Xenorhabdus nematophilla 유래물질 벤질리덴아세톤의 고추 병해 방제 효과박수진 · 전미현 · 천원수 · 서지애¹ · 이영근* · 김용균안동대학교 생명자원과학부, ¹(주)B&L agroControl Effects of Benzylideneacetone Isolated from *Xenorhabdus nematophilla* K1 on the Diseases of Redpepper PlantsSu-jin Park, Mi-hyun Jun, Wonsu Chun, Ji-ae Seo¹, Youngkeun Yi* and Yonggyun Kim

Andong National University, Andong 760-749, Korea

¹B&L Agro, Andong 760-380, Korea

(Received on June 11, 2010; Accepted on July 23, 2010)

A monoterpenoid benzylideneacetone (BZA) is a bacterial metabolite isolated from culture broth of an entomopathogenic bacterium, *Xenorhabdus nematophila* K1. It was tested in this study the control efficacy of the metabolite against two major fungal diseases occurring in red-pepper plants. BZA exhibited significant antifungal activities against *Phytophthora capsici* and *Colletotrichum acutatum*. Under natural light conditions, the antifungal activity of BZA was maintained for more than sixty days. The antifungal activity of BZA was not lost even in soil because the incidence of Phytophthora blight against red-pepper plants was significantly reduced when the suspensions of *P. capsici* were poured to the rhizosphere soils mixed with BZA. Application of the BZA suspension spray to the fruit surface infected with *C. acutatum* significantly suppressed the disease occurrence of anthracnose on the red-pepper plants. These results suggest that BZA can be used to develop a promising agrochemical to control phytophthora blight and anthracnose of red-pepper plants.

Keywords : Benzylideneacetone, Disease control, Red-pepper plants

고추는 특히 한국에서 중요한 조미채소 중의 하나이다. 그러나 한국의 고추산지에서 모두 32종의 병해가 보고되어 있으며(조 등, 2004), 이 가운데 10여 종의 병이 매년 발생하는 것으로 보고되었다(Seo, 2008). 특히 피해가 큰 것으로 알려진 역병과 탄저병을 방제하기 위하여 20여 종과 40여종의 식물보호제가 각각 품목고시되어 있지만(한국작물보호협회, 2007), 그 방제효과가 크지 못한 실정이다. 또한 국내 중소생물산업체들이 *Bacillus subtilis*, *Trichoderma harzianum*, *Paenibacillus* sp. 등을 이용한 생물농약을 개발했으나, 아직 고추를 대상으로 등록된 생물농약은 없다(경북전략산업기획단, 2007; Sang 등, 2007; Shen 등, 2007).

곤충병원선충인 Steinernematidae와 Heterorhabditidae는 각 종 특이적 공생세균을 지니며 이들 공생 세균의 항생

능력에 의해 선충의 생활환을 유지하게 된다(Kaya와 Gaugler, 1993). 곤충병원세균 *Xenorhabdus nematophila* K1은 한국에서 분리된 *Steinernema carpocapsae*의 공생 세균이며, 선충과 더불어 대상 곤충의 혈강에서 높은 항생능력으로 선충과 자신만 생존하고 성장한다(Park 등, 1999; Park과 Kim, 2000). 이 세균이 생성하여 분비하는 물질 가운데 모노테르펜 계열의 벤질리덴아세톤이 분리되었으며, 식물병원세균에 대해 높은 항균 능력이 있음을 보고한 바 있다(Ji 등, 2004; Ji 등, 2004; Yi 등, 2007). 본 연구는 그 후속 실험의 일환으로 벤질리덴아세톤을 이용한 고추의 몇 가지 주요 곰팡이 병해에 대한 방제 가능성이 입증되었기에 보고한다.

재료 및 방법

고추와 병원균, 벤질리덴아세톤. 고추 모는 시판되고 있는 대촌 품종의 종자를 파종 및 육묘하여 사용하였다.

*Corresponding author

Phone) +82-54-820-5506, Fax) +82-54-820-6320

Email) youngkyi@andong.ac.kr

벤질리덴아세톤(Aldrich 241091)은 dimethyl sulfoxide (DMSO, Hayashi Pure Chemical Ind.)에 용해시켜 100,000 µg/ml의 용액을 만든 후 증류수로 희석하여 사용하였다. 고추의 병원균은 농촌진흥청 농업유전자원정보센터로부터 분양받아 사용하였다. 병원세균은 nutrient 한천평판배지(Difco)에서 30°C의 온도 조건으로 2일간 배양하였으며, 곰팡이는 감자한천평판배지(potato dextrose agar, PDA; Difco, USA)에서 28°C로 7일간 배양하여 사용하였다.

항균력 조사. 벤질리덴아세톤 250 µg/ml가 첨가된 감자한천평판배지의 중앙에 직경 6 mm 크기의 고추 병원 곰팡이의 colony를 접종한 후 28°C에서 7일간 배양하였다. 이렇게 배양된 곰팡이의 colony 직경과 벤질리덴아세톤을 함유하지 않은 감자한천배지에서 배양한 곰팡이의 colony 직경을 비교하였다. 또한 벤질리덴아세톤 500 µg/ml가 첨가된 nutrient 액체 배지에 0.1 ml의 고추병원세균의 현탁액(10^9 cfu/ml)을 접종하고 30°C에서 48시간 동안 배양하였다. 이 세균의 배양액을 대상으로 UV/VIS spectrophotometer(Dong-il Shimadzu Corporation)로 파장 600 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 벤질리덴아세톤을 함유하지 않은 배지에서 배양한 세균의 흡광도와 비교하였다. 고추 병원 균주 별로 3 petri plate씩 3반복으로 처리하였다.

항균력 지속기간 조사. 벤질리덴아세톤 250 µg/ml가 첨가된 감자한천평판배지를 건물 옥상에 60일간 보존하여 자연 태양광선에 노출시켰다. 건물 옥상에 12일과 60일 동안 보존한 배지 중앙에 직경 6 mm의 고추병원 곰팡이의 colony를 접종하여 28°C에서 7일간 배양하였다. 배양이 끝난 곰팡이의 colony 직경을 벤질리덴아세톤을 함유하지 않은 배지에서 배양한 곰팡이의 colony 직경과 비교하였다. 고추 병원 곰팡이 별로 3 petri plate씩 3반복으로 처리하였다.

토양에 흡착 여부 조사. 발 토양을 넣은 비이커에 벤질리덴아세톤 1,000 µg/ml 용액을 흥건하게 분고 하루 동안 실내에 보존하였다. 토양으로부터 벤질리덴아세톤 용액을 수거하여 2,000 rpm으로 원심분리한 후, 상정액을 세균여과기로 통과시켰다. 토양으로부터 수거하여 세균여과기를 통과시킨 벤질리덴아세톤 용액에 PDA(Difco)를 더하여 감자한천평판배지를 만들고, 그 중앙에 직경 6 mm의 고추 역병균의 colony를 접종하여 28°C에 7일간 배양하였다. 배양이 끝난 곰팡이의 colony 직경을 일반 감자한천평판배지에서 배양한 곰팡이의 colony 직경과 비교하였다. 고추 병원 곰팡이 별로 3 petri plate씩 3반복으로 처리하였다.

약해조사. 플라스틱 화분(직경 25 cm, 높이 12.5 cm)

에 심겨진 개화초기의 고추 지상부에 벤질리덴아세톤 500 µg/ml와 1,000 µg/ml 용액을 식물보호제용 전착제를 첨가하여 각각 충분히 흐르도록 살포하였다. 약제 살포가 끝난 식물을 온실에 보존하면서 일주일 동안 약해 발생 여부를 육안으로 관찰하였다. 10%와 25%의 DMSO용액을 같은 방법으로 고추에 살포하여 약해 발생 여부를 관찰하였다. 벤질리덴아세톤과 DMSO의 농도 별로 3포기의 고추에 살포하였다.

병 방제효과 조사. 충분히 자란 고추 열매의 표면에 고추 탄저병균 현탁액을 충분히 흐르도록 살포하고, 탄저병균 현탁액이 마른 후에 벤질리덴아세톤 500 µg/ml 용액을 살포하였다. 탄저병균과 벤질리덴아세톤 모두 식물보호제용 전착제를 첨가하여 사용하였다. 처리가 끝난 고추 열매를 포화 상태의 습실에 넣어 15일간 보존하면서 탄저병 발생 여부를 육안으로 관찰하였으며, 발병과율을 탄저병균만 살포한 고추 열매와 비교하였다. 고추열매 5개씩 3반복으로 처리하였다. 또한 원예용 상토를 121°C에서 1시간 동안 고압 살균하고 벤질리덴아세톤 500 µg/ml 용액 300 ml를 섞은 후 밧트(60×30×15 cm)에 넣어 하루 동안 보존하였다. 밧트 별로 길이 30 cm 내외의 고추 묘를 6포기씩 심고, 고추의 뿌리 주변 토양에 고추 역병균 현탁액을 관주하였다. 감자한천배지에서 29°C로 15일간 배양한 고추 역병균을 mixer에 갈아서 고추 역병균 현탁액을 조제하였으며, 고추 포기 당 반 petri plate(직경 9 cm)의 역병균을 살균수 90 ml로 희석하여 접종하였다. 같은 방법으로 벤질리덴아세톤 500 µg/ml 용액을 섞은 토양에 고추를 심고 2일 후에 고추 역병균을 상처접종 하였다. 고추 줄기의 껍질을 6 mm 길이로 반쯤 벗겨내고, 껍질과 줄기 사이에 직경 6 mm의 역병균의 colony를 접종하였다. 역병균을 접종한 후 3주일 동안 발병 여부를 육안으로 관찰하였으며, 처리별 6 포기씩 3반복으로 접종하였다.

결과 및 고찰

고추 병원균에 대한 항균력. 벤질리덴아세톤 250 µg/ml를 함유한 감자한천평판배지(PDA, Difco)의 중앙에 직경 6 mm의 고추 역병균(*Phytophthora capsici*, KACC 40483)과 탄저병균(*Colletotrichum acutatum*, KACC 43125)을 접종하고 28°C에서 배양하였다. 그 결과 벤질리덴아세톤을 함유한 배지에서 배양한 고추 탄저병균의 콜로니 직경은 벤질리덴아세톤을 함유하지 않은 배지에서 배양한 경우에 비하여 1/3 이하로 작았으며, 특히 역병균은 벤질리덴아세톤을 함유한 배지에서 거의 자라지 못하였다(Fig. 1).

Fig. 1. Inhibitory effects of benzylidenacetone (BZA) on growth of red-pepper pathogenic fungi. Each colony of pathogenic fungi (6 mm of diameter) was inoculated on the center of potato dextrose agar plate amended with 250 $\mu\text{g}/\text{ml}$ of BZA and incubated at 28°C.

Fig. 2. Inhibitory effects of benzylidenacetone (BZA) kept under sunshiny natural condition for 60 days on growth of red-pepper pathogenic fungi. Potato-dextrose agar (PDA) plates including 250 $\mu\text{g}/\text{ml}$ of BZA were kept on the roof. Each colony of *Phytophthora capsici* or *Colletotrichum acutatum* (6 mm of the diameter) was inoculated on the center of the PDA plates and incubated at 28°C.

벤질리덴아세톤 500 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 를 함유한 nutrient 액체배지에 4종의 고추병원세균을 각각 접종하고, 30°C에서 2일간 배양한 후 비색계를 이용하여 600 nm에서 흡광도를 측정하였다. 그 결과 고추 껍질병균(*Clavibacter michiganensis* pv. *Michiganensis*, KACC 20883)에 대해서는 세균증식 억제효과가 있었으나, 고추 무름병균(*Pectobacterium carotovorum* subsp. *Carotovorum*, KACC 11131)과 세균성 점무늬병균(*Xanthomonas campestris* pv. *Vesicatoria*, KACC 11158), 풋마름병균(*Ralstonia solanacearum*, KACC 11171)에 대해서는 증식 억제 효과가 관찰되지 않았다.

자연조건에서 항균력 지속기간. 벤질리덴아세톤 250 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 를 함유한 감자한천평판배지를 건물의 옥상에 보존하여 태양광선에 노출시킨 후, 배지의 중앙에 직경 6 mm의 고추 역병균과 탄저병균을 각각 접종하고 28°C에서 배양하였다. 그 결과 야외 조건에서 두 달 동안 보존한 후에도, 벤질리덴아세톤을 함유한 배지에서 배양한 고추 병원 곰팡이들은 벤질리덴아세톤을 함유하지 않은 배지에서 배양한 경우에 비하여 현저하게 생육이 억제되었다(Fig. 2). 이러한 결과는 벤질리덴아세톤이 야외 태양 자외선 아래에서도 분해되지 않고 오랫동안 항균력을 유지하고 있음을 의미한다.

Fig. 3. Inhibitory effects of benzylidenacetone (BZA) passed through farm-soil on growth of *Phytophthora capsici*. The suspension including 1,000 $\mu\text{g}/\text{ml}$ of BZA poured onto the farm-soil. The soil filled with the BZA suspension was kept for 24 h under room temperature. Potato-dextrose agar plates were made from the BZA suspension obtained from the soil. Colony of *Phytophthora capsici* (6 mm of the diameter) was inoculated on the center of the PDA plates and incubated at 28°C.

토양 내에서의 항균력. 밭 토양을 통과시킨 벤질리덴아세톤 1,000 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 용액으로 조제한 감자한천평판배지의 중앙에 직경 6 mm의 고추 역병균을 접종하고 28°C에서 배양하였다. 그 결과 벤질리덴아세톤 현탁액으로 조제한 감자한천배지에서 배양한 고추 역병균은 거의 자라지 못하였다(Fig. 3). 이러한 결과는 벤질리덴아세톤 용액을

고추 근권토양에 관주처리할 때, 벤질리덴아세톤이 토양에 흡착되어 불활성화되지 않고 고추 역병균을 억제할 수 있음을 의미한다.

고추에 대한 약해 조사. 벤질리덴아세톤 500~2,000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 용액을 고추의 지상부에 살포한 결과, 벤질리덴아세톤 2,000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 용액을 살포한 고추에서 잎이 가장자리부터 말리고 시들어 낙엽이 되는 약해가 발생하였다. 벤질리덴아세톤 1,000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 와 500 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 용액을 살포한 고추 잎에서는 잎이 말리는 약해 증상이 발생하지 않았다. 한편 DMSO 10%와 25% 용액을 고추에 살포한 결과, 25%의 DMSO를 살포한 고추의 잎에 하얀 점무늬가 나타나면서 점무늬 부분이 얇아지는 약해가 발생하였다. 그러나 10%의 DMSO 용액을 뿌려준 고추 잎에서는 어떤 약해증상도 찾아볼 수 없었다. 이 시험에서 사용한 2,000 ppm의 벤질리덴아세톤 용액에는 2% 미만의 DMSO가 함유되어 있었으며, 벤질리덴아세톤 용액을 뿌려준 고추 잎에 발생한 약해증상도 DMSO의 약해증상과 달랐다. 따라서 벤질리덴아세톤 용액을 뿌려준 고추 잎에 발생한 증상은 DMSO에 의한 약해증상이 아닌 벤질리덴아세톤에 의한 약해로 판단되었다. 현재 식물보호제 품목고시 시험

방법에 의하면, 추천농도의 배농도를 작물에 처리할 경우에도 대상작물에 약해가 발생하지 않아야 한다고 규정하고 있다. 따라서 고추에 대한 약해 발생의 우려 없이 벤질리덴아세톤 500 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 용액을 고추 지상부에 살포할 수 있을 것으로 판단되었다.

병 방제 효과. 고추 과실 표면에 탄저병균 포자현탁액을 분무접종하고, 벤질리덴아세톤 500 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 용액을 살포하였다. 그 결과 벤질리덴아세톤 용액을 살포하지 않은 열매에서는 모두 탄저병이 발생하였다. 그러나 벤질리덴아세톤 용액을 뿌려준 열매에서는 절반 이하의 열매에서만 탄저병이 발생하였으며, 병반도 벤질리덴아세톤 용액을 뿌려주지 않은 열매에 비하여 작았다(Fig. 4).

고압 살균된 원예용 상토에 벤질리덴아세톤 500 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 용액을 섞은 후 이식한 고추의 뿌리 주변 토양에 역병균 현탁액을 관주하였다. 그 결과 벤질리덴아세톤을 처리하지 않은 토양의 고추는 1/3이 역병에 감염되었으나, 벤질리덴아세톤을 처리한 토양에서는 역병이 발생하지 않았다(Fig. 5). 같은 방법으로 벤질리덴아세톤 용액을 혼합한 토양에 심겨진 고추의 줄기에 역병균을 상처 접종한 결과, 모든 고추에서 병 발생이 확인되었다. 살균증류수로

Fig. 4. Control effect of benzylideneacetone (BZA) on anthracnose of red-pepper plants. The spore suspension of *Colletotrichum acutatum* was sprayed on the fruits of red-pepper plants and dried. After drying the suspension, BZA suspensions were sprayed on the fruits and the fruits were kept under high humidity condition for 15 days.

Fig. 5. The control effect of benzylideneacetone (BZA) on *Phytophthora* blight of red-pepper plants. The soil was mixed with the suspension of BZA and kept at room temperature for one day. Red-pepper plants were transplanted to the soil and the suspensions of *Phytophthora capsici* were poured onto the rhizosphere soil. Arrow points to rot symptom by *Phytophthora capsici* (right figure).

상처 접종한 고추에서는 역병이 발생하지 않았다.

이 등(1979)은 metalaxyl 수화제를 담배 근권토양에 관주하고 일주일 간격으로 담배 줄기에 역병균을 상처접종한 결과, metalaxyl을 처리한 4주 후까지 병 발생 억제 효과를 확인하였다. 이러한 결과는 metalaxyl의 담배 내 침투이행성을 입증한 것이었으며, 현재까지 한국의 연초재배농가에서 역병 방제를 위하여 metalaxyl 수용액을 담배 근권토양에 분주하는 방법이 이용되고 있다(강과 정, 2003). 이 실험에서는 근권토양에 벤질리덴아세톤을 처리하였음에도 고추 줄기에 접종한 역병균의 발병을 억제할 수 없었기 때문에, 벤질리덴아세톤의 식물체 내 침투 이행성은 없는 것으로 생각되었다.

위 결과를 종합할 때, 벤질리덴아세톤의 고추병원세균에 대한 생육억제 효과는 크지 않았으나 역병균과 탄저병균에 대해서는 강력한 증식 억제 효과가 있는 것으로 판단되었다. 또한 태양광선 아래에서 60일 이상 보존하였음에도 강한 항균력을 유지하였기 때문에, 비가 오지 않는 조건에서는 1회 약제 살포로 오랫동안 역병균과 탄저병균에 대한 보호살균제로의 효과를 유지할 수 있을 것으로 생각되었다. Metalaxyl을 담배 근권 토양에 관주하는 방법은 한국의 연초재배농가에서 역병을 방제하기 위하여 1970년대 말부터 사용되어 왔다. 그러나 고추 근권 토양에 metalaxyl을 관주할 경우에는 낮은 농도에서도 약해를 발생시키기 때문에, 고추 역병을 방제하기 위해 고추 지상부에 metalaxyl을 살포하는 방법이 이용되고 있다(한국작물보호협회, 2007; 김 등, 2009; Seo, 2008). 그러나 역병이 토양전염성 병해이기 때문에, 지상부에 대한 약제 살포로는 병해방제 효과가 매우 낮을 수 밖에 없었다. 따라서 고추의 역병 방제는 주로 저항성품종 재배에 의존하고 있다(김 등, 2009). 이 실험 결과 벤질리덴아세톤은 토양 내에서도 강력한 항균력을 유지하기 때문에, 역병 방제를 위한 보호살균제로의 이용 가치가 매우 높을 것으로 생각된다.

그러나 이 실험에서 벤질리덴아세톤의 탄저병 및 역병에 대한 방제효과가 포트 시험으로 검토되었기 때문에, 앞으로 포장조건에서 벤질리덴아세톤 처리에 의한 고추의 병 방제효과가 확인되어야 할 것이며, 최저사용 농도 및 약제 처리 간격 등 구체적인 처리 방법도 정립되어야 할 것이다.

요 약

벤질리덴아세톤은 모노테르펜 화합물로 곤충병원세균인 *Xenorhabdus nematophilla* K1의 대사물질이다. 본 연

구는 벤질리덴아세톤을 이용하여 고추의 두 가지 주요 병해에 대한 방제 가능성이 조사되었다. 벤질리덴아세톤은 역병균 *Phytophthora capsici*와 탄저병균 *Colletotrichum acutatum*에 대해 강력한 억제능력을 가지고 있었다. 이러한 벤질리덴아세톤의 항균력은 태양이 비치는 자연조건에서 60일 이상 유지되었으며, 토양수 내에서도 상실되지 않았다. 벤질리덴아세톤을 혼합한 토양에 심겨진 고추 근권토양에 *Phytophthora capsici* 현탁액을 관주하였을 때, 역병 발생이 크게 감소되었다. 또한 *Colletotrichum acutatum*에 오염된 고추 열매 표면에 벤질리덴아세톤 용액을 살포하여 탄저병 발생을 억제할 수 있었다. 이러한 결과는 벤질리덴아세톤을 고추 역병과 탄저병 방제용 농약으로 개발할 수 있음을 제시하고 있다.

감사의 글

이 연구결과는 농촌진흥청의 2009-2010 AGENDA 과제(과제번호 20100301-030-030-001-04-00)와 2009학년도 안동대학교 국제학술교류보조금 지원에 의하여 수행되었다. 이 연구 수행에 많은 조언을 준 미국 펜실베이니아주립대학교 식물병리학과 강석찬 교수에게 감사드립니다.

참고문헌

- 조원대, 권진혁, 김경희, 김국형, 김동근, 김완규, 김진원, 류기현, 박병용, 유승현, 이기운, 이순구, 이승규, 이승돈, 이영근, 이재열, 임춘근, 지형진, 차병진, 차재순, 최국선, 최동로, 최장경, 최재율, 최홍수, 현익화, 홍성기, 홍승범. 2004. 한국식물병명목록. 한국식물병리학회. 779 pp.
- 한국작물보호협회. 2007. 농약사용지침서. 1,031 pp.
- Ji, D., Kim, Y. and Yi, Y. 2004. 16S rDNA Sequence and biochemical characterers of a Korean isolate of *Xenorhabdus nematophilus*. *J. Asia-Pacific Entomol.* 7: 105-111.
- Ji, D., Yi, Y., Kang, G., Chi, Y., Kim, P., Pack, N. and Kim, Y. 2004. Identification of an antibacterial compound, benzylidenacetone, from *Xenorhabdus nematophila* against major plant-pathogenic bacteria. *Fems Microbiology letters* (ELSEVIER Science BV). 239: 241-248.
- 강여규, 정윤화. 2003. Metalaxyl 저항성 담배 역병균 (*Phytophthora nicotianae*) 방제를 위한 약제 선발. *식물병 연구* 9: 224-228.
- Kaya, H. K. and Gaugler, R. 1993. Entomopathogenic nematodes. *Annu. Rev. Entomology* 38: 181-206.
- 김병수, 이영근, 이미경. 2009. 고추의 친환경 안전생산을 위한 병충해 방제 및 잔류농약 저감 기술 개발. 특허작목 연구개발과제 연구실적 보고서. 농촌진흥청. 32 pp.
- 경북전략산업기획단. 2007. 경북지역 생물건강산업분야 산업기

- 술지도(개정판). 324 p.
- 이영근, 박은경, 김정화. 1979. 담배 역병에 대한 약제방제시험. 담배연구논문집 1: 69-73.
- Park, Y. and Kim, Y. 2000. Eicosanoids rescue *Spodoptera exigua* infected with *Xenorhabdus nematophilus*, the symbiotic bacteria to the entomopathogenic nematode, *Steinernema carpocapsae*. *J. Insect Physiol.* 11: 1469-1476.
- Park, Y., Kim, Y. and Yi, Y. 1999. Identification and characterization of a symbiotic bacterium associated with *Steinernema carpocapsae* in Korea. *J. Asia-Pacific Entomol.* 2: 105-111.
- Sang, M. K., Oh, J. Y. and Kim, K. D. 2007. Root-dipping application of antagonistic rhizobacteria for the control of *Phytophthora* blight of pepper under field conditions. *Plant Pathol. J.* 23: 109-112.
- Seo, J. 2008. Survey on major diseases of red-pepper plants (*Capsicum anum*) and current control measures by farmers. A thesis for degree master. Andong National Univ. 54 pp.
- Shen, S., Piao, F., Lee, B. and Park, C. 2007. Characterization of antibiotic substance produced by *Serratia plymuthia* A21-4 and the biological control activity against pepper phytophthora blight. *Plant Pathol. J.* 23: 180-186.
- Yi, Y., Park, H. W., Sony, S., Seo, J., Kim, Y. O., Shin, C. S. and Kim, Y. 2007. Identification of two entomopathogenic bacteria from nematode pathogenic to the oriental beetle, *Blitopertha orientalis*. *J. Microbiol. and Biotech. Korean Soc. Microbiol. & Biotec.* 17: 968-978.