

딸기용 농약의 꿀벌에 대한 급성독성 및 엽상잔류독성

김병석* · 박연기 · 이용훈¹ · 정미혜 · 유아선 · 양유정 · 김진배 · 권오경 · 안용준²

농업과학기술원 농산물안전성부, ¹농업과학기술원 농업생물부, ²서울대학교 농생명공학부

(2008년 9월 16일 접수, 2008년 9월 24일 수리)

Honeybee Acute and Residual Toxicity of Pesticides Registered for Strawberry

Byung-Seok Kim*, Yoen-Ki Park, Yong-Hoon Lee¹, Mi-Hye Joeng, Are-Sun You, Yu-Jung Yang, Jin-Bae Kim, Oh-Kyung Kwon and Young-Joon Ahn²

Department of Crop Life Safety, National Institute of Agricultural Science and Technology (NIAST), Rural Development Administration (RDA), Suwon 441-707, Korea, ¹Department of Agricultural Biology, National Institute of Agricultural Science and Technology (NIAST), Rural Development Administration (RDA), Suwon 441-707, Korea, ²School of Agricultural Biotechnology, Seoul National University, Seoul, Korea

Abstract

Lack of honey bee toxicity data for most pesticide products used for strawberry restricts to predict the adverse effects to foraging honey bee after treatment of pesticide in plastic house. This study was conducted to evaluate the actual risk of worker honey bees (*Apis mellifera L.*) through acute contact toxicity test, acute oral toxicity test and toxicity of residues on foliage test with 21 pesticide products. The mortality of honeybee sprayed with 6 pesticides including dichlofluanid WP showed significantly different from control at recommended application rate in acute contact toxicity test at 24 hours after treatment. Fenpropathrin EC and milbemectin EC treatment groups showed more than 25% mortalities at recommended application rate in acute oral toxicity test. In toxicity of residues on foliage test, only fenpropathrin EC treatment group showed more than 25% mortalities at 10 days after treatment at recommended application rate. It was concluded that the most toxic route to exposure for honey bee is direct contact exposure to sprayed pesticides. Safety interval for honey bee was established by concerning the results of these tests.

Key words honeybee acute toxicity, honeybee residue on foliage, safety interval, strawberry, pesticides

서 론

꿀벌(*Apis mellifera*)은 꿀, 화분, 로얄제리, 프로폴리스, 밀납(wax)을 생산하는 매우 중요한 경제곤충으로 전세계적으로 양봉산업에 널리 활용되고 있다. 또한 농업적 측면에서도 고품질의 종자와 과일을 생산하는데 필수적인 역할을 하는데 미국에서 재배되는 250여 작물 중 약 50여 작물이 수분에 꿀벌을 이용하고 있다(Atkins, 1992). 우리나라의 꿀벌 군

수는 약 100만군이며 그 중 서양종 꿀벌(*Apis mellifera*)이 70%이고 동양종 꿀벌(*Apis cerana*)이 30% 정도이며 농업에서 화분매개용으로 주로 사용되는 서양종 꿀벌 중 약 20% 정도가 딸기, 참외 등의 시설재배와 사과를 중심으로 한 과수재배 등에 이용되고 있다.

시설하우스에서 조기 재배하는 딸기의 경우에는 화분매개충이 활동하지 않는 2월부터 5월까지 저온기에 개화가 이루어지므로 인공적으로 화분매개충을 투입하지 않으면 충실한 결실이 이루어지지 않으므로 꿀벌의 수분활동이 절대적으로 필요하다(심용구, 1988). 시설재배지 내에서 화분매개활동을

*연락처자 : Tel. +82-31-290-0536, Fax. +82-31-290-0506
E-mail: kbs2000@rda.go.kr

하는 봉군의 밀도가 낮거나 꿀벌의 활동력이 떨어지면 수분이 제대로 이루어지지 않아 기형과가 발생하게 된다. 꿀벌의 활동성을 저하시키는 요인으로는 극심한 일교차나 저온 그리고 과습 등 시설하우스내의 꿀벌이 활동하기에 불리한 환경 조건과 함께 농약살포도 중요한 요인이라 할 수 있다. 따라서 고품질의 딸기를 지속적으로 생산하기 위해서는 꿀벌이 활동하기에 적합한 환경조건을 조성하는 것과 함께 농약에 의한 피해를 최소화하려는 노력이 요구된다.

병해충방제용으로 사용한 농약 중 꿀벌에 급성독성이 강한 농약들은 꿀벌이 화분매개활동 과정에서 직접적인 치사를 일으키기도 하며 잔류독성이 강한 농약의 경우에는 장기간 잎이나 꽃의 화분 또는 화밀에 오염되어 봉군 내 유충, 어린벌, 심지어 여왕벌에게 심각한 영향을 주어 봉군의 밀도를 저하해 떨어뜨리고 활동성을 저하시켜 정상적인 수분활동을 방해하게 된다(Atkins, 1992; Devillers and Pham-Dellegue, 2002; Iwasa *et al*, 2004). 따라서 이러한 꿀벌의 농약중독에 따른 경제적 손실을 줄이기 위해서는 우선적으로 꿀벌에 독성이 낮은 농약을 사용하도록 유도해야 하며, 부득이 하게 해충 방제를 위해 꿀벌독성이 강한 농약을 사용하는 경우에는 꿀벌이 활발히 활동하는 개화기에 농약의 살포를 금지하는 등의 적극적인 꿀벌피해 방지대책을 강구하여야 한다.

농약살포에 의한 꿀벌의 영향을 최소화 하기위해 선진 각국에서는 오래전부터 새로운 농약을 등록기 전에 다양한 꿀벌독성자료를 요구하고 실제 환경에서의 꿀벌과 화분매개충에 대한 위해성을 감소시키기위해 노력하고 있다. 미국 EPA는 농약의 꿀벌에 대한 영향을 평가하기 위한 시험법들을 통합하여 급성접촉독성시험(acute oral toxicity), 엽상잔류독성시험(toxicity of residue on foliage), 야외시험(field test)의 기준을 마련하고, 꿀벌에 영향이 있는 농약의 경우 그 사용을 엄격히 규제하고 있으며(USEPA, 1996a; USEPA, 1996b), OECD에서도 화학물질시험 guideline에 꿀벌접촉독성과, 섭식독성시험법을 마련하여(OECD, 1998) 독성시험의 국제적인 기준을 제시하고 있다. 우리나라는 2000년에 농약등록시험 기준과 방법(농진청 고시 2000-1호)에 꿀벌에 대한 급성 섭식독성 및 접촉독성시험 기준을 최초로 고시하였고, 2007년에는 꿀벌 엽상잔류독성시험법을 추가로 고시하여 농약사용에 따른 꿀벌의 피해를 최소화하기 위한 위해성 평가체계를 정비해 왔다(농촌진흥청, 2007).

하지만 딸기시설재배 농가에서 쉽게 이해하고 활용할 수 있는 농약의 꿀벌독성구분과 농약살포 후 꿀벌에 대한 잔류독성 지속기간에 대한 정보는 그다지 많지 않은 실정이다. 따라서 본 연구의 목적은 딸기재배용으로 등록된 농약들 중에

꿀벌에 노출될 가능성이 있는 살충·살균제 21종을 대상으로 꿀벌에 대한 접촉독성, 섭식독성 및 엽상잔류독성시험을 실시하여 각 농약별 꿀벌에 대한 독성정도와 농약 살포 후 피해를 방지할 수 있는 안전방사기간을 제안하는데 있다.

재료 및 방법

시험농약

본 시험에는 딸기에 등록된 농약 중 꿀벌이 활동할 때 노출될 가능성이 높은 살충제 4종과 살균제 17종을 선정하여 사용하였다.

시험생물

본시험에 사용한 꿀벌은 서양종 황색 꿀벌(*Apis mellifera* L.)로 건강한 일벌을 선택하여 사용하였다. 이를 꿀벌은 경기도 수원시에 소재한 농업과학기술원 내에서 관리하는 봉군에서 채집하여 사용하였다.

급성접촉독성시험

채집한 꿀벌을 CO₂로 마취한 다음 10마리씩 원통형 철망케이지(Φ 50 × H 150 mm)에 넣고 핸드스프레이어로 10 cm거리에서 10회 약액이 흐를 정도로 충분히 골고루 살포한 후 48시간 동안 실내온도 25°C의 암조건에 유지하면서 처리후 24시간과 24시간의 꿀벌의 치사수와 이상증상을 관찰하였다. 처리농도는 각 농약별 표준살포량의 반량, 기준량, 배량의 3농도로 하였으며 각 농도별 3반복을 실시하였다.

급성섭식독성시험

접촉독성시험과 동일한 방법으로 채집한 꿀벌을 원통형 철망케이지에 넣고 유리급식관에 농도별로 조제한 농약이 희석된 설탕액을 0.2 mL씩 넣고 케이지의 솜마개에 끓어두었다. 4시간 후에 육안으로 관찰하여 농약희석 설탕액이 모두 소비된 케이지는 신선한 50% 설탕액 2 mL를 담은 유리급식관으로 교체하였고 섭취가 끝나지 않은 케이지는 6시간까지 기다린 후 섭취여부에 관계없이 새로운 설탕액으로 교체한다. 25°C 온도의 암조건에서 24시간과 48시간의 치사수 및 이상증상을 관찰하였다. 처리농도 및 반복은 접촉독성시험과 동일하게 하였다.

엽상잔류독성시험

경기도 화성군 보통리 소재의 딸기시설하우스에서 21종의

Table 1. Toxicity profiles of 21 pesticides tested in this study

Class	Item name	Honey bee toxicity ^{a)}	Toxicity Class	
			Fish	Mammalian
Fungicide (17 items)	Carbendazim WP	not toxic	III	IV
	Carbendazim+iprodione WP	contact LD ₅₀ > 0.4 mg	III	IV
	Diethofencarb+carbendazim WP	contact LD ₅₀ 20 µg	III	IV
	Dichlofluanid WP	not toxic	I	IV
	Triflumizol WP	LD ₅₀ 0.14 mg	II	IV
	Vinclozolin WP	not toxic	III	IV
	DBEDC EC	na ^{b)}	III	IV
	Iprodione WP	contact LD ₅₀ > 0.4 mg	III	IV
	Iprodion+thiophanate methyl WP	not toxic	III	IV
	Thiophanate methyl WP	not toxic	III	IV
	Tolclofos methyl WP	na	III	IV
	Fenbuconazole+iprodione WP	dust, LC ₅₀ > 0.29 mg	III	IV
	Polyoxin B SP	na	III	IV
Insecticide (4 items)	Procymidone WP	not toxic	III	IV
	Pyrimethanil SC	LD ₅₀ > 100 µg	III	IV
	Folpet WP	not toxic	I	IV
	Fenarimol WP	not toxic	III	IV
	Tebufenpyrad EC	low toxicity	I	III
	Fenpropathrin EC	toxic to honeybee ^{c)}	I	III
	Flufenoxuron DC	na	II	III
	Milbemectin EC	toxic to silkworm ^{c)}	III	IV

^{a)} Pesticide Manual 2000^{b)} Not available^{c)} Pesticide use guidance book 2007

농약을 표준사용농도로 희석하여 약액이 흐를 정도로 골고루 살포한 후 약액이 마르기를 기다린 후 4시간에 채취한 딸기 잎을 실험실로 운반하고 가위로 잘게 잘라 15 g씩 원통형 철망케이지($\phi 15 \times H 5$ cm)에 넣고 CO₂로 마취한 꿀벌을 케이지당 20마리씩 3반복으로 투입하였다. 25°C의 암조건에서 24시간 노출시킨 후 치사 및 행동이상을 관찰하였다. 본 시험방법은 미국 EPA의 엽상잔류독성시험법; Honey Bee Toxicity of Residues on Foliage(OPPTS 850.3030)을 대부분 참조하여 수행하였다.

결과 및 고찰

급성접촉독성

반량처리 시 24시간 후 꿀벌치사율이 대조군과 유의성이 인정된 농약은 fenpropathrin EC 1종이었으나 48시간 후에는 fenpropathrin EC, carbendazim WP, iprodione WP 3종이

대조군과 비교하여 유의한 차이를 보였다. 기준량처리 시 24시간후에 꿀벌치사율이 대조군과 유의한 차이를 보인 농약은 dichlofluanid WP 등 6종이었고, 48시간 후에는 fenpropathrin EC 등 7종이었다. 배량처리 시 꿀벌치사율이 대조군과 유의한 차이를 보인 농약은 24시간 후에는 dichlofluanid WP 등 10종이었고, 48시간 후에는 fenpropathrin EC 등 11종이었다(Table 2).

전체적으로 처리농도가 높을수록 독성이 높게 나타나는 경향이었으며, 9종의 농약은 기준량과 배량 살포시에 대조군에 비해 치사율이 통계적인 유의성이 인정되지 않아 직접 접촉에 의한 독성이 없는 것으로 판단된다. 21종 제품농약 대부분은 문헌에 나온 원제의 꿀벌독성자료와 본시험의 분무처리한 접촉독성시험의 결과가 유사한 반응을 보였다. 하지만 dichlofluanid 원제는 꿀벌독성이 없는 것으로 조사 되었으나(Tomlin, 2000) 제품농약인 dichlofluanid WP의 접촉독성이 높게 조사되어 제품독성과 원제독성과는 차이가 날 수 있음을 보여 주었다.

Table 2. Acute contact toxicity of 21 pesticides on honeybee

Pesticide	Mortality (%)					
	24 hr			48 hr		
	1/2-fold	1-fold	2-fold	1/2-fold	1-fold	2-fold
Carbendazim WP	6.7	0.0	3.7	13.3*	3.3	7.0
Carbendazim+iprodione WP	0	23.3	53.3*	0	26.7	60.0*
Diethofencarb+carbendazim WP	6.7	10.0	10.0	10.0	10.0	13.3
Dichlofuanid WP	16.7	53.3*	91.7*	23.3	63.3*	95.8*
Triflumizol WP	6.7	40.0	16.7	6.7	50.4*	20.0
Vinclozolin WP	3.3	3.3	20.0*	10.0	3.3	20.0*
DBEDC EC	6.7	50.0*	100.0*	6.7	56.7*	100*
Iprodione WP	28.5	13.3	33.3	35.2*	20.0	53.3*
Iprodion+thiophanate-methyl WP	10.0	10.0	43.3*	10.0	17.4	53.3*
Thiophanate-methyl WP	0	0	13.3	6.7	0	13.3
Tolclofos-methyl WP	6.7	16.7	23.7	6.7	16.7	30.3
Fenbuconazole+iprodione WP	16.7	51.5*	56.7*	16.7	51.5*	60.0*
Polyoxin B SP	3.3	6.7	3.3	20.0	13.3	10.0
Procymidone WP	16.7	10.0	10.0	16.7	10.0	13.3
Pyrimethanil SC	0	10.0	5.8	16.7	13.3	3.3
Folpet WP	6.7	16.7	13.3	6.7	16.7	26.7
Fenarimol WP	6.7	0	6.7	6.7	0	6.7
Tebufenpyrad EC	20.0	33.3*	61.5*	23.3	33.3*	72.2*
Fenpropathrin EC	100.0*	100.0*	100.0*	100.0*	100.0*	100.0*
Flufenoxuron DC	6.7	3.3	30.0*	10.0	13.3	40.0*
Milbemectin EC	23.5	60.0*	96.7*	30.2	70.0*	100.0*

* Significantly different from control (Dunnett's T test, $\alpha=0.05$)

급성접식독성

접식독성에 의한 꿀벌의 영향을 평가한 결과 반량, 기준량, 배량처리에서 fenpropathrin EC만이 꿀벌에 유의한 독성을 보여주었으며 milbemectin EC는 배량처리군에서만 대조군과 비교하여 유의한 치사율 차이를 보여주었다(Table 3). 그리고 나머지 19종의 농약은 접식에 의한 영향이 매우 미미하였다. 이러한 결과는 꿀벌의 농약노출 경로 중에 살포시 직접 노출되는 경우가 떡이활동 도중에 섭취한 화밀이나 화분에 잔류된 농약을 접취하여 노출되는 경우보다 독성이 강하다는 것을 보여준다. 농업과학기술원에서 실시한 꿀벌에 대한 농약의 독성시험방법 확립연구를 통해 dimethoate EC, fipronil SC, methomyl SL의 접촉독성이 접식독성보다 강하게 나타난다는 결과를 발표한 예로 볼때 일반적으로 접촉독성이 강한 것으로 판단된다(농업과학기술원, 1998).

엽상잔류독성

미국 EPA의 엽상잔류독성시험법을 참고하여 농약 살포 후 경시적으로 채취한 떡기 잎을 꿀벌에 노출시켰을 때 fenpropathrin EC 만이 꿀벌에 유의한 독성을 보여주었으며 나머지 20종의 농약은 독성이 나타나지 않았다. 장기간의 꿀벌잔류독성을 보인 fenpropathrin EC는 14일 후 꿀벌 치사율이 25%이하로 조사되어 꿀벌 수분활동을 하는 개화전 14일부터 개화기동안에는 농약살포를 피해야 할 것으로 판단된다(Table 4, Table 5).

노출방법에 따른 꿀벌독성을 비교해보면 농약 살포액에 직접 접촉 노출될 경우 가장 독성이 높게 나타났으며, 접식독성이 다음으로 독성이 강하였고, 잎에 잔류된 농약이 꿀벌에 영향을 주는 엽상잔류독성은 가장 독성이 낮은 것으로 조사되었다.

안전방사기준

떡기에 등록된 21종의 농약에 대한 급성접촉독성, 접식독성,

Table 3. Acute oral toxicity of 21 pesticides on honeybee

Pesticide	Mortality (%)					
	24 hr			48 hr		
	1/2-fold	1-fold	2-fold	1/2-fold	1-fold	2-fold
Carbendazim WP	0	0	0	3.3	0	0
Carbendazim+iprodione WP	0	0	0	3.3	3.3	0
Diethofencarb+carbendazim WP	0	0	0	0	0	0
Dichlofuanid WP	0	0	0	0	3.3	3.3
Triflumizol WP	0	0	0	0	3.3	0
Vinclozolin WP	0	0	0	0	0	0
DBEDC EC	0	0	3.3	3.3	3.3	6.7
Iprodione WP	0	0	0	0	6.7	3.3
Iprodion+thiophanate-methyl WP	0	0	0	3.3	3.3	0
Thiophanate-methyl WP	0	3.3	0	0	3.3	0
Tolclofos-methyl WP	0	0	0	0	0	0
Fenbuconazole+iprodione WP	0	0	6.7	0	0	10.0
Polyoxin B SP	0	0	0	0	0	0
Procymidone WP	0	0	0	0	0	0
Pyrimethanil SC	0	3.3	0	6.7	10.0	10.0
Folpet WP	0	0	0	0	0	0
Fenarimol WP	0	0	0	3.3	0	0
Tebufenpyrad EC	3.3	13.3	3.3	3.3	13.3	3.3
Fenpropathrin EC	33.3	86.7*	83.3*	36.7	86.7*	93.3*
Flufenoxuron DC	0	0	0	3.3	0	0
Milbemectin EC	3.3	10.0	30.0*	10.0	20.4	43.3*

* Significantly different from control (Dunnett's T test, $\alpha=0.05$)

엽상잔류독성시험을 수행하고 그 결과를 바탕으로 농약별 꿀벌안전방사기준을 설정하였다. 접촉독성이 없는 carbendazim WP 등 9종의 농약은 꿀벌이 직접 살포액을 배양으로 노출되어도 영향이 없는 것으로 조사되었으나 안전성과 사회적 통념을 고려하여 농약살포 후 약액이 마른 후에는 방사하여도 무방할 것으로 판단하여 안전방사기간을 6시간으로 정하였다. 접촉독성은 있으나 섭식독성과 엽상잔류독성이 없는 iprodione WP 등 10종 농약은 직접 살포농약에 접촉하지 않는 안전기간으로 1일을 선정하였다. 접촉독성과 섭식독성이 있으나 엽상잔류독성이 없는 milbemectin EC 1종은 안전방사일수로 2일을 정하였다. 마지막으로 엽상잔류독성이 있는 fenpropathrin EC는 RT(residual toxicity)25가 14일로 조사되었는데 일반적으로 개화기가 일정하게 시작하여 끝나는 사과 등의 과일은 개화기 시작 14일 이전 살포를 제한하는 것이 타당하나 딸기의 경우 개화기가 딸기 수확기인 2월에서 5월까지 전기간에 걸쳐 있으므로 fenpropathrin EC와 같이 장기간 잔류독

성이 있는 농약은 딸기에 살포하지 못하도록 계도할 필요가 있다.

미국 EPA에서도 농약별 엽상잔류독성성을 평가하여 RT25를 계산하고 이를 바탕으로 안전방사기준을 설정하고자 하는 움직임이 있다. USEPA가 1980년대에 만들어 현재 가지 사용하는 표준경고문구에는 제품농약을 독성있음(toxic) 또는 매우 강한 독성 있음(hightly toxic)으로 분류하고 농약살포지역에 꿀벌이 활동하거나(visiting) 또는 활발히 활동할 경우(actively visiting) 개화된 작물이나 잡초에 농약이 잔류할 가능성이 있다면 그 농약을 살포하지 말도록 경고문구를 부착하도록 규정하고 있다. 하지만 양봉업자와 농민, 농약살포업자들 사이에서는 꿀벌경고문구 표현의 적절성에 대한 논쟁이 지속되고 있는데, 양봉업자는 꿀벌보호에 미약한 문구라고 비판하고, 농민은 과도하게 농약사용을 제한하고 있어서 개화기의 적절한 해충관리가 불가능하다고 비판하며, 살포업자는 별의 활동이 적은 밤에 항공 살포하는 것의 위험성을 제

기하고 있다. 따라서 살포업자가 규정을 정확히 준수할 수 있도록 문구를 명확히 할 필요성이 제기되어 미국 EPA는 2000년에 꿀벌잔류독성을 고려한 별에 대한 경고문구 수정안으로 농약별 엽상잔류독성성적을 평가하여 RT25를 계산하고 이를 바탕으로 해당 농약에 경고문구를 “이 농약은 살포 후 몇 일까지 독성이 있음”으로 명확히 표현하는 안을 제안하기도 하였다(USEPA, 2000).

국내 딸기 시설재배지의 화분매개용 꿀벌사용 비율이 100%인 점을 감안할 때 딸기용 제품농약의 꿀벌에 대한 영향을 연구하여 농민들이 꿀벌에 안전한 농약을 살포할 수 있도록 지도할 필요가 있을 것으로 판단되나 현재까지 꿀벌에 대한 영향을 체계적으로 연구한 사례는 없었다. 따라서 본 연구의 결

과로 제시한 안전방사기준이 딸기 재배 농민들에게 좋은 지침이 될 것으로 기대하며 또한 본 연구에서 제품농약에 대한 꿀벌독성을 평가하는 데 사용한 분무법을 이용한 급성접촉독성시험과 섭식독성시험 및 엽상잔류독성시험방법과 안전방사일을 설정하는데 사용된 평가기준은 농약관리기관이 안전방사기간 설정을 위한 방법론적 틀을 제공해줄 것으로 기대한다.

또한 본 연구에서 사용된 dichlofluanid 원제는 꿀벌독성이 없는 것으로 문현조사 되었으나(Tomlin, 2000) 제품농약인 dichlofluanid WP의 접촉독성이 높게 조사되어 제품독성과 원제독성과는 차이가 날 수도 있음을 보여 주었다. 정부에서는 꿀벌에 대한 독성이 있을 경우 농약포장지에 꿀벌그림 문자를 표시하도록 규제하고 있긴 하지만(농촌진흥청, 2007) 이 그림문자 표기는 원제의 꿀벌독성을 기준으로 평가한 것 이므로 제품독성과는 차이가 있을 수 있다. 따라서 앞으로는 원제에 대한 꿀벌독성과 아울러 꿀벌이 노출될 가능성이 있는 제품농약에 대해서는 꿀벌독성시험을 추가로 요구하여 안전성을 증진할 필요가 있다고 제안하고자 한다.

>> 인 / 용 / 문 / 현

- Atkins, E. L. (1992) Injury to honey bee by poisoning. In: Graham J. E., The hive and the Honey bee. Dadant and Sons, Hamilton, pp. 1153~1208.
- Devillers, J. and M. Pham-Dellegue (2002) Honey bee: estimating the environmental impact of chemicals. Tayler & Francis, London, p. 332.
- Gough, H. J., E. C. McIndoe and G. B. Lewis (1994) The use of dimethoate as a reference compound in laboratory acute toxicity tests on honey bee (*Apis mellifera* L.) 1981-1992. Journal of Apicultural Research 33(2):119~125.
- Johansen, C. A. and D. F. Mayer (1990) Pollinator protection: a bee & pesticide handbook. Wiewas Press, Connecticut, p. 212.
- OECD (1998) OECD guidelines for the testing of chemicals No.213 Honey bee acute oral toxicity test. Paris, France.
- OECD (1998) OECD guidelines for the testing of chemicals No.214 Honey bee acute contact toxicity test. Paris, France.
- Iwasa, T., N. Motoyama, J. T. Ambrose and R. M. Roe (2004)

Table 4. Toxicity of residues on foliage of 20 pesticides

Pesticide	Mortality (%)		
	0 DAT	1 DAT	2 DAT
Carbendazim WP	0	0	-
Carbendazim+iprodione WP	3.3	0	-
Diethofencarb+carbendazim WP	0	0	-
Dichlofluanid WP	0	3.3	-
Triflumizol WP	0	0	-
Vinclozolin WP	0	0	-
DBEDC EC	0	0	-
Iprodione WP	0	0	-
Iprodion+thiophanate-methyl WP	0	0	-
Thiophanate-methyl WP	0	0	-
Tolclofos-methyl WP	6.7	0	-
Fenbuconazole+iprodione WP	0	0	-
Polyoxin B SP	0	0	-
Procymidone WP	0	3.3	-
Pyrimethanil SC	0	0	-
Folpet WP	0	0	-
Fenarimol WP	0	0	-
Tebufenpyrad EC	0	0	-
Fenpropathrin EC ^{a)}	86.7	91.7	95.0
Flufenoxuron DC	0	0	-
Milbemectin EC	0	0	-

^{a)} The full toxicity data for fenpropathrin EC was shown below in table 5.

Table 5. Toxicity of residues on foliage of fenpropathrin EC

Pesticide	Mortality (days, %)									
	0	1	2	3	5	7	10	14	21	28DAT
Fenpropathrin EC	86.7	91.7	95.0	77.5	72.5	85.0	36.7	13.8	6.7	0

- Mechanism for the differential toxicity of neonicotinoid insecticides in the honey bee, *Apis mellifera*. Crop protection 23:371~378.
- Tomlin, C. (2000) The pesticide manual (12th ed.), The British Crop Protection Council, U.K.
- USEPA (1996a) Ecological effect test guidelines OPPTS 850.3020 Honey bee acute contact toxicity. Washington DC, USA.
- USEPA (1996b) Ecological effect test guidelines OPPTS 850.3030 Honey bee toxicity of residue on foliage. Washington DC, USA.
- USEPA (2000) Notice to manufacturers, producers, formulators and registrants of pesticide products-Bee precautionary labeling statements. Pesticide registration Notice 2000-XX (draft). Washington DC, USA.
- 농업과학기술원 (1998) 1998년도 시험연구사업보고서.
- 농촌진흥청 (2007) 농약관리법령 고시 훈령집 p. 739.
- 심용구 (1998) 꿀벌(*Apis mellifera* L.)의 수분활동 유발요인 및 결실에 미치는 영향. 경북대학교 농학박사학위논문.
- 한국작물보호협회 (2007) 농약사용지침서 p. 823.

딸기용 농약의 꿀벌에 대한 급성독성 및 엽상잔류독성

김병석* · 박연기 · 이용훈¹ · 정미혜 · 유아선 · 양유정 · 김진배 · 권오경 · 안용준²

농업과학기술원 농산물안전성부, ¹농업과학기술원 농업생물부, ²서울대학교 농생명공학부

요 약 시설재배 딸기에 사용하는 농약이 화분매개를 위해 투입된 꿀벌(*Apis mellifera* L.)에 미치는 영향을 조사하기 위해 꿀벌에 노출될 가능성이 있는 21종의 농약을 선정하여 꿀벌 급성독성시험과 엽상잔류독성시험을 실시하였다. 표준살포농도로 분무처리한 급성접촉독성시험에서는 24시간 후에 꿀벌치사율이 대조군과 유의한 차이를 보인 농약은 dichlofuanid WP 등 6종이었고, 48시간 후에는 fenpropathrin EC 등 7종이었다. 급성 섭식독성시험에서는 fenpropathrin EC만이 꿀벌에 독성을 보여주었으며 milbemectin EC는 배량처리군에서 대조군과 비교하여 유의한 치사율 차이를 보여주었다. 또한 엽상잔류독성시험에서는 fenpropathrin EC만이 10일 이상 장기간 잔류독성을 보였다. 이상의 결과를 종합하여 21종 제품농약에 대한 살포 후 꿀벌안전방사기간을 제안하였다.

색인어 꿀벌급성독성, 꿀벌엽상잔류독성, 안전방사기간, 농약, 딸기