

미생물 살균제 *Paenibacillus* sp. AC-1 입제의 물리화학적 특성

오경석* · 이영기¹ · 이재국¹ · 김진화¹

농촌진흥청 연구개발국, ¹농촌진흥청 농업과학기술원

요약 : 유기합성농약의 부작용을 최소화하고, 미생물 농약의 실용화를 목적으로 *Paenibacillus* sp. AC-1 건조분말 그리고 여러 가지 보조제 및 증량제를 이용하여 입제를 제조하였으며, 이들 제제에 대한 물리화학적 특성을 연구하였다. 시제품은 *Paenibacillus* sp. AC-1 건조분말을 사용하여 고추역병 방제용 입제 4종을 제조하였다. 증량제 종류별 원제에 대한 영향은 talc가 가장 안정하였으며, 시제품 제조시 균주 생존성은 시제품 모두 제조 후에 안정하였다. *Paenibacillus* sp. AC-1 건조분말을 사용한 시제품의 물리화학적 특성 중 시제품 모두 입제의 품질규격에 적합하였다. *Paenibacillus* sp. AC-1 건조분말을 사용한 입제의 저장온도별 균주 안정성은 4~50℃의 온도 범위에서 12주후까지도 안정하였다. 입제의 균 수중용출은 처리 7시간 후에 *Paenibacillus* sp. AC-1 균이 90% 이상 용출되었으며, 입자붕괴성은 처리 1일 후에 완전히 붕괴되었다. 이상의 결과를 종합할 때, *Paenibacillus* sp. AC-1를 이용한 고추역병 방제용 미생물 살균제의 실용화를 위한 제조처방은 원제로서 AC-1 건조분말 20%, 보조제로서 sodium polyacrylate 1.0%, 계면활성제로서 polycarboxylate를 주제로한 제제 7%, 증량제로서 나머지를 talc로 사용하는 것이 *Paenibacillus* sp. AC-1의 입제 제조에 최적 조건이었다. (2005년 6월 2일 접수, 2005년 9월 20일 수리)

색인어 : *Paenibacillus* sp. AC-1, 미생물농약, 농약제제.

서 론

현대농업에서 농약은 그 위해성에 대한 논란에도 불구하고 농산물의 증대, 작부체계 및 재배방법의 개선, 품질과 저장성의 향상 및 노동력 절감 등을 위한 매우 중요하고도 필수적인 농용자재이다. 그러나 유기합성농약은 그 정도의 차이는 있으나 나름대로의 독성을 가지고 있기 때문에 생태계에 유익성과 위해성을 동시에 주는 양면성을 내포하고 있다. 이들 유기합성농약은 그동안 식량난 해결에 지대한 기여를 하였지만, 무차별한 남용으로 인하여 많은 사람이 농약에 중독되었고, 농약에 의한 환경오염, 농산물중 잔류독성, 병해충 및 잡초에 대한 저항성 증대 유발, 그리고 생태계에 영향을 끼치는 환경파괴가 빈번히 발생하고 있다. 따라서 이들 합성농약에 대한 환경 평가의 기준이 강화되고 있고, 그 규제의 강도도 점차 심화되고 있는 실정이다. 특히 지구환경을 보호 유지하려는 움직임은 이미 산업전반에 걸쳐 법적인 제도가 추진되고 있다.

이와 같은 주변여건의 변화는 환경과의 친화성이 있는 농업기술의 연구개발이 절실하게 요청되고 있으

며, 새로운 저독성의 농약 또는 생물공학의 기법 등을 이용한 농약개발이 최우선적인 연구의 대상으로 확대되고 있다. 그러나 국내의 여건을 보면 물질특허의 도입 및 선진각국의 보호주의 장벽으로 기술이전이 엄격히 제한되어 있어 국내 기술에 의한 자체 개발 요구가 증폭되고 있는 실정이다. 이들 제반요구를 충족시킬 수 있는 소재는 자연계에 널리 존재하는 유용미생물 및 천연물 자원이다. 미생물을 이용한 병해충 및 잡초의 방제노력은 지난 1세기 동안 지속적인 연구가 수행되어 왔으며(Ishiwata, 1901), 특정 유해생물에 대하여 활성이 있는 세균, 사상균, 바이러스 등이 상품화 되어온 바 있다. 특히 *Bacillus thuringiensis* (B.t)가 분비하는 내생독소를 이용한 해충의 방제효과는 그 연구개발이 가장 활발하여 여러 가지 종류의 해충에 대하여 실용화된 바 있다 (Beegle 등, 1991; Fast, 1977; Ashmed 등, 1973; Griego 등, 1978; Morris, 1983; Leong 등, 1980). 일반적으로 생물농약에 대한 제제화 연구에는 일반 유기합성농약의 제제에서 사용되는 습윤제, 분산제 및 증량제의 사용이 불가피하고, 이와 같은 목적으로 계면활성제와 비금속광물 또는 식물성의 증량제 그리고 액체상태의 유지료가 곤충기생성 병원균의 제제화를 위하여 사용되고 있다

*연락처자

(Synek, 1983; Vander Hooven, 1983; Sawicka 등, 1983; 安田, 1991; Shasha 등, 1992). 특히 미생물을 대상으로 한 제제는 사용 후 환경 중에서 신속히 불활성화하여 방제지속효과가 급격하게 저하하는 것이 일반화되어 있어 살포 후 약효발현기간을 지속시키려는 연구가 시급히 요청되고 있다.

따라서 본 연구에서는 *Paenibacillus* sp. AC-1의 제제화에 사용할 수 있는 적절한 부자재를 선별하고, 또한 살포 후 환경 중에서 균주의 안정성을 확보할 수 있는 새로운 제제에 대한 물리화학적 성질을 검토하였다.

재료 및 방법

미생물균주(원제) 및 부자재

본 실험에 사용한 미생물 균주 *Paenibacillus* sp. AC-1는 (주)동아바이오텍에서 분말(400 L 발효조에서 48시간 동안 배양한 배양액을 분무건조 '140°C Inlet, 85°C Outlet')로 분양받아 사용하였으며, 고추역병균 (*Phytophthora capsici*)은 농업과학기술원 식물병리과에 보존된 균주를 사용하였다. 부자재로는 보조제료 calcium carbonate, white carbon, sodium polyacrylate, 계면활성제로 polycarboxylate를 주제로한 제제를 사용하였다. 또한 증량제로 사용된 천연물로는 pregelatinized starch인 Mirasperse® (A.E. Staley Manufacturing Company, Decatur, III. USA)를 사용하였으며, 비금속 광물로는 talc, pyrophyllite, bentonite, kaolin을 사용하였다.

증량제 선별시험

증량제 선별시험은 원제 0.1 g과 부재를 각각 0.9 g씩을 정확히 멸균 vial에 취하여 약 1시간동안 실온에

서 방치하였다. 멸균증류수 10 mL가 들어 있는 시험관에 혼합물 0.1 g을 취하여 고르게 섞은 후 PDA (Difco) 배지상에 고추역병균과 대치배양하였다. 혼합물은 paper disc (직경, 8 mm)에 30 µL씩 처리하였으며, 고추역병균은 PDA 배지에서 미리 생육시킨 균총 (직경, 5 mm)을 사용하였다. 대치배양된 균은 28°C로 조절된 배양기에서 5일간 배양 후 저지원을 조사하였다. 한편 대조는 멸균수 10 mL가 들어 있는 시험관에 원제 0.1 g을 취하여 멸균증류수와 고르게 섞은 후 상기와 동일한 방법으로 조사하였다. 이 때 ideal value는 zone size × 원제 %로써 ideal value가 큰 것을 부재에 대하여 *Paenibacillus* sp. AC-1이 안정한 것으로 판단하였다.

비금속광물을 이용한 입제 제조

비금속광물을 이용한 입제는 비금속광물을 각 제조처방별로 일정량과 계면활성제를 취하여 비이커에 넣고, *Paenibacillus* sp. AC-1 건조분말 20 g과 혼합한 후 철저히 섞은 다음 과립제조기를 이용하여 직경 1 mm로 사출시켜 3일간 통풍건조하였다. 건조된 입제를 1~3 mm길이로 절단하여 본 실험에 사용하였으며, 제조된 입제의 제조처방은 표 1과 같다.

시제품중 균주 생존수

시제품의 일정량을 유발에 넣고 분쇄한 다음 시제품을 각각 1 g씩 멸균수가 함유된 시험관에 정량적으로 취하여 본 AC-1균주에 특이적으로 선별된 감자반합성한천배지 (Potato semisynthetic agar: potato 300 g, sugar 15 g, Na₂HPO₄ · 12H₂O 2.0 g, Ca(NO₃)₂ · 4H₂O 0.5g, peptone 5.0 g, agar 15 g, 증류수 1 L) 배지에 희석평판하여 28°C로 조절된 배양기에서 2일간 배양한 후 균수를 조사하였다.

Table 1. Quantities of active ingredient and inert materials used in the granular formulations of *Paenibacillus* sp. AC-1

Formulation code	Composition (%)									
	<i>Paenibacillus</i> sp. AC-1	Adjuvant ^{a)}			SAA ^{b)}		Carrier ^{c)}			
		A	B	C	A	B	A	B	C	D
ACG-1	20.0	10.0	10.0	-	7.0	7.0	-	-	46.0	-
ACG-2	20.0	10.0	10.0	-	7.0	7.0	-	-	-	46.0
ACG-3	20.0	-	-	1.0	-	7.0	72.0	-	-	-
ACG-4	20.0	-	-	1.0	-	7.0	-	72.0	-	-

^{a)}A: Calcium carbonate, B: White carbon, C: Sodium polyacrylate.

^{b)}Surface active agent(SAA). A and B were prepared with polycarboxylate.

^{c)}A: talc, B: pyrophyllite, C: bentonite, D: kaolin.

시제품의 저장온도별 균주 안정성

시제품의 저장온도별 균주 안정성은 일정량의 시제품을 밀폐용기내에 넣은 후 4, 30, 50℃로 조절된 배양기내에 방치하면서 경과일수별로 시료를 채취하여 일정량의 시료를 유발에 넣고 분쇄한 다음 희석평판 배양법으로 균수를 조사하였다.

시제품의 이화학적

입도분포

입도분포는 시료 50 g을 정량적으로 취한 다음 1 mm 체에 올려놓은 후 서서히 흔들어 준 다음 체에서 걸러진 양을 백분율로 조사하였다.

수분함량 및 pH

수분함량은 시제품 약 3 g을 정확히 취하여 소형 칭량병에 넣은 후 110℃로 조절된 건조기내에서 12시간 방치한 다음 무게 감소에 대한 백분율로 조사하였으며, pH는 5% 용액을 만들어 측정하였다.

수중 입자 붕괴성

수중 입자 붕괴성은 입제 1 g을 증류수 100 mL가 들어 있는 비이커에 넣은 후 입자가 붕괴되는 정도를 육안으로 관찰하여 붕괴정도를 1~10으로 표기하였으며, 붕괴정도가 10일 경우에는 붕괴가 완전히 일어난 것으로 표기하였다.

시제품중 균 수증 용출성

시제품중 균의 용출성은 시제품 1 g을 취하여 멸균수 50 mL가 들어 있는 삼각플라스크에 무균적으로 넣고 20±2℃의 온도에서 정치시킨 다음 경시적으로 입제로부터 용출되어 나오는 균수를 측정하였다.

결과 및 고찰

증량제 선별시험

본 실험은 미생물농약의 제제 개발에 사용될 수 있는 여러 가지 증량제를 대상으로 *Paenibacillus* sp. AC-1 균주에 대한 영향을 평가하기 위하여 비금속광물 13종과 천연물 7종을 선별하여 실험하였다. 그러나 이 논문에는 예비실험을 토대로 하여 비금속광물을 대표할 수 있는 3종의 광물과 천연물을 대표할 수 있는 1종의 물질만을 나타내었다.

표 2에 나타낸 ideal value는 *Paenibacillus* sp. AC-1 분말 사입양에 고추역병균의 inhibition zone 크기를 곱하여 발생된 수치로 표시하였는데, 이 수치가 크면 클수록 *Paenibacillus* sp. AC-1 균주의 활성이 적용된 부재에 대하여 영향이 없는 것으로 판단하였다. 따라서 표 2에서 보는 바와 같이 *Paenibacillus* sp. AC-1 균주의 활성에 가장 영향을 주지 않는 증량제로는 비금속광물인 talc 이었으며, 시험에 사용된 다른 부재들도 ideal value가 비교적 높아 *Paenibacillus* sp. AC-1 균주 활성에 많은 영향을 주지 않을 것으로 추정하였다.

또한 표 3에서와 같이 이들 시험된 여러 가지 증량

Table 2. Activity of *Paenibacillus* sp. AC-1 treated with several carriers on *Phytophthora capsici*

Carrier	<i>Paenibacillus</i> sp. AC-1 powder (%)	Inhibition zone(mm)	Ideal value ^{a)}
Talc	20.03	15.8±0.2	3.17
Kaolin	20.02	15.0±0.2	3.00
White carbon	20.00	13.6±0.1	2.72
Mirasperse	19.95	14.6±0.1	2.91

^{a)}Ideal value : zone size × technical %.

Table 3. Change of viable cells and pH of *Paenibacillus* sp. AC-1 on several carriers

Carrier	Viable cell(×10 ⁸ cfu/g)		pH	
	Before treatment	5 days after treatment	Before treatment	72 hours after treatment
Talc	8.9±0.3	9.0±0.3	4.7	4.3
Kaolin	12.2±0.4	9.5±0.1	4.8	4.3
White carbon	7.6±0.2	10.7±0.2	4.9	4.4
Mirasperse	8.7±0.1	10.9±0.3	4.7	4.3

※ Samples were kept at 20±1℃.

Table 4. Effect of *Paenibacillus* sp. AC-1 treated with talc on *Phytophthora capsici*

Amount of talc (g)	Amount of <i>Paenibacillus</i> sp. AC-1 powder ^{a)} (g)	Inhibition zone (mm)
0.0	0.1	12.3 ± 0.1
0.1	0.1	13.3 ± 0.2
0.2	0.1	15.4 ± 0.2
0.3	0.1	15.0 ± 0.2
0.4	0.1	16.2 ± 0.2
0.5	0.1	17.2 ± 0.1

^{a)}The culture media of *Paenibacillus* sp. AC-1 was M5.

제에 대한 일정시간 경과 후의 *Paenibacillus* sp. AC-1 균수 변화는 처리전과 처리 후에 큰 변화를 주지 않았으며, pH변화 실험에서는 실험에 사용된 모든 증량제에 대해 pH가 약간 산성화되는 경향을 보이고 있으나, *Paenibacillus* sp. AC-1 제제화에는 큰 영향을 주지 않을 것으로 생각되었다. 한편 위에서 *Paenibacillus* sp. AC-1 제제용 증량제로 선발된 talc에 대하여 *Paenibacillus* sp. AC-1 제제에 사입할 수 있는 최적 사입량을 결정하기 위하여 시험한 결과는 표 4와 같다. 고추역병균인 *P. capsici*를 이용하여 역가감정을 수행한 결과, *P. capsici*에 대해서는 talc의 함량이 60% 이상일 때가 가장 좋은 활성을 나타냈다. 따라서 이와 같은 결과는 *Paenibacillus* sp. AC-1 균주 자체보다는 증량제가 부가됨으로써 *P. capsici*에 대한 역가가 증가되는 것으로 생각되었다.

입제 제조과정이 균주 생존에 미치는 영향

세 가지 비금속광물과 한 가지 천연물 증량제를 이용하여 압출조립법으로 4종의 입제를 제조하였다. 제

조 과정이 균주의 생존에 미치는 영향을 조사하였다. 그 결과 표 5에서와 같이 제조전의 균수가 $0.74 \sim 0.82 \times 10^9$ cfu/g이었는데, 제조 후 균수는 $1.1 \sim 2.1 \times 10^9$ cfu/g이었다. 이와 같이 압출조립법을 이용하여 시제품을 제조할 경우에는 제제과정 중에 균의 손실이 없이 안정적인 제제효율을 기대할 수 있었다.

시제품의 저장온도별 안정성

상기 과정을 통하여 제조한 4가지 입제들의 저장온도에 따른 안정성을 조사하였다. 그 결과 표 6에서 보는 바와 같이 온도에 따라 소폭의 등락이 있었으나 처리 12주까지 큰 변화는 없었으며, 단지 50°C의 온도조건에서는 약간 영향을 미치는 것으로 보이나, 전체 균수 (10^8 cfu/g)에 있어서는 별다른 영향이 없었다. 따라서 *Paenibacillus* sp. AC-1 균주의 저장온도에 따른 균주 안정성은 매우 양호하였으며, 제품의 유효기간 설정시 최소 1년 정도는 제품으로서 유효할 것으로 추정되었다.

Table 5. Availability of *Paenibacillus* sp. AC-1 in the granular formulations

Formulation code	Viable cell ($\times 10^9$ cfu/g)	
	Before formulation	After formulation
ACG-1	0.82±0.02	1.4±0.1
ACG-2	0.82±0.01	1.1±0.2
ACG-3	0.74±0.04	1.6±0.3
ACG-4	0.74±0.03	2.1±0.1

Table 6. Time sequenced dissipation rate of viable cells in the granular formulations (ACG-1~4) under different temperature conditions

Temperature (°C)	Dissipation rates (%) of viable cells after given day ($\times 10^8$ cfu/g)		
	4	8	12 weeks
4	2.0~3.2	7.5~12.8	2.0~3.1
30	1.5~2.8	2.7~12.3	1.3~3.6
50	2.1~7.1	2.6~4.1	1.0~2.1

Table 7. Distribution of particle size of granules in the granular formulations

Formulation code	Distribution of particle size (%)			
	<10 μm	10~20 μm	>20 μm	>1 mm
ACG-1	-	-	0.5	99.5
ACG-2	-	-	0.3	99.7
ACG-3	-	-	0.3	99.7
ACG-4	-	-	0.4	99.6

시제품의 이화학적

입도분포

입도분포를 조사한 결과(표 7 참조), 입자가 1 mm 이상 크기의 분포를 갖는 입체는 95% 이상이었다.

수분함량 및 pH

수분함량 및 pH는 표 8에서 보는바와 같이 입체 제조시 입체의 건조과정이 40℃에서 3일간 건조되었기 때문에 시험된 전 시제품 모두 수분함량이 1% 미만이었으며, 대량생산공정에서는 대단위로 건조시키기 때문에 수분함량이 더욱 감소될 것으로 추측된다. 한편 *Paenibacillus* sp. AC-1 미생물제제의 pH는 6.0에서 6.52사이로 나타났다. AC-1균주는 pH 6.0 ~ 7.5사이에서는 매우 안정한 것으로 알려져 있다. 따라서 시제품의 제제의 pH는 균주에 대하여 영향을 주지 않을 것으로 예상된다.

시제품의 균주 수중용출성

균주 수중용출성은 시제품이 토양에 처리되었을 때에 시제품의 *Paenibacillus* sp. AC-1 균이 토양속의 수분에 의해서 균이 입체 밖으로 나오는 정도를 측정하고자 수행하였다. 표 9에서 보는 바와 같이 균주 수중용출성은 최초 7시간까지는 2시간 간격으로 수중의 균수를 조사하였으며, 7시간이 경과한 후에는 1일 후에 조사하였다. 시제품에서 수중으로의 균 용출성은 처리 5~7시간에 가장 많은 균이 용출되었으며, 그

Table 8. Moisture content and pH of the granular formulations

Formulation code	Moisture content (%)	pH
ACG-1	0.75	6.52
ACG-2	0.87	6.41
ACG-3	0.55	6.10
ACG-4	0.45	6.00

이후에도 점차 감소되는 결과를 보여 주고 있다. 이 같은 현상은 시제품이 수중에서 붕괴되는 정도와 비례하고 있으며, 따라서 시제품이 토양에 처리되었을 때는 토양중에 적절한 수분이 함유되어야 만이 *Paenibacillus* sp. AC-1 균이 빠르게 입자내에서 빠져나와 작물체의 근권에 정착을 할 수 있을 것으로 기대되었다.

시제품의 입자 붕괴성

시제품의 입자 붕괴성은 시제품이 토양에 처리되었을 때에 시제품이 토양속의 수분에 의해서 붕괴되는 척도를 알아보하고자 수행하였다. 표 10에서 보는 바와 같이 ACG-1~4 시제품 모두가 처리 10분부터 서서히 붕괴가 시작되며, 처리 30분 후부터는 급격히 붕괴가 일어나는 것을 볼 수 있다. 또한 처리 1일 후에는 완전히 붕괴가 일어나기 때문에 위에서 얻은 결과와 마찬가지로 제제된 시제품 모두 붕괴정도에 대해서는 아무런 이상이 없는 것으로 보인다. 따라서 이들 시제품을 적정한 수분이 함유되어 있는 토양에 처리되

Table 9. Release profile of the *Paenibacillus* sp. AC-1 from the granular formulations into water under static condition

Formulation code	Release rate of the <i>Paenibacillus</i> sp. AC-1 ($\times 10^8$ cfu/g)				
	1	3	5	7	24 hours
ACG-1~4	1.7~3.8	2.9~4.4	3.6~11.2	5.9~11.9	5.2~6.7

※ Samples were kept at 20±1℃.

Table 10. Breakdown of particle of the granular formulations

Formulation code	Breakdown of particle (0~10)			
	10 min.	30 min.	60 min.	After 1 day
ACG-1 ~ 4	0~1	2~8	5~10	10

면 쉽게 붕괴가 일어나 입제중의 AC-1 균이 입제 밖으로 나오는 정도가 빨라 질 것으로 기대되었다.

인용문헌

- Ashmed, S. M., M. V. Nagamma, and S. I. Majumdan (1973) Studies on granular formulation of *Bacillus thuringiensis* Berliner. Pesticide Sci. 4:19~23.
- Beegle, C. C., R. I. Rose, and Y. Iniu (1991) Mass production of *Bacillus thuringiensis* and *B. sphaericus* for microbial control of insect pests. pp.195~216 in Maramorosch, K.(ed). Biotechnology for Biological Control of Pests and Vectors. CRC Press. Boca Raton, FL. p.278.
- Fast, P. G. (1977) *Bacillus thuringiensis* δ -endotoxin : On the relative role of spores and crystals in toxicity to spruce budworm. Can. Entomologist 109:1515~1518.
- Griego, V. M. and K. D. Spense (1978) Inactivation of *Bacillus thuringiensis* spores by ultraviolet and visible light. Applied Environmental Microbiology 35:906~910.
- Ishiwata, S. (1901) On a kind of severe flacherie(Sotto disease)(NO. 1). Dainihon Sanshi Kaiho 114:1~5.
- Leong, K. L. H., R. J. Cano, and A. M. Kubinski (1980) Factors affecting *Bacillus thuringiensis* total field persistence. Environmental Entomology 9:593~599.
- Morris, O. N. (1983) Protection of *Bacillus thuringiensis* from inactivation by sunlight Canadian Entomologist 15:1215~1277.
- Sawicka, E. M. and T. I. Couoh (1983) Formulation of entomo-pathogens. pp.3~11 In T. M. Kaneko, N. B. Akesson(ed.), Pesticide formulation and Application Symposium, ASTM STP 828.
- Shasha, B. S. and M. R. McGuire (1992) Adherent starch granules, U.S. Patent Appl. S/N 07/913, 565.
- Synek, J. (1983) Formulation, development and application of an insecticide granule. pp.123~131. In T. M. Kneko, N. R. Akesson(ed.), Pesticide formulation and application systems : third symposium, ASTM STP 828.
- Van der Hooven, D. I. B. (1983) Corncob granules and pelleted carriers-new, controlled, safer methods of handling pesticides, pp 132~140. In T. M. Kaneko, N. B. Akesson(ed), Pesticide formulation and application systems : third symposium, ASTM STP 828.
- 安田 誠 (1991) B.T劑の 現状と 問題點. 植物防疫 45: 4~9.

Physicochemical properties of granular formulation using *Paenibacillus* sp. AC-1 as a microbial fungicide

Kyeong Seok Oh*, Young Kee Lee¹, Jae Kook Lee¹ and Jin Hwa Kim¹(Research Management Bureau, Rural Development Administration, Suwon 441-707, Korea, ¹National Institute of Agricultural Science & Technology, RDA, Suwon 441-707, Korea)

Abstract : In order to commercialize *Paenibacillus* sp. AC-1 and to minimize its harmful side effects, four granular formulations were prepared using AC-1 powder, adjuvant, and carrier and then their physicochemical properties of the formulations were investigated. Out of the carriers tested, the best one was talc for the formulation. Viable cells was stabilized during the formulating process. Viable cells in the granules formulated with *Paenibacillus* sp. AC-1 powder were stabilized at storage temperature range (4~50°C) after 12 weeks. The release rate of viable cells from granules into water under a static condition were eluted over 90% in 7 hours and breakdown rates of particle were 100% in 1 day. Among the tested formulations, granular formulation comprising of 20% of *Paenibacillus* sp. AC-1 powder, 7% of polycarboxylate as surface active agent, 1% of sodium polyacrylate as adjuvant, the rest as carrier showed to be best.

Key words : *Paenibacillus* sp. AC-1, Microbial pesticide, Pesticide formulation

*Corresponding author (Fax : +82-31-299-2629, E-mail : ohks@rda.go.kr)