

다기능 PGPR균주들의 기작별 상호보완형 컨소시엄 구성을 통한 고추역병 방제 및 고추생장촉진

임종희 · 정희영 · 김상달*

영남대학교 응용미생물학과

Development of the Microbial Consortium for the Environmental Friendly Agriculture by the Antagonistic Rhizobacteria

Jong-Hui Lim, Hee-Young Jung, and Sang-Dal Kim*

Department of Applied Microbiology, College of Natural Resource, Yeungnam University,
Gyeongsan 712-749, Republic of Korea

Received March 24, 2009; Accepted September 2, 2009

We found out the new method of the consortium for the environmental friendly agriculture by 8 kinds of the selected antagonistic rhizobacteria. This research involved composition of mutual complementary consortium by each antagonistic function such as production of antibiotic, siderophore, antifungal cellulase and insoluble phosphate solubilization. The consortium No.11 among composed consortium candidates showed the most pepper growth promoting activity and Phytophthora blight suppression on the *in vivo* pot test of red-pepper plant. The consortium No. 11 is combination of PGPR *Bacillus subtilis* AH18 and *Bacillus licheniformis* K11. *B. subtilis* AH18 and *B. licheniformis* K11 both could produce the auxin, antifungal β -glucannase and siderophore. Also, they had mechanism for solubilization of insoluble phosphate. But, *B. licheniformis* K11 could produce the antibiotic of iturin which was able to inhibit *Phytophthora capsici*. We confirmed complementary noncompetitive mutualism between *B. subtilis* AH18 and *B. licheniformis* K11 of the consortium No.11. The results came out through treatment of two strains co-culture, treatment of individual culture and co-treatment of two individual cultures for the growth and Phytophthora blight suppression of red-pepper. The treatment of two strains co-culture didn't show a synergic effect in comparing sole treatment on the pepper growth promotion and Phytophthora blight suppression. But, when the pots were treated simultaneously with co-treatment of two individual cultures, an synergic effect was seen in the growth promotion of roots, stem, leaves and suppressed Phytophthora blight on red-pepper *in vivo* pot test.

Key words: microbial consortium, PGPR, Phytophthora blight

서 론

근원미생물 중 직/간접으로 식물의 생장 및 병해 방지에 긍정적인 영향을 주는 미생물을 길항미생물이라 한다. 이들의 길항능력은 미생물이 갖는 능력에 따라 서식지 점령, 식물의 저항력 유도, 그리고/또는 항생능력에 의해 식물병원균의 생장을 억제하게 되는 길항효과라 할 수 있다[Becker 등, 1993; Woo 등, 2006].

식물병원균에 대한 길항능력을 보이는 근원미생물을 이용하

여 친환경적으로 작물을 재배하고자 하는 생물학적 방제 및 유기농업의 움직임에 힘입어 최근 20년간 많은 길항미생물이 선별/선발 되었다. 그러나 선발된 미생물은 극히 일부만이 생물농약으로 상용화에 성공하였고, 그나마도 현장재현성이 떨어져 방제효과의 일관성이 없다는 현장애로점이 있는 실정이다[Backer 등, 1983]. 이것은 길항미생물을 개발할 당시 한 가지 길항 방법에 의한 방제능력을 검정하여 실험실 내에서의 환경에서만 효과를 검증하였기 때문에 다양한 실제 경작지 환경 속에서 요구되는, 길항력의 재현성이 확보된 방제능력을 발휘하지 못하였기 때문에 분석된다[Elad 등, 1987; Chet 등, 1994; Lim 등, 2006]. 즉, 방제 능력이 한정적이기 때문에 다양한 조건의 환경 속에서는 그 한 가지 기작만으로는 다양한 방제 효과를 나타내기 힘들었던 것으로 사료된다. 또한, 실제 농가에서는 한 작물일지라도 다양하게 오는 병에 대해 골고루 방제되는 다기

*Corresponding author
Phone: +82-53-810-3053; Fax: +82-53-810-4663
E-mail: sdkim@ymail.ac.kr

능 약제를 원하고 있는데, 특히 화학농약의 사용을 줄일 수 있는 친환경 농자재인 경우에는 한 가지 약재로 다양하게 방제될 수 있는 특정작물 전용 농자재를 갈망하고 있다[Mao 등, 1998; McSpadden-Gardener, 2004]. 현재 연구되거나 상품화 되고 있는 미생물제제는 하나 또는 두 개의 미생물을 이용한 것이 대부분이고 3균주 이상 복합적인 미생물균주를 사용한 제제라 할지라도 이들 사용 미생물균주간의 공생, 경쟁 등의 상호 관계에 대한 연구가 전무한 실정이어서 정확하고 지속적인 효능을 검증하는 것이 사실상 힘들다[Jung 등, 2005].

따라서, 본 연구는 이미 실험을 통하여 미생물방제제로의 여러 가지 길항능력이 확인된 10여종의 길항미생물을 상호기작별 길항미생물 컨소시엄을 구성하고, 구성된 컨소시엄을 *in vivo* pot 실험을 통하여 고추역병 방제능 및 고추생장촉진능을 검증해 보고자 한다.

재료 및 방법

개별균주의 기작별 상호보완형 컨소시엄 구성. 본 연구에서는 이미 생물농약용으로 연구 개발된 길항미생물의 균주들(Table 1)을 이용하여 항생능력, siderophore 및 cellulase 생산능, auxin 생산능, 인산가용능 등의 각 기작별 상호 보완형 미생물 균주의 컨소시엄 후보군을 구성하였다. 컨소시엄 후보군 구성을 위한 개별균주의 조합은 고추역병균에 대한 방제력이 크고 식물 생장촉진능이 우수한 개별균주들을 우선적으로 선별하였으며 선별 및 확보된 개별 길항미생물균주에 추가적으로 길항 또는 생장촉진 기작이 보완될 수 있는 균주를 하나씩 조합해 보는 방법을 선택하였다.

개별 길항미생물 균주 및 구성된 컨소시엄의 *in vivo* 포트 실험을 통한 역병 방제능 및 생장촉진능 비교. Table 1의 기 확보된 생물방제균을 대상으로 각 균주간의 기능보완형으로 조합한 후 컨소시엄 후보군에 대한 고추역병 방제능과 고추생장촉진능 실험을 실시하였다. 실험은 28°C, 50% 습도의 항온항습 실에서 고추가 이식되어있는 포트(90.0×90.0×70.0 mm)에서 실시하였다. 고추역병 방제능 실험과 생장촉진능 실험은 크기와 길이가 모두 같은 생육상태의 고추 포트에 고추역병균인 *Phytophthora capsici*의 유주자를 2×10^5 CFU/mL 관주접종하고 1일간 습실(28°C, 70% 습도)처리하고, 2일 후 컨소시엄 균주군을 처리(포트당 10^8 CFU/mL)하여 계속 생육시키면서 주기적으로 별병을 확인하였다. 또, 고추생장촉진능 실험은 방제능 실험과 동시에 실시하였고, 고추역병에 대한 방제능이 있는 고추 포트만을 골라 연속적으로 실시하였다. 방제능이 있는 포트(컨소시엄 처리구)에 다시 3일 배양한 컨소시엄 균주군의 균체만 회수한 후 증류수에 혼탁하여 관주 접종하였으며, 동량의 증류수 만을 처리한 고추 포트(역병균 무처리구)를 대조구로 하여 비교하였다. 컨소시엄 균주군들의 배양은 각각의 균주를 단독으로 배양하는 것을 원칙으로 하였으며 배양 후 혼용 처리하였다. 고추 포트에 사용된 흙은 멸균된 상토(*Capsicum annuum* L., 부춘-Seminis Korea Co.)를 사용하였고, 모든 *in vivo* pot 실험은 처리구당 30주의 고추를 사용하였으며, 3회 반복하였다. 또, 표준오차는 $p \leq 0.05$ 수준에서 구하였다.

Table 1. The consortia candidates of the selected antagonistic strains by previous research

Antagonistic strains	Antagonistic activity	References
<i>Bacillus subtilis</i> AH18	Antibiosis PGPR	Jung et al., 2006
<i>Bacillus megaterium</i> KL39	Antibiosis	Jung et al., 2003
<i>Bacillus licheniformis</i> K11	Antibiosis PGPR	Woo et al., 2007
<i>Bacillus thuringiensis</i> BK4	Antibiosis	Jung et al., 2003
<i>Pseudomonas fluorescens</i> 2112	Antibiosis PGPR	Lee et al., 2001
<i>Pseudomonas maltophilia</i> AMS	Antibiosis	Kim, 2004
<i>Serratia proteamaculans</i> 3095	Chitinase	Lee et al., 1999
<i>Chryseomonas luteola</i> 5042	Antibiosis	Yun et al., 2001

일반 경작지토양에서의 방제력 검증. *In vivo* 포트실험을 통하여 고추역병에 대한 방제능이 강력하고 고추생장촉진능이 가장 우수한 최적 컨소시엄 구성군을 대상으로 일반경작지 토양의 실내 pot 실험을 통해 고추역병 방제력 검증을 실시하였다. 실험에 사용된 일반토양은 경북 경산지역의 고추경작지 토양으로 하였으며 겉흙과 속흙을 골고루 섞고 과쇄하여 사용하였다. 방제력 검증 실험은 상기의 고추역병 방제력 실험과 동일한 방법으로 실시하였다.

컨소시엄내 길항미생물의 상호 비경쟁적 상리공생 증식여부 조사. 컨소시엄으로 구성된 길항미생물들 간의 상호 비경쟁적 상리공생 여부를 조사하기 위하여 개별균주를 단독으로 배양한 후 조합시키는 단독배양(individual cultured)과 동시에 접종하여 함께 배양하는 동시배양(co-cultured)을 실시하였다. 컨소시엄으로 선발된 두 길항미생물 *B. subtilis* AH18과 *B. licheniformis* K11은 37°C, 4시간 배양하였고 각각 단독배양과 동시배양, 단독배양 후 혼용의 3가지 처리구로 나누어 고추역병 방제능 실험과 생장촉진 실험을 실시하였다. 컨소시엄 균주들의 처리는 단독배양의 경우 *B. subtilis* AH18과 *B. licheniformis* K11을 각각 포트당 10^8 CFU/mL, 동시배양의 경우 포트당 10^8 CFU/mL, 단독배양 후 혼용의 경우 *B. subtilis* AH18과 *B. licheniformis* K11을 각각 5×10^5 CFU/mL씩 포트당 총불륨이 포트당 10^8 CFU/mL이 되게 처리하였다.

결과 및 고찰

개별균주의 기작별 상호보완형 컨소시엄의 구성 및 결정. 컨소시엄의 구성은 3종이상의 복수 컨소시엄이 실효성이 떨어질 것으로 예상되어 컨소시엄의 대상 길항미생물 균주 수를 두 균주로 한정하여서 연구를 진행하였다. 고추역병에 대한 방제력이 가장 크고 옥신생산을 통한 식물생장촉진능, 인산가용화능이 있는 *B. subtilis* AH18 균주와 식물생장촉진능, 인산가용화능, 있는 *B. licheniformis* K11의 두 균주를 기축균주로 해서 타 균주를 조합 후보군으로 순열, 조합시키며 구성시킨 조합군을 대상으로 각종 실험을 수행한 후 최적의 컨소시엄 구성군을 최종, 최적의 조합으로 결정하였다. 이들 두 균주에 Table 2에서 보는 것처럼 7개의 개별 길항미생물들을 서로 조합할 수 있었고, 구성할 수 있는 컨소시엄 후보군은 No. 1에서 No. 11까지 모두 11개 후보군이었다. 이들 두 균주는 모두 토양 유래의 *Bacillus* sp.로써 포자형성을 통한 장기간 보존, 유통이 가능한

Table 2. Consortia of the antagonistic rhizobacteria which can inhibit *Phytophthora capsici*

Strains	<i>B. subtilis</i> AH18	<i>B. licheniformis</i> K11
<i>B. megaterium</i> KL39	No. 1	No. 6
<i>B. thuringiensis</i> BK4	No. 2	No. 7
<i>P. fluorescens</i> 2112	No. 3	No. 8
<i>S. proteamaculans</i> 3095	No. 4	No. 9
<i>C. luteola</i> 5042	No. 5	No. 10
<i>B. subtilis</i> AH18	-	No. 11
<i>B. licheniformis</i> K11	No. 11	-

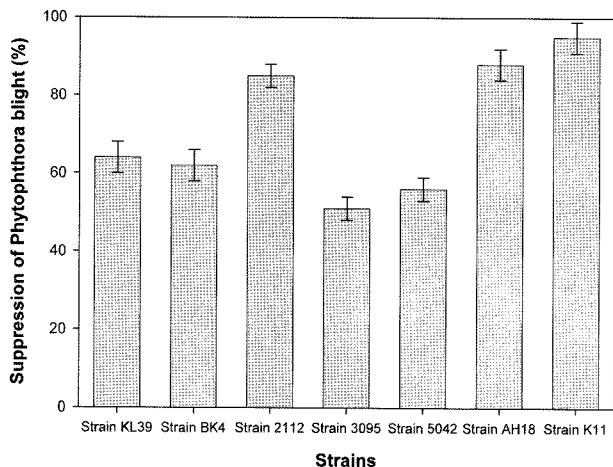


Fig. 1. Phytophthora blight suppression of the selected antagonistic rhizobacteria. Suppression of *Phytophthora* blight (%)=[(No. of total pepper plants)-(No. of infected pepper plants)]/(No. of total pepper plants)×100. The plants were watered every 5 days with 50 mL of sterile water. Values are expressed as the means of three replicates, each containing 20 plants. Standard errors were determined at $p\leq 0.05$.

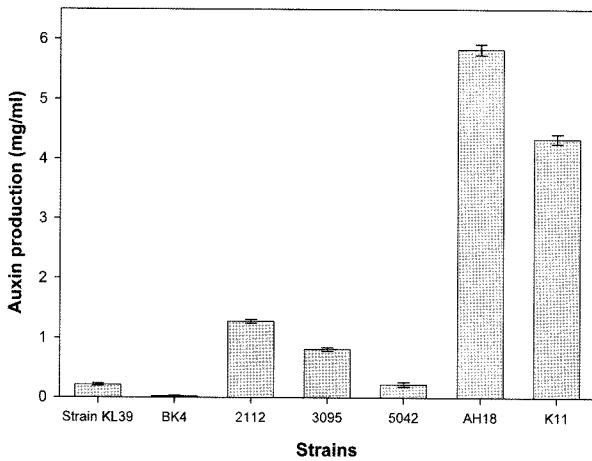


Fig. 2. Auxin production of the selected antagonistic rhizobacteria. IAA had been estimated absorbance at 540 nm with Salkowski test. Concentration of IAA means the highest value of IAA for 72 hrs. Values are expressed as the means of three replicates. Standard errors were determined at $p\leq 0.05$.

농업용 제제화가 가능하므로 상업적인 측면에도 매우 유리할 것이라 생각된다.

각 컨소시엄 후보군의 *in vivo* 포트실험을 통한 고추역병 방제능 및 생장촉진능 비교. 8개의 개별균주와 11개의 구성된 컨

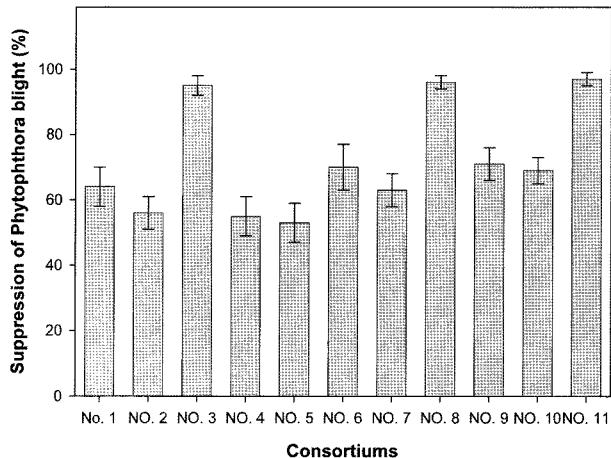


Fig. 3. Phytophthora blight suppression by various antagonistic consortia. Values are expressed as the means of three replicates, each containing 20 plants. Standard errors were determined at $p\leq 0.05$.

소시업 후보군을 대상으로 고추역병 방제능과 고추생장촉진능 실험을 실시하였다. 그 결과 8개의 개별균주 모두 50%이상의 고추역병 방제능을 나타내었으며, 옥신생산능도 발휘하였다(Fig. 1, 2). 또, 11개 컨소시엄 후보군의 고추역병 방제능 실험에서는 컨소시엄 후보군 처리 후 6일째 컨소시엄을 처리하지 않은 고추묘에서는 병징이 나타는 반면 컨소시엄 처리구에서는 모두 50%이상의 방제능을 나타내었다(Fig. 3). 또, 이들 모든 처리구에서 15일 후부터 컨소시엄간의 생장촉진능을 확인 할 수 있었고, 특히 Fig. 4에서 보는 것처럼 컨소시엄 후보군 No. 11 컨소시엄인 *B. subtilis* AH18과 *B. licheniformis* K11의 조합이 가장 좋은 식물생장 촉진능을 나타내었다. 고추역병균을 전혀 처리하지 않고 물만 처리한 대조 처리구만큼 생육이 좋진 않았지만, 고추역병균의 접종으로 역병발병이 유도되었음에도 불구하고 물만 처리한 고추묘와 비슷하게 생육이 왕성하게 진행됨을 볼 수 있었고, 이와 같은 결과는 Table 3에 나타낸 것처럼 두 균주들간에 기작들이 상호보완형인 최적 컨소시엄으로 고추역병 방제능뿐만 아니라 고추생장촉진능도 동시에 가지는 우수한 컨소시엄이라는 것을 보여주는 것이다.

경작지 토양에서의 방제력 검증. 일반적으로 멸균된 상토에서의 실험에서 성공하더라도 일반토양에서의 방제력 검증이 미비하여 실제 포장 등에 적용하였을 때 쉽게 성공하지 못하는 미생물제제가 많다. 특히, 실내 조건이더라도 일반토양의 흙은 발병전의 고추역병균을 포함한 여러 가지 식물병원균이 포자 또는 유주자 상태로 존재하므로 실내 일반토양에서의 실험은 꼭 필요 하리라 생각된다. 따라서, 최적 컨소시엄으로 구성된 No. 11 컨소시엄을 대상으로 일반토양에서 실내 pot 검증실험을 실시하였다. 그 결과 멸균되지 않은 경작지 토양으로 채워진 포트상에서도 병원균 접종 7일 후 Fig. 5와 같이 고추역병에 대한 방제능 역시 우수함을 보여주었다. 이러한 결과는 일반 경작지 토양상에 수많이 존재하는 병원성 또는 비병원성 세균과 곰팡이들의 정상토양미생물 군집들 중에서도 타 미생물과의 경쟁에서 이기며 방제능 우수할 뿐만 아니라, 또한 컨소시엄 균주들의 군집화도 잘 이루어진다는 것을 증명하는 것이다. 그리고 멸균된 상토

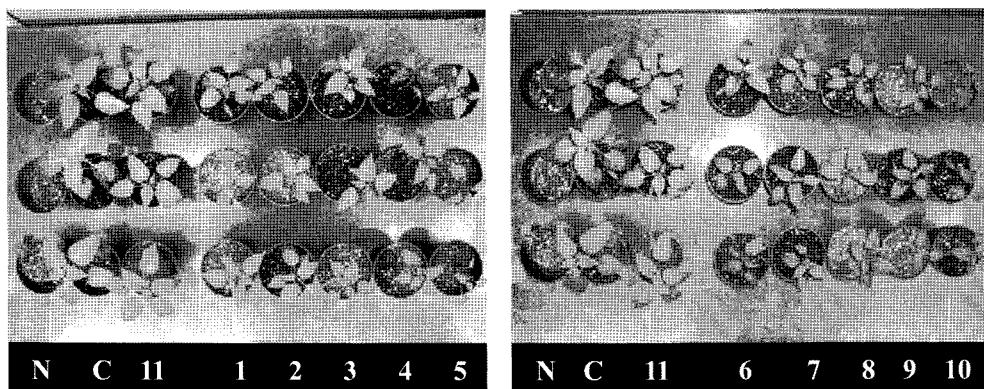


Fig. 4. Phytophthora blight suppression and plant growth promotion by the various consortia on the infected red-pepper by *P. capsici*. N, only *P. capsici* treated; C, only water treated; to No. 1 from No. 11, *P. capsici* and consortiums of antagonistic rhizobacteria treated.

Table 3. Plant growth promotion and antagonistic functions of the consortium No. 11 of *B. subtilis* AH18 and *B. licheniformis* K11

Functions	Key substances	
	<i>B. licheniformis</i> K11	<i>B. subtilis</i> AH18
Plant growth promotion	IBA (MW 203 kDa)	IAA (MW 175 kDa) IBA (MW 203 kDa) IPA (MW 189 kDa)
Antifungal plant disease suppression activity	siderophore (2,3-dihydroxybenzoate, MW 200 kDa) fungal cell degrading β-glucannase (MW 54 kDa)	siderophore (2,3-dihydroxybenzoyl glycine, MW 207 kDa) fungal cell degrading β-glucannase (MW 55 kDa)
	antibiotic (iturin, MW 1.5 kDa)	-

*IAA, indole-3-acetic acid; IBA, indole-3-butyric acid; IPA, indole-3-propionic acid



Fig. 5. Phytophthora blight suppression by the consortium No. 11 on the *P. capsici* infected field soil. N, only *P. capsici* treated; C, only water treated; Pot 1 and Pot 2, *P. capsici* and consortium No. 11 treated.

에서 고추역병 방제능과 생장촉진능이 우수함은 물론 일반토양에서의 방제능도 뛰어나므로 지금까지의 미생물제제의 실제 토양내 불활성화되는 취약점을 극복 할 수 있는 친환경 미생물제제로의 농업현장적용 성공확률도 높을 것이라 생각된다.



Fig. 6. Phytophthora blight suppression and pepper growth promotion by the single cultured and co-cultured treatment on red-pepper. N, only *P. capsici* treated; C, only water treated; 1, *P. capsici* and single cultured *B. subtilis* AH18 treated; 2, *P. capsici* and single cultured *B. licheniformis* K11 treated; 3, *P. capsici* and single cultured *B. subtilis* AH18 and single cultured *B. licheniformis* K11 treated; 4, *P. capsici* and co-cultured treated.

Table 4. Pepper growth promotion ability by the single cultured and co-cultured treatment on red-pepper

Treatments	Fresh weight (mg)	Stem elongation (cm)	Leaf	
			ea	size
None	14±1.5	6.3±0.6	10±1	2.5×1.9
Water	97±1.1	11.3±0.8	13±1	4.5×1.9
AH18	38±1.2	7.4±0.8	11±1	3.1×2.1
K11	34±1.5	7.5±0.8	12±1	3.2×2.0
AH18+K11	82±1.2	10.9±0.6	15±1	4.2×3.1
co-cultured	37±1.1	7.6±0.8	11±1	2.8×1.9

컨소시엄내 길항미생물의 상호 비경쟁적 상리공생 증식여부 조사. 최적 컨소시엄인 No. 11 컨소시엄내 두 길항미생물들 간의 상호 비경쟁적 상리공생 여부를 조사하기 위하여 개별균주인 *B. subtilis* AH18과 *B. licheniformis* K11을 각각 단독으로 배양한 것과 두 균주를 동시에 접종하여 배양한 것 그리고, 각각 단독으로 배양한 것을 접종시에 혼용하는 것의 3가지 처리를 실시하였다. 동시배양한 것은 각각을 단독을 배양한 것과 비교

하였을 때 방제능과 생육촉진능 모두 시너지 효과를 나타내지 않았다. 하지만, 단독배양 후 혼용한 처리구에서는 시너지 효과를 크게 나타내었는데 방제능도 가지면서 뿌리, 줄기, 잎의 생장촉진효과에서 모두 단독배양 후 처리 또는 동시배양 후 처리에서 보다 50% 이상 시너지 효과를 발휘하였다(Fig. 6, Table 4). 따라서, 고추역병 방제용 미생물제제로 개발된 최적 컨소시엄 No. 11은 개별균주인 *B. subtilis* AH18과 *B. licheniformis* K11를 단독으로 배양하여 혼용하여 사용하는 것이 고추역병 방제 및 고추생육촉진에 시너지효과를 거둘 수 있을 것이다.

초 록

본 연구에서는 생물농약용으로 연구 개발된 길항미생물의 균주들을 이용하여 친환경농업용 길항미생물 컨소시엄을 개발하고자 하였으며, 개별 길항미생물의 항생능력, 항진균성 siderophore 및 β -glucannase생산능, auxin생산능, 인산가용능 등 각 기작별 상호 보완형 미생물균주의 컨소시엄 후보군을 구성하였다. 구성된 컨소시엄 후보군 중 컨소시엄 No. 11이 *in vivo* pot test에서 가장 좋은 고추생장촉진능과 고추역병 방제능을 발휘하였다. 최적 컨소시엄인 No. 11 컨소시엄내 두 길항미생물인 *B. subtilis* AH18과 *B. licheniformis* K11은 기작별 상호보완형으로 모두 auxin생산능, 항진균성 siderophore 및 β -glucannase생산능을 가지며, 특히 *B. licheniformis* K11는 고추역병을 길항하는 항생물질인 iturin을 생산한다. 고추역병방제용 최적컨소시엄 구성균주들간의 상호 비경쟁적 상리공생 여부를 조사하기 위하여 개별균주인 *B. subtilis* AH18과 *B. licheniformis* K11을 각각 단독으로 배양한 것과 두 균주를 동시에 접종하여 배양한 것 그리고, 각각 단독으로 배양한 것을 접종시에 혼용하는 것의 3가지 처리를 실시하였다. 그 결과 동시배양한 것은 각각을 단독을 배양한 것과 비교하였을 때 방제능과 생육촉진 능 모두 시너지 효과를 나타내지 않았다. 하지만, 단독배양 후 혼용한 처리구에서는 시너지 효과를 크게 나타내었는데 방제능도 가지면서 뿌리, 줄기, 잎의 생장촉진효과에서 모두 개별 단독배양 후 처리 또는 동시배양 후 처리에서 보다 50% 이상 시너지 효과를 발휘하였다.

Key words: microbial consortium, PGPR, Phytophthora blight

감사의 글

본 연구는 농림수산식품부 농림기술개발사업(과제관리 번호: 107013-03)의 지원에 의해 이루어진 것으로 이에 감사 드립니다.

참고문헌

- Backer CJ, Stavely JR, Thomas CA, Saser M, and MacFall JS (1983) Inhibitory effect of *Bacillus subtilis* on *Uromyces phaseoli* and on development and on development of rust pustules on bean leaves. *Phytopathology* **73**, 1148-1152.
Becker JO (1993) Control of soil-born pathogens with living bacteria and fungi: status and outlook. *Pestic Sci* **37**, 355-363.

- Chet I and Inbar J (1994) Biological control of fungal pathogens. *Appl Biochem Biotechnol* **48**, 37-43.
Elad Y and Chet I (1987) Possible role of competition for nutrient in biocontrol of *Pythium* damping-off by bacteria. *Phytopathology* **77**, 190-195.
Jung HK and Kim SD (2003) Purification and characterization of an antifungal antibiotic from *Bacillus megaterium* KL 39, a biocontrol agent of red-pepper Phytophthora blight disease. *Kor J Microbiol Biotechnol* **31**, 235-241.
Jung HK, Kim JR, Kim BK, Yu TS, and Kim SD (2003) Selection and antagonistic mechanism of *Bacillus thuringiensis* BK4 against fusarium wilt disease of tomato. *Kor J Microbiol Biotechnol* **33**, 194-199.
Jung HK, Kim JR, Woo SM, and Kim SD (2006) An auxin producing plant growth promoting rhizobacterium *Bacillus subtilis* AH18 which has siderophore-producing biocontrol activity. *Korean J Microbiol Biotechnol* **34**, 235-244.
Jung HK, Ryoo JC, and Kim SD (2005) A multimicrobial biofungicide for the biological control against several important plant pathogenic fungi. *J Korean Soc Appl Biol Chem* **48**, 40-47.
Kim JR (2004) Isolation and characteristics research of an auxin and hydrolytic enzyme by plant growth promotion rhizobacteria (PGPR). MS Thesis, Yeungnam University, Gyeongsan, Korea.
Lee ET and Kim SD (1999) Isolation and antifungal activity of the chitinase producing bacterium *Serratia* sp. 3095 as antagonistic bacterium against *fusarium* sp. *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol* **42**, 181-187.
Lee ET and Kim SD (2001) An antifungal substance, 2,4-diacetylphloroglucinol, produced from antagonistic bacterium *Pseudomonas fluorescens* 2112 against *Phytophthora capsici*. *Kor J Microbiol Biotechnol* **29**, 37-42.
Lim TH, Kwon SY, and Kim JH (2006) Effects of *Streptomyces griseofuscus* 200401 on growth of pepper plants and Phytophthora blight by *Phytophthora capsici*. *Res Plant Dis* **12**, 46-50.
Mao W, Lewis JA, Lumsden RD, and Hebar KP (1998) Biocontrol of selected soilborne diseases of tomato and pepper plants. *Crop Prot* **17**, 535-542.
McSpadden-Gardener BB (2004) The nature and application of biocontrol microbes, *Bacillus* sp. Ecology of *Bacillus* and *Paenibacillus* spp. in agricultural system. *Phytopathology* **94**, 1252-1258.
Yun GH, Lee ET, and Kim SD (2001) Identification and antifungal antagonism of *Chryseomonas luteola* 5042 against *Phytophthora capsici*. *Kor J Appl Microbiol Biotechnol* **29**, 186-193.
Woo SM, Jung HK, and Kim SD (2006) Cloning and characterization of a cellulase gene from a plant growth promoting rhizobacterium, *Bacillus subtilis* AH18 against Phytophthora blight disease in red-pepper. *Kor J Microbiol Biotechnol* **34**, 311-317.
Woo SM, Woo JW, and Kim SD (2007) Purification and characterization of the siderophore from *Bacillus licheniformis* KII, a multi-functional plant growth promoting rhizobacterium. *Kor J Microbiol Biotechnol* **35**, 128-134.