 접종 토양에 파종하고 12–14일 후에 무처리구에서 모잘록병이 충분히 발생하였을 때 병조사 하였다. 병조사는 고추와 오이의 이병주율(%)을 구하고 아래와 같은 식에 따라 방제가를 계산하였다.

$$\text{방제가}(\%) = (1 - \text{처리구의 이병주율} / \text{무처리구의 이병주율}) \times 100$$

모든 실험은 처리 당 72립 씩 3반복으로 2회 수행하였다. 그리고 실험 결과는 SAS(SAS Institute, Inc., 1989, Cary, NC) 프로그램을 이용하여 ANOVA 분석을 하였고, 처리 평균간 비교를 위하여 Duncan's multiple range test ($P = 0.05$)를 실시하였다.

결과 및 고찰

Rhizoctonia 모잘록병 방제 효과. Serenade 제제(*B. subtilis* QST 713, a.i. 1.34%, SC)의 고추와 오이 *Rhizoctonia* 모잘록병에 대한 방제효과를 조사하기 위하여, Serenade 제제 9배, 19배 및 39배 희석액을 관주 처리하여 고추와 오이 *Rhizoctonia* 모잘록병에 대한 이병주율(%)과 방제가(%)를 조사하였다. 고추의 *Rhizoctonia* 모잘록병에서 무처리구는 92%의 이병주율을 그리고 Serenade 제제 9배, 19배, 39배 희석액 처리구는 각각 38%, 66% 및 82%의 이병주율을 보였다(Table 1). Serenade 제제의 9배와 19배 희석액 처리구는 각각 58%와 29% 방제가를 보였다(Fig. 1). 화학 살균제 대조구인 가지란(etrizazole + thiophanate-methyl, 10 + 55 WP) 1,000배 희석액의 방제가는 83%이었다.

오이의 *Rhizoctonia* 모잘록병에 대한 Serenade 제제의 방제 효과는 고추에서와 유사하였는데, Serenade 제제의 9배와 19배 희석액 처리구는 각각 46%와 72%의 이병주율을 그리고 54%와 28%의 방제가를 나타냈다(Table 2). 오이의 *Rhizoctonia* 모잘록병 경우에는 Serenade 제제의 9배 희석액 처리구는 가지란의 방제가인 41%보다 더 높은 방제효과를 나타냈다. 하지만 둘 간의 통계적인 유의차는 없었다(Fig. 2).

Table 1. Control efficacy of Serenade against *Rhizoctonia* damping-off of chili pepper

Treatment	Formulation	Dilution (Fold) ^x	Diseased plant (%) ^y	Control value (%)
Serenade	1.34%, SC	9	38 c	58
		19	66 b	29
		39	82 ab	11
Gajiran	65%, WP	1,000	16 d	83
Untreated		–	92 a	–
Uninoculated		–	100 ^z	–

^xSoil-drench application volume, 250 ml/27 × 28 cm².

^yMean values followed by the same letter are not significantly different ($P = 0.05$).

^zGermination percentage of seeds.

Table 2. Control efficacy of Serenade against *Rhizoctonia* damping-off of cucumber

Treatment	Formulation	Dilution (Fold) ^x	Diseased plant (%) ^y	Control value (%)
Serenade	1.34%, SC	9	46 d	54
		19	72 bc	28
		39	95 ab	5.6
Gajiran	65%, WP	1,000	59 cd	41
Untreated		–	100 a	–
Uninoculated		–	99 ^z	–

^xSoil-drench application volume, 250 ml/27 × 28 cm².

^yMean values followed by the same letter are not significantly different ($P = 0.05$).

^zGermination percentage of seeds.

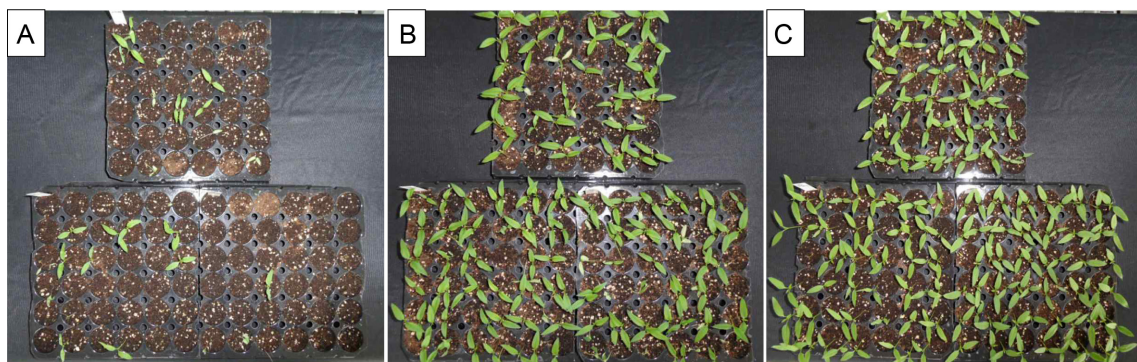


Fig. 1. Control effect of Serenade formulation against *Rhizoctonia* damping-off of chili pepper. A: Untreated, B: Serenade, 9-fold dilution, C: Gajiran, 1,000-fold dilution.

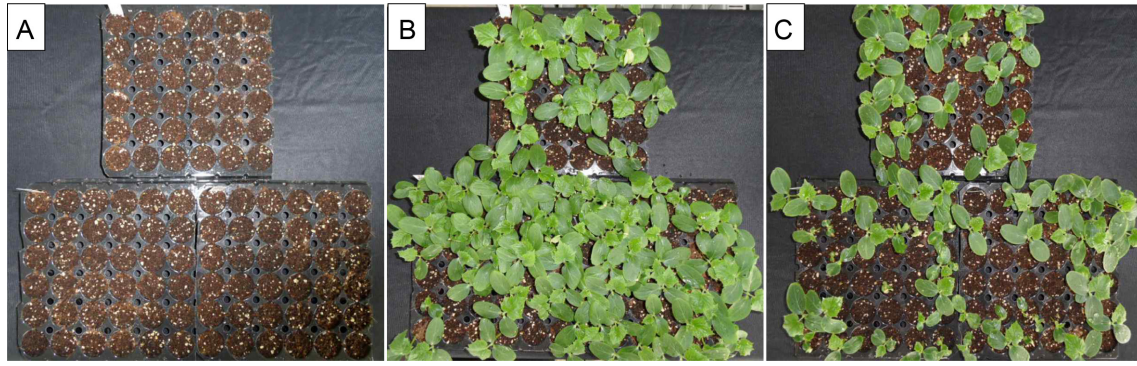


Fig. 2. Control effect of Serenade formulation against *Rhizoctonia* damping-off of cucumber. A: Untreated, B: Serenade, 9-fold dilution, C: Gajiran, 1,000-fold dilution.

Serenade 제제의 고추와 오이 *Rhizoctonia* 모잘록병에 대한 방제효과 실험에서 Serenade 제제의 희석농도를 높게 하여 처리할수록 이병주율은 증가하였으며, Serenade 제제를 9배와 19배 희석하여 처리하였을 때 오이와 고추 모두에서 무처리구보다 모잘록병 발생이 통계적으로 유의성 있게 감소한 것을 확인할 수 있었다.

Pythium 모잘록병 방제 효과. 고추와 오이의 *Pythium* 모잘록병에 대한 Serenade 제제(*B. subtilis* QST 713, a.i. 1.34%, SC)의 방제효과를 조사하기 위하여, Serenade 제제를 9배, 19배 및 39배 희석하여 처리하고 고추와 오이의 *Pythium* 모잘록병에 대한 이병주율과 방제가를 조사하였다. 무처리구의 고추와 오이의 *Pythium* 모잘록병 발생은 92%와 99%로 Serenade 제제의 방제효과를 조사하기에 충분한 병 발생이었으며, 병원균을 접종하지 않은 토양에서 고추와 오이 종자의 발아율은 각각 95%와 85%로 종자 문제 및 재배 환경 문제로 인한 모잘록병 오인 문제는 없는 것으로 생각되었다.

고추의 *Pythium* 모잘록병에 대한 Serenade 제제 9배, 19배 및 39배 희석액 처리구는 각각 40%, 74% 및 67%가 모잘록병 발생을 보였다. 그리고 Serenade 제제의 9배, 19배 및 39배 희석액 처리구의 방제가는 각각 57%, 20% 및 28%이었다. Serenade 제제를 9배 희석액으로 처리한 실험구에서만 무처리구와 통계적으로 유의성 있는 차이를 나타내었다(Table 3). 화학농약 대조구인 가지란(etrizadiazole + thiophanate-methyl, 10 + 55 WP)의 경우에는 93% 방제효과를 나타내었다.

오이 *Pythium* 모잘록병에 대한 Serenade 제제의 방제효과는 Serenade 제제의 희석농도에 관계없이 8% 이하의 낮은 방제가를 나타내어 Serenade 제제의 오이 *Pythium* 모잘록병에 대해서는 방제효과가 거의 없음을 알 수 있었다(Table 4).

따라서 본 연구에서는 고추와 오이에 Serenade 제제 9배 희석액을 관주 처리하였을 때 오이의 *Pythium* 모잘록병을 제외한 고추의 *Pythium* 모잘록병 그리고 고추와 오이의 *Rhizoctonia* 모잘록병을 효과적으로 방제하는 것을 알 수 있었다. 하지

Table 3. Disease control efficacy of Serenade against *Pythium* damping-off of chili pepper

Treatment	Formulation	Dilution (Fold) ^x	Diseased plant (%) ^y	Control value (%)
Serenade	1.34%, SC	9	40 bc	57
		19	74 ab	20
		39	67 ab	28
Gajiran	65%, WP	1,000	6.3 c	93
Untreated		–	92 a	–
Uninoculated		–	95 ^z	–

^xSoil-drench application volume, 250 ml/27 × 14 cm².

^yMean values followed by the same letter are not significantly different ($P = 0.05$).

^zGermination percentage of seeds.

Table 4. Disease control efficacy of Serenade against *Pythium* damping-off of cucumber

Treatment	Formulation	Dilution (Fold) ^x	Diseased plant (%) ^y	Control value (%)
Serenade	1.34%, SC	9	92 a	7.7
		19	96 a	3.5
		39	98 a	1.4
Gajiran	65%, WP	1,000	14 b	86
Untreated		–	99 a	–
Uninoculated		–	85 ^z	–

^xSoil-drench application volume, 250 ml/27 × 14 cm².

^yMean values followed by the same letter are not significantly different ($P = 0.05$).

^zGermination percentage of seeds.

만 Serenade 제제를 단독으로 사용하여 대조구인 화학 살균제와 동일한 방제 효과를 얻기는 어려웠다. Gilardi 등(2008)은 Serenade와 azoxystrobin 혼합액을 주키니에 엽면 살포하여 흰가루병 방제 효과를 조사하였는데, 미생물제와 살균제를 각각 단독 처리할 때보다 혼합 처리 시에 흰가루병을 더 효과적으로 방제할 수 있었고 약제 내성균의 등장에도 효율적으로 대처할

수 있는 좋은 전략이라고 하였다. Peng(2014)의 밀 잎집눈무늬 병 방제 연구 결과에서도 *B. subtilis* NJ-18과 살균제(flutolanil, difenoconazole)를 혼합하여 각각 엽면 살포와 종자 처리에 사용하였고, 두 경우 모두 혼합 처리 시 방제 효과가 상승하였다. *B. subtilis*와 살균제를 함께 섞어 사용할 경우, 살균제를 단독 처리 시에 사용하는 양보다 더 적게 사용하여도 유사한 방제 효과를 나타냄으로써 살균제에 대한 의존도를 줄일 수 있었다.

따라서 고추와 오이에서 Serenade 처리에 의한 Rhizoctonia 및 Pythium 모잘록병의 방제 효과 증진을 위해서는 합성 살균제와의 적절한 혼용 그리고 포장시험에서 약효 지속성 여부 등의 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

요 약

*Rhizoctonia solani*와 *Pythium ultimum*에 의한 모잘록병은 대부분의 작물에서 전 세계적으로 발생하여 종자와 유묘에 심각한 피해를 주고 있다. Serenade 제제(1.34%, SC)의 Rhizoctonia 및 Pythium 모잘록병 방제 효과를 조사하기 위하여, 병원균 접종 토양에 파종된 고추와 오이에 Serenade 제형 9배, 19배 및 39배 희석액을 관주 처리하였다. Serenade 제제를 9배 및 19배 희석액으로 처리하였을 때, 고추의 Rhizoctonia 모잘록병에 대한 Serenade 제제의 방제효과는 각각 58%와 29%이었다. 그리고 오이에서도 고추의 Rhizoctonia 모잘록병과 유사한 각각 54%와 28%의 방제효과를 보였다. 반면에 오이 Pythium 모잘록병에 대한 Serenade 제형의 방제효과는 Rhizoctonia 모잘록병에 비하여 아주 낮은 방제효과를 나타내었고, Serenade 9배 희석액으로 처리한 고추의 Pythium 모잘록병에 대해서만 무처리구와 유의성 있는 발병도 차이를 보였다. 이상의 결과로부터 Serenade 제형은 Rhizoctonia 및 Pythium 모잘록병을 효과적으로 방제할 수 있을 것으로 생각되었다.

References

- Agrios, G. N. 2005. Plant diseases caused by fungi. 5th ed. Plant pathology. Elsevier Academic Press, Burlington, USA. 594 pp.
- Georgakopoulos, D. G., Fiddaman, P., Leifert, C. and Malathrakis, N. E. 2002. Biological control of cucumber and sugar beet damping-off caused by *Pythium ultimum* with bacterial and fungal antagonists. *J. Appl. Microbiol.* 92: 1078–1086.
- Gilardi, G., Manker, D. C., Garibaldi, A. and Gullino, M. L. 2008. Efficacy of the biocontrol agents *Bacillus subtilis* and *Ampelomyces quisqualis* applied in combination with fungicides against powdery mildew of zucchini. *J. Plant Dis. Prot.* 115: 208–213.
- Handelsman, J. and Stabb, E. V. 1996. Biocontrol of soilborne plant pathogens. *Plant Cell* 8: 1855–1869.
- Howell, C. R. and Stipanovic, R. D. 1980. Suppression of *Pythium ultimum*-induced damping-off of cotton seedlings by *Pseudomonas fluorescens* and its antibiotic, pyoluteorin. *Phytopathology* 70: 712–715.
- Islam, M. T. and Faruq, A. N. 2012. Effect of some medicinal plant extracts on damping-off disease of winter vegetable. *World Appl. Sci. J.* 17: 1498–1503.
- Islam, S. Z. and Babadoost, M. 2002. Effect of red-light treatment of seedlings of pepper, pumpkin, and tomato on the occurrence of Phytophthora damping-off. *Hort. Sci.* 37: 678–681.
- Joo, G. J., Kim, J. H. and Kang, S. J. 2002. Isolation and antifungal activity of *Bacillus ehimensis* YJ-37 as antagonistic against vegetables damping-off fungi. *Korean J. Life Sci.* 12: 200–207. (In Korean)
- Kim, J. H., Choi, Y. H., Kang, S. J., Rhee, I. K. and Joo, G. J. 2002. Biocontrol of vegetables damping-off by *Bacillus ehimensis* YJ-37. *Korean J. Life Sci.* 12: 416–422. (In Korean)
- Lahlali, G., Peng, B., Gossen, D., McGregor, L., Yu, F. Q., Hynes, R. K., Hwang, S. F., McDonald, M. R. and Boyetchko, S. M. 2012. Evidence that the biofungicide Serenade (*Bacillus subtilis*) suppresses clubroot on canola via antibiosis and induced host resistance. *Phytopathology* 103: 245–254.
- Mao, W., Lewis, J. A. and Lumsden, R. D. 1997. Seed treatment with a fungal or a bacterial antagonist for reducing corn damping-off caused by species of *Pythium* and *Fusarium*. *Plant Dis.* 81: 450–454.
- Marrone, P. G. 2002. An effective biofungicide with novel modes of action. *Pestic. Outl.* 13: 193–194.
- Peng, D., Li, S., Chen, C. and Zhou, M. 2014. Combined application of *Bacillus subtilis* NJ-18 with fungicides for control of sharp eyespot of wheat. *Biol. Control* 70: 28–34.
- Stephens, C. T., Herr, L. J. and Schmitthenner, A. F. 1982. Characterization of *Rhizoctonia* isolates associated with damping-off of bedding plants. *Plant Dis.* 66: 700–703.
- Yang, H. S., Sohn, H. B. and Chung, Y. R. 2002. Biological control of Pythium damping-off of cucumber by *Bacillus stearothersophilus* YC4194. *Res. Plant Dis.* 8: 234–238. (In Korean)
- Zamanizadeh, H. R., Hatami, N., Aminaee, M. M. and Rakhshandehroo, F. 2011. Application of biofungicides in control of damping disease off in greenhouse crops as a possible substitute to synthetic fungicides. *Int. J. Environ. Sci. Tech.* 8: 129–136.