



비벡터링 기술 적용을 위한 뒤영벌에 안전한 미생물제제 선발

박흥현* · 김광호 · 김정준¹ · 이상계 · 전경미국립농업과학원, ¹농촌진흥청 기술협력국

Selection of Microbial Agents safe to bumble bee for Bee-Vectoring Technology Application

Hong-Hyun Park, Kwang-Ho Kim, Jeong Jun Kim¹, Sang-Guei Lee, Kyong-Mi Chon

National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Wanju 55365, Korea

¹Technology Cooperation Bureau, Rural Development Administration, Jeonju 54875, Korea

(Received on May 6, 2020. Revised on June 7, 2020. Accepted on June 11, 2020)

Abstract Bee-vectoring is a new crop protection technology to control crop pests by disseminating microbial control agents using bee pollination activities. Through the small screen cage experiments we investigated seven microbial control agents if these are acceptable or not in terms of bee safety. During the 2 weeks exposure to the microbial control agents in the screen cages, bumble bees showed frequent movement between bee hive and screen cage through dispenser. Dead bees were also found in the dispensers depending on the microbial control agents. The bee mortality from control and treated plots was 11-25% and 8-35%, respectively. The bumble bee (*Bombus terrestris*) exposed with *Beauveria bassiana* showed higher mortality than unexposed bees, and the other six microbial control agents including *Bacillus subtilis* QST713 were less toxic to bumble bees. From this, we could select six microbial control agents applicable to bee-vectoring technology. We hope that more studies related to development of suitable microbial control agents are needed to enhance practical application of this technology in field.

Key words Bee-vectoring, *Bombus terrestris*, Microbial control agents

<< ORCID

Hong-Hyun Park

<http://orcid.org/0000-0003-1213-0665>

서 론

비벡터링(Bee vectoring) 기술은 화분매개를 위해 설치한 벌통에 병해충 방제제를 담은 디스펜서를 벌통 내부나 외부에 부착하여 벌들이 벌통 밖으로 나갈 때 이 디스펜서를 통과하여 지나가게 함으로써 충체에 방제제를 묻혀 화분매개 활동 동안에 이를 식물체에 퍼뜨려 병해충 방제에 이용할 수 있도록 고안된 기술이다(Kevan et al., 2008; Mommaerts and Smagghe, 2011). 이 기술은 벌을 이용함으로써 약제 살포의 노동력을 줄이고 친환경적인 방제제를 사용함으로써

천적을 활용한 시스템과도 호환이 가능해 외국에서 꾸준히 기술개발이 이루어져왔고(Shipp et al., 1994; Kevan et al., 2008), 국내에서도 Park et al. (2011; 2013)에 의해서 최초로 소개되었다.

이 기술은 1990년대 초 캐나다 온타리오에서 꿀벌을 이용하여 미생물제제(*Clonostachys rosea*)를 매개하여 딸기의 잣빛곰팡이병(*Botrytis cinerea*)을 기존 살포방식과 유사한 수준으로 방제함으로써 이용가능성이 주목을 받기 시작했다(Peng et al., 1992; Yu and Shutton, 1997). 이후 캐나다 시설재배 하우스에서 생물적 방제의 일환으로 적용 가능성이 연구되었는데, 파프리카와 토마토의 해충인 온실가루이, 꽃노랑총채벌레, 진딧물류 등의 방제를 위해 적합한 제형 개발 및 최적농도 구명, 기술적용에 따른 방제효과 등의 결과

*Corresponding author

E-mail: honghyunpark@korea.kr

가 잇달아 보고되었다(Al-mazra'awi et al., 2006; Kapongo et al., 2008). 유럽 등지에서 신형 디스펜서 개발, 맞춤형 제형 연구 등이 다양하게 이루어지면서 실용화에 성큼 다가갔고(Mommaerts et al., 2009; Mommaerts et al., 2010; Shipp et al., 2012), 캐나다와 벨기에 회사들을 통해 Vectorhive™, Flying doctor® 등의 제품으로 딸기, 블루베리 등에서 상업화되어 이용되고 있다(BVT, 2020; Biobest, 2020).

Kevan et al. (2008)은 이 기술이 실용화되기 위해서는 1) 활동력이 우수한 매개곤충, 2) 사용하기 편리한 디스펜서, 3) 병해충 방제효과 뿐만 아니라 매개곤충에 안전한 미생물제제가 핵심 3가지 요소라 하였다. 이러한 요소를 고려할 때 우리나라는 비벡터링 기술을 도입하여 활용하기에 좋은 여건을 갖추고 있다. 왜냐하면 시설재배 농가에서 뒤영벌을 많이 활용하고 있으며(Yoon et al., 2013), 활용 가능한 디스펜서도 국내 기술력으로 개발된 상태이다(Park et al., 2013).

그러나, 아직 이 기술에 적용 가능한 병해충 방제제 선발에서는 미흡한 편으로 이 기술을 현장에서 확산하는데 애로 사항으로 남아있다. 본 연구에서는 비벡터링 기술에 활용될 수 있는 뒤영벌에 안전한 미생물제제를 선발하고자 하였다.

재료 및 방법

시험구

본 시험은 2012년에서 2013년 사이에 국립농업과학원내에 설치된 실외 유리컨테이너(25°C±3)에서 실시하였다. 직육면체 강철틀로 만든 케이지(160×200×70 cm) 3개를 제작하여 촘촘한 망사를 씌우고 중간부위를 두꺼운 아크릴 판(5 mm)로 분리하여 이단으로 총 6개의 시험구를 구성하였다(Fig. 1). 각 케이지 내부에는 꽃이 피기 시작한 방울토마토 미니 화분 8개와 해바라기 조화 4~5 송이를 담은 삼각플라스크를 배치했고, 뒤영벌의 먹이로 제공하는 생화분을 소량 담은 페트리디쉬(90 mm 직경)를 꽃 사이의 공간에 매달아 두었다.

시험에 사용한 뒤영벌(*Bombus terrestris*)은 시중에서 판

매하는 것(우리벌, 동부세레스)을 구입하였으며 각 벌통의 개체수는 여왕벌 1, 일벌 50마리가 되게 맞춤 주문하여 사용하였다. 시험에 사용한 벌통은 수령 후 실내에서 하루 동안 순화시켰고, 한 가지 미생물제제를 시험할 경우 무처리 3개, 처리 3개씩 총 6개의 벌통을 이용하였다.

디스펜서 운영

벌통에 부착한 디스펜서는 벌통의 앞부분에 부착하여 벌들이 직선으로 빠져 나올 수 있는 형태의 디스펜서를 사용하였다(Park et al., 2013). 디스펜서 내 미생물제제는 0.11 g/cm² 이 되게 채웠고, 주 1회씩 디스펜서를 청소하고 신선한 제제로 교체하였다. 처리구에서는 미생물제제 가루를 제품 상태로 바로 이용하였고, 무처리구에서는 멸균시켜 사용하였다. 매일 일정시간에 디스펜서 윗부분을 열어 제제가 많이 없어진 경우에는 보충하였고, 디스펜서내에서 죽어 있는 벌들이 있는 경우에는 제거하였다. 뒤영벌은 2주 동안 연속적으로 제제에 노출시켰다.

시험하는 동안 비디오카메라로 디스펜서를 출입하는 벌의 활동을 녹화하여 계수하였고, 케이지내 공간에서 활동하는 벌의 수도 기록하였다. 또한 케이지의 아크릴 바닥에 죽어 있는 사체들을 매일 수거하고 기록하였다. 2주간 제제에 노출된 벌통은 수거하여 실내 항온기(26.5°C, 암조건) 3주 동안 보관하였다. 보관 기간에는 주 2회씩 소량의 생화분을 먹이로 제공하였다. 3주 후 벌통 내 일벌의 생충 수 및 사충 수를 조사를 하였는데, 이때 이산화탄소로 마취한 후 조사하였다.

미생물제제

국내외에서 판매되는 7종의 미생물제제를 시험에 사용하였고, 이 중 5종에 대해서는 제제농도, 벌 충체 부착량, 벌 출입량, 벌 활동량, 벌 사망률등을 조사하였고, 2종에 대해서는 벌 활동량, 벌 사망률만을 조사하였다. 시험에 사용한 *B. bassiana*는 한-캐나다 국제공동연구를 통해 들여와 사용하였는데, 높은 제제농도를 고려해서 옥수수 가루와 보타니

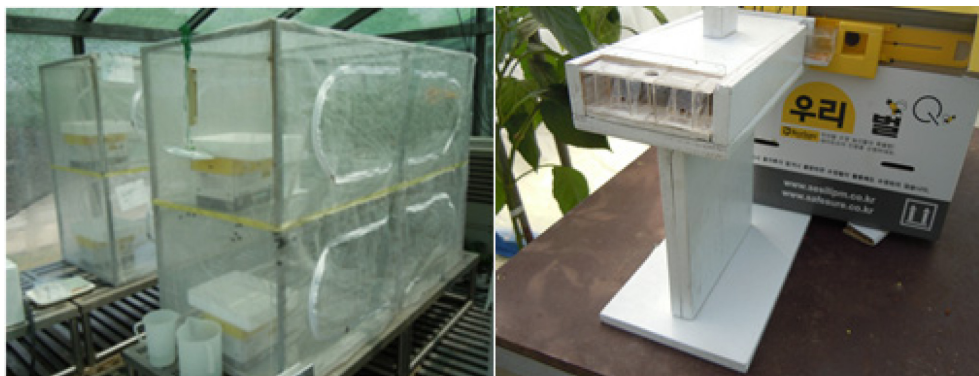


Fig. 1. Screen cage plots (left) and an wooden dispenser affixed to a commercial bumble bee hive (right) used in this study.

가드의 무게(w/w)를 9:1 비율로 혼합하여 사용하였다. 나머지는 미생물제제는 제품 그대로 이용하였다.

미생물제제 제품농도 측정을 위해 실험실에서 제품을 개봉하여 0.1 g을 3회 취하여 각 3반복씩을 플레이트를 하고, 24시간 후에 균총수(cfu)를 계수하였다.

디스펜서를 탈출하는 뒤영벌 총체에 묻어 있는 균총수를 조사를 하였는데, 출구에서 핀셋으로 벌을 채집하여 바이오펀에 담아 실험실로 가져온 다음, 멸균된 100 ml의 트윈용액(0.01%)이 들어있는 250 ml 삼각플라스크에 한 마리씩 넣고 125 rpm에서 2시간 교반한 후, 10배까지 희석하여, 원용액과 10배로 희석된 용액 각각에서 100 µl 씩을 뽑아서 페트리리쉬(90 mm 직경)에 3반복씩 플레이트팅하였다. 배양을 위해 세균의 경우에는 NA 배지를 사용하였고(Park et al., 2013), *Beauveria*의 경우에는 Kapongo et al. (2008)이 사용한 선택 배지를 이용하였다. 플레이트팅이 끝난 후에는 페트리리쉬를 비닐백에 밀봉한 다음, 25°C 암조건에서 24시간 배양 후 배지위에 자란 세균 및 곰팡이 균총수를 육안으로 계수하였다.

자료 분석

벌의 사망률 자료는 arcsine 변환을 하였고, 처리간 자료의 분산 분석은 one-way Anova 이용하였으며, 자료의 평균간 비교는 Tukey 검정을 이용하였다(Sigmaplot ver. 11.0).

결과 및 고찰

소규모 망사케이지 시험을 통해 총 7개 미생물제제에 대해 검토하였다. 처리에 앞서 미생물제제 각각의 농도를 실험실에서 배양하여 검토한 결과, 제품을 그대로 사용한 *B. t. var. kurstaki* 등 4개 제제는 제품 규격과 유사한 농도를 확인할 수 있어 *A. quisqualis* AQ94013, *B. subtilis* KBC1010에 대해서는 농도 측정을 생략하였다(Table 1). 한편, 본 시험에서 이용한 *B. bassiana* 혼합시료와 같이 제품에 옥수수 가루 같은 미세분말을 섞어서 농도를 조절하는 경우에는 시험에 사용한 혼합시료의 농도를 확인하는 과정이 꼭 필요하

며, Kapongo et al. (2008)에서도 *B. bassiana*의 저, 중, 고 농도의 혼합시료를 만들어 시험에 사용할 시 시료에 대해 미생물 농도를 측정하여 보고하였다.

디스펜서를 빠져나오는 벌 총체에 묻어있는 미생물제제의 농도는 제제에 따라 $10^3 \sim 10^7$ cfu/bee 로 검출되었다(Table 2). 본시험에서 *B. subtilis* QST713을 넣은 디스펜서를 통과한 벌에서 측정된 미생물제제 농도(6.33×10^5 cfu/bee)는 Park et al. (2012)이 동일 제제로 사용하여 농가 비닐하우스에서 측정된 $9.0 \times 10^5 \sim 1.9 \times 10^6$ 보고와도 유사하였다. 한편, 벌의 총체에 묻혀 나오는 제제의 양은 디스펜서에 장착된 제제의 농도에 영향을 받을 수 있는데 Kapongo et al. (2008)의 경우에는 저, 중, 고 3단계 농도의 *B. bassiana*를 장착했을 때 농도가 높을수록 뒤영벌 총체에서 검출되는 농도가 높아지는 결과를 보고했다. 본 시험에서도 제제 농도가 낮은 *B. subtilis* KBC1010을 장착할 시 벌에서 가장 낮은 농도(약 10^3)가 검출된 반면, 이 보다 높은 *B. t. kurstaki*, *B. subtilis* QST713, *B. subtilis* Y1336 및 *B. bassiana*를 장착한 디스펜서에서 채집된 벌에서는 $10^5 \sim 10^7$ 의 농도 범위를 보였다.

벌통을 빠져나와 망사케이지내에서 관찰된 뒤영벌은 30~40마리로 매우 활발한 활동을 보였고, 30분간 출입수도 최소 18마리에서 최대 40마리까지였다(Table 2). 농가포장 예비조사에서 디스펜서를 설치하지 않은 벌통에서 오후 1시에서 3시 사이에 측정된 뒤영벌의 출입수가 30분간 30마리 내외였는데, 이런 결과로 볼 때 본 케이지시험이 벌에 스트레스를 많이 줄 수 있는 매우 제한된 공간의 시험이지만 벌의 활동량과 벌 총체에서 검출된 미생물 양을 볼 때 벌이 미생물제제에 충분히 노출되어 벌에 대한 제제의 독성여부를 판단할 수 있는 시험조건이라고 판단된다.

제제에 노출된 벌의 사망률은 무처리구에서 11~25%, 처리구에서는 8~35% 범위에 있었다. 이 중 *B. bassiana* 처리구의 사망률이 무처리보다 유의하게 높아 벌에 독성을 나타내는 것으로 판단된다. *B. bassiana*에 노출 시 뒤영벌 사망률이 높아지는 것은 Mommarerts et al. (2009)이 미량국소 처리법을 통해서도 보고하였다. 한편 *B. bassiana*는 시설작

Table 1. Seven microbial control agents tested in this study

Type	Microbial agents	Product content (cfu/g)	Measured content (cfu/g)
Microbial insecticide	<i>Beauveria bassiana</i> mixture 10% (w/w)	2.0×10^{11}	3.63×10^8
	<i>B. t. var. kurstaki</i>	2.25×10^{10}	2.25×10^{10}
	<i>Bacillus subtilis</i> QST713	5.0×10^9	2.18×10^9
	<i>Bacillus subtilis</i> Y1336	1.0×10^9	3.51×10^{10}
Microbial fungicide	<i>Bacillus subtilis</i> KBC1010	1.0×10^5	- ^{a)}
	<i>Simplicillium lamellicola</i> BCP	5.0×10^7	2.1×10^7
	<i>Ampelomyces quisqualis</i> AQ94103	1.0×10^7	-

^{a)} not measured.

Table 2. Mean (\pm SE) of cfu number measured in bee body, number of bees found in screen cage, number of bees observed in dispenser entrance and percentage of dead bees exposed to bee-vectored microbial control agents

Microbial agents tested	Cfu detected in bee body (cfu/bee)	No. of bees found actively in screen cage	No. of entrance per 30 min		Bee Mortality (%)	
			Out	In	Untreated plot	Treated plot
<i>Beauveria bassiana</i> mixture (10%)	$1.74 \times 10^5 \pm 1.08 \times 10^5$ (9) ^{a)}	37.3 \pm 6.2	30.9 \pm 2.1	34.2 \pm 2.6	11.2 \pm 4.9a	35.6 \pm 3.9b
<i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i>	$6.64 \times 10^5 \pm 3.86 \times 10^5$ (16)	43.4 \pm 3.6	18.7 \pm 1.2	20.5 \pm 1.0	24.7 \pm 4.9a	23.0 \pm 2.6a
<i>Bacillus subtilis</i> QST713	$6.33 \times 10^5 \pm 2.02 \times 10^5$ (18)	31.9 \pm 5.0	35.9 \pm 3.6	40.4 \pm 3.1	21.2 \pm 5.2a	8.6 \pm 3.3a
<i>Bacillus subtilis</i> Y1336	$1.27 \times 10^7 \pm 4.49 \times 10^6$ (15)	41.8 \pm 8.3	17.9 \pm 2.5	21.1 \pm 3.0	16.1 \pm 7.8a	14.6 \pm 2.1a
<i>Bacillus subtilis</i> KBC1010	$3.62 \times 10^3 \pm 5.79 \times 10^2$ (7)	9.5 \pm 0.5	-	-	9.5 \pm 0.5a	8.4 \pm 3.1a
<i>Simplicillium lamellicola</i> BCP	- ^{b)}	39.5 \pm 3.6	18.7 \pm 2.6	20.9 \pm 2.5	22.5 \pm 1.8a	32.9 \pm 5.3a
<i>Ampelomyces quisqualis</i> AQ94013	-	23.2 \pm 2.8	-	-	23.2 \pm 2.8a	16.4 \pm 3.4a

^{a)}no. of bees sampled.

^{b)}not measured.

Within a row, means followed by different letters are significantly different at P < 0.05 using an Tukey-test.

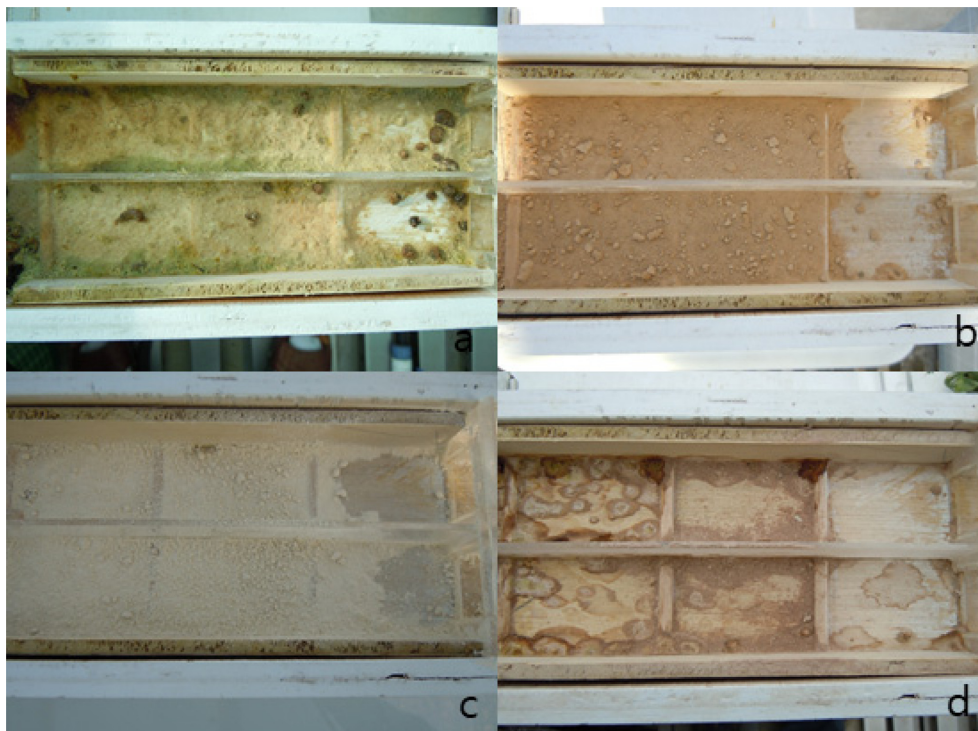


Fig. 2. Photos of inner container in each dispenser after two weeks bee-vectored trials. (a) *B. bassiana* mixture, (b) *B. subtilis* QST713, (c) *B.t* var. *kurstaki*, and (d) *B. subtilis* Y1336.

물의 꽃노랑총채벌레, 가루이등에 방제효과가 있어 비벡터링 기술에 활용을 위해서는 벌에 영향이 없는 범위에서 사용될 수 있도록 제제의 개선이 이루어져야 할 것으로 판단되며, 캐나다의 BVT에서도 시설 해충 방제의 가능성 있는

방제제로 고려하고 있다.

나머지 *B. subtilis* QST713 등 6종의 제제에 노출된 벌은 무처리구와 비교해서도 통계적으로 사망률에서 차이가 없어 뒤영벌에 대한 영향이 높지 않은 것으로 판단된다(Table 2).

IOBC (International Organization for Biological Control of Noxious Animals and Plants) 의 독성 판단기준으로 25% 미만 사충률인 경우 독성이 낮은 것으로 간주한다. 따라서 본 제제들은 대부분 이러한 기준을 충족한다고 볼 수 있다. 시험 후 디스펜서 내부 모습은 약제의 영향을 분명하게 보여준다(Fig. 2). 뒤영벌에서 독성이 있을 경우, 일벌들이 죽은 유충들을 벌통에서 끄집어 내며(Fig. 2a), 독성이 강한 경우에는 다수의 죽은 개체들이 디스펜서내에서 발견되었고, 독성이 약한 경우에는 이러한 사체들이 발견되는 경우가 드물었다(Fig. 2b, c, d). 따라서 본 시험 결과, 6종의 미생물제제가 비벡터링 기술 활용 시 디스펜서에 장착할 수 있는 제제라고 판단된다.

식약처 식품공전(2020)에서 안전성이 확보된 천연식물보호제 성분은 잔류허용기준의 면제 대상이 된다(Foodcode, 2020). 이러한 성분들이 60여종이 공시되어 있는데, 본 시험에서 선발한 *B. subtilis* QST713 등 5종도 이 목록에 포함되어 있다. 금후에는 잔류가 문제되지 않는 나머지 식물보호제들에 대해서도 비벡터링 기술에 적용할 수 있는지에 대한 검토가 되어야 할 것이다.

외국의 BVT, 바이오베스트같은 비벡터링 전문회사에서는 기존 제품보다는 자체적으로 적합한 제제를 개발하여 활용하고 있는 실정이다(BVT, 2020; Biobest, 2020). 또한 한 가지 제제뿐만 아니라 살충제, 살균제, 생장보조제 등을 혼합하여 이 기술에 이용하고 있다. 우리나라도 비벡터링기술의 현장보급을 앞당기기 위해서는 적합한 제제 선발에 대한 추가 연구가 시급하다고 할 수 있다.

감사의 글

본 연구는 고유연구사업 “해충 방제를 위한 곤충병원균 산업화 연구” (과제번호: PJ006848)의 지원에 의하여 연구가 수행되었습니다.

Literature cited

- Al-mazra'awi M, Shipp L, Broadbent B, Kevan P, 2006. Biological control of *Lygus lineolaris* (Hemiptera: Miridae) and *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) by *Bombus impatiens* (Hymenoptera: Apidae) vectored *Beauveria bassiana* in greenhouse sweet pepper. *Biological Control* 37(1):89-97.
- Biobest, 2020. www.biobestgroup.com
- BVT, 2020. www.beevt.com
- Foodcode, 2020. www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/index.jsp.
- Kapongo JP, Shipp L, Kevan P, Broadbent B, 2008. Optimal concentration of *Beauveria bassiana* vectored by bumble bees in relation to pest and bee mortality in greenhouse tomato and sweet pepper. *BioControl* 53(5):797-812.
- Kevan PG, Kapongo JP, Al-mazra'awi M, Shipp L, 2008. Honey bees, bumble bees, and biocontrol. In: James, R.R., Pitts-Singer, T.L. (Eds.), *Bee pollination in agricultural ecosystems*. Oxford university press. pp. 65-79.
- Mommaerts V, Sterk G, Hoffmann L, Smagge G, 2009. A laboratory evaluation to determine the compatibility of microbiological control agents with the pollinator *Bombus terrestris*. *Pest Management Science* 65(9):949-955.
- Mommaerts V, Put K, Vandeven J, Jans K, Sterk G, et al., 2010. Development of a new dispenser for microbiological control agents and evaluation of dissemination by bumblebees in greenhouse strawberries. *Pest Management Science* 66(11):1199-1207.
- Mommaerts V, Smagge G, 2011. Entomovectoring in plant protection. *Arthropod-Plant Interactions* 5(2):81-95.
- Park HH, Kim JJ, Mustafa G, Shipp L, 2011. Crop protection using entomopathogenic microbials and bee-vectored technology in Korea. *Proceedings of Korean Applied Entomology for 2011 fall meeting*. p3.
- Park HH, Kim JJ, Kim KH, Lee SG, 2013. Dissemination of *Bacillus subtilis* by using bee-vectored technology in cherry tomato greenhouses. *Korean Journal of Applied Entomology* 52(4):357-364.
- Peng G, Sutton JC, Kevan PG, 1992. Effectiveness of honeybees for applying the biocontrol agent *Gliocladium rosea* to strawberry flowers to suppress *Botrytis cinerea*. *Canadian Journal of Plant Pathology* 14(2):117-129.
- Shipp JL, Whitfield GH, Papadopoulos AP, 1994. Effectiveness of the bumble bee, *Bombus impatiens* Cresson (Hymenoptera: Apidae), as a pollinator of greenhouse sweet pepper. *Scientia Horticulturae* 57(1-2):29-39.
- Shipp L, Kapongo JP, Park HH, Kevan P, 2012. Effect of bee-vectored *Beauveria bassiana* on greenhouse beneficials under greenhouse cage conditions. *Biological Control* 63(2):135-142.
- Yoon HJ, Kim MA, Kim WT, Lee SB, Lee KY, et al., 2013. The pollinators bumble bees - a guide book for agricultural technology application. National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Rep. of Korea. p.125.
- Yu H, Sutton JC, 1997. Effectiveness of bumblebees and honeybees for delivering inoculum of *Gliocladium roseum* to raspberry flowers to control *Botrytis cinerea*. *Biological Control* 10(2):113-122.

비벡터링 기술 적용을 위한 뒤영벌에 안전한 미생물제제 선발

박흥현* · 김광호 · 김정준¹ · 이상계 · 전경미

국립농업과학원, ¹농촌진흥청 기술협력국

요 약 비벡터링은 벌이 수정활동을 하는 동시에 병해충 방제용 미생물 제제를 식물체에 전달하게 하여 병해충 발생을 생력적으로 억제시킬 수 있게 하는 새로운 작물보호 기술이다. 본 연구에서는 총 7개의 미생물제제에 대해 소규모 케이지시험을 통해 벌에 대한 안전성 측면에서 비벡터링 기술에 적용이 가능한지를 검토하였다. 미생물제제를 디스펜서에 담고 2주간 벌에 노출시키는 동안, 뒤영벌은 디스펜서를 통하여 빈번하게 출입하였고, 미생물제제에 따라 디스펜서내에서는 죽은 벌들도 발견되었다. 시험이 끝난 후 벌통 내 벌의 사망률은 무처리구에서 11~25%, 처리구에서는 8~35% 범위에 있었다. 처리한 미생물제제 중에서 *Beauveria bassiana* 만이 사망률이 무처리보다 통계적으로 유의하게 높아 뒤영벌에 독성이 있는 것으로 판단되었고, 그 외 *Bacillus subtilis* QST713 등 6종의 제제는 비벡터링 기술 활용시 디스펜서에 장착하여도 뒤영벌에 독성이 낮아 이 기술에 사용할 수 있는 제제라고 판단되었다. 본 연구결과를 통하여 우리나라에서 비벡터링 기술의 현장보급을 앞당기기 위해서는 이 기술에 적합한 제제 개발에 대한 연구가 시급하다고 판단되었다.

색인어 비벡터링, 뒤영벌, 미생물제제