



과수용 농약의 혼용에 따른 꿀벌의 위해성과 꿀벌안전방사기간

임정택 · 김용궁 · 박경훈* · 전경미 · 백민경 · 이 환 · 김점순 · 문병철 · 오진아¹ · 하현영¹ · 김재수²
 농촌진흥청 국립농업과학원 농산물안전성부 화학물질안전과, ¹농자재평가과, ²전북대학교 농생물학과

Risks and Safety Intervals for Honeybee on the Mixtures of Pesticides for Orchard Area

Jeongtaek Im, Yong-Gung Kim, Kyung-Hun Park*, Kyongmi Chon, Min-Kyoung Paik, Hwan Lee, Jeom-Sun Kim, Byeong-Chul Moon, Jin-A Oh¹, Huen-Young Ha¹ and Jae-Su Kim²

Chemical Safety Division

¹Agro-Material Safety Evaluation Division, Department of Agro-Food Safety, National Institute of Agricultural Sciences 55365, Republic of Korea

²Department of Agricultural biology, Chonbuk National University, Jeollabuk-do 54896, Republic of Korea

(Received on November 6, 2017. Revised on February 6, 2018. Accepted on February 8, 2018)

Abstract This study was done to evaluate the honeybee acute toxicity, risks and safety intervals for the mixtures of end-use products (EUPs) in an orchard cultivated area. Among the EUPs sprayed for controlling plant pathogens and insects, there were 30 fungicides and 61 insecticides with a total of 59 active ingredients. Among those, 26 ingredients were toxic to honeybees because the LC₅₀ was less than 11 µg/bee. The most toxic ingredient was abamectin which had a LC₅₀ of 0.0022 µg/bee. All the fungicides were less toxic with a LC₅₀ greater than 11 µg/bee. Twenty of the EUPs have a risk with a hazard quotient (HQ) greater than 50, and the others have a low risk. A dinotefuranetofenprox wettable powder had the longest Residual Time to 25% mortality and adverse effect (RT₂₅ of 23 days). Among 96 mixtures, 8, 8, 9, 16, 8, 18, 20, and 9 mixtures had a RT₂₅ of 1, 3, 5, 7, 10, 14, 21 and 28 days, respectively. Honeybees are considered to be at high risk from pesticide mixtures with a RT₂₅ greater than 21 days; therefore, further studies such as semi-field tests are required.

Key words *Apis mellifera*, Pesticides, Honeybee toxicity of residues on foliage, Acute toxicity, RT₂₅

서 론

꿀벌은 농작물의 화분매개 역할과 꿀 등 유용한 산물을 인간에게 제공하기 때문에 위해한 영향을 끼치는 농약 등으로부터 보호해야 한다. 농약관리법에서는 해당 농약이 사람과 가축에 해로울 경우 등록과정에서 심사하여 규제하도록 하고 있다.

현재 등록된 농약에는 꿀벌에 대한 독성과 위해성 평가는 품목단위로 평가하기 때문에 농가에서 농약을 혼용하여 살포하는 경우에는 꿀벌에 얼마나 영향을 주었는지를 평가하

기 곤란하다. 국내는 농약의 등록단계에서 꿀벌에 대한 안전성 평가를 1단계에서 농약원제의 접촉 및 섭식 급성독성시험을, 2단계에서는 품목별로 엽상잔류독성시험을 평가하며 3단계에서는 야외포장시험을 통해 안전성을 확인하고 있다.

꿀벌에 대한 엽상잔류독성 시험법(United States, 2012)은 알팔파에 제품 농약을 살포한 뒤 시간 경과별로 있을 따서 원통에 넣고 꿀벌을 넣어 24시간 후에 꿀벌의 치사를 관찰하여 25%까지 치사되는 날짜를 RT₂₅ (Residual Time to 25% mortality)로 표현하고 있는데, 국내 농약평가에서는 치사와 영향 받은 개체수를 더하여 꿀벌안전방사기간으로 표현하는 점이 다르다. 이 시험방법은 국내에서와 같이 농약에 노출되기 쉬운 영농 환경에서 농약의 꿀벌피해를 줄이는데 예방적인 도움을 많이 주고 있다. 국립농업과학원에서

*Corresponding author
 E-mail: sikyale@korea.kr

처음으로 딸기용 농약 21종의 꿀벌에 대한 엽상잔류독성 시험을 수행하여 꿀벌안전방사기간을 제안하였고(Kim et al., 2008), 69종 농약의 꿀벌과 서양뒤영벌에 대한 급성독성을 평가하여 독성을 구분하고 안전방사기간을 제안하였다(Ahn et al., 2008). 또한 꿀벌에 매우 독성이 강한 벼농사용 살충제인 fipronil의 엽상잔류독성시험에서는 피프로닐액상수화제를 살포 후 28일까지 꿀벌이 90% 이상 치사율을 보여 장기간 꿀벌에 독성이 있음을 알 수 있었다(Kim et al., 2009). 딸기 등 하우스재배 작물에서 화분매개용으로 꿀벌보다는 서양뒤영벌을 많이 이용함에 따라 농약안전사용에 관한 연구가 많이 이루어져 있다(Ahn et al., 2008, Lee et al., 2008, Ahn et al., 2013).

최근에 네오니코티노이드계 농약의 꿀벌위해성이 대두됨에 따라 네오니코티노이드계 토양처리제의 흡수이행에 따른 엽상잔류독성과 잎과 꽃의 잔류성분을 분석하여 심층적인 위해성평가를 한 예도 있다(Bae, 2014). 그러나 지금까지의 엽상잔류독성 시험은 농약 품목별로 이루어졌고 혼용하였을 때는 하지 않았다. 본 연구는 과수원에서 병해충방제를 위하여 제초농약 혼용 시 품목별 꿀벌 위해성과 혼용조합별 꿀벌엽상잔류독성을 평가하여 영농현장에서 꿀벌을 보호하고자 수행하였다.

재료 및 방법

시험농약

시험에 사용한 농약은 노발루론액상수화제, 다이아지논·에토펜프록스수화제, 델타메트린·티오디카브액상수화제, 델타메트린유제, 디노테프란·에토펜프록스수화제, 디노테프란입상수화제, 디메토모르프·디티아논수화제, 디티아논·피라클로스트로빈유현탁제, 디티아논수화제, 디티아논액상수화제, 디티아논입상수화제, 디페노코나졸수화제, 디페노코나졸액상수화제, 디플루벤주론·에토펜프록스유현탁제, 람다사이할로스린·티아메톡삼입상수용제, 람다사이할로트린유제, 만코제브·마이크로부타닐수화제, 만코제브수화제, 메트코나졸액상수화제, 밀페멕틴수화제, 베노밀수화제, 보스칼리드·플루디옥소닐액상수화제, 뷰프로페진·디노테프란수화제, 뷰프로페진·람다사이할로스린유제, 뷰프로페진·에토펜프록스입상수화제, 뷰프로페진·이미다클로프리트액상수화제, 뷰프로페진·클로티아니딘액상수화제, 뷰프로페진·티아메톡삼액상수화제, 비페나제이트·스피로메시펜액상수화제, 비페나제이트액상수화제, 비펜트린·이미다클로프리트수화제, 비펜트린수화제, 비펜트린유제, 비펜트린유탁제, 비펜트린입상수화제, 사이퍼메트린유제, 사이프로코나졸액제, 사이플루스린수화제, 설피록사플로르임상수화제, 스트렙토마이신·발리다마이신에이수화제, 스트렙토마이신수화제, 스피로디클로펜수화제, 스피로디클로펜액상수화제, 스피로메시펜액상수화제,

아바멕틴·클로란트라닐리프롤액상수화제, 아바멕틴·티아메톡삼액상수화제, 아바멕틴미탁제, 아바멕틴유제, 아세타미프리트·디플루벤주론수화제, 아세타미프리트·루페뉴론수화제, 아세타미프리트·뷰프로페진유제, 아세타미프리트·설피록사플로르임상수화제, 아세타미프리트·에포펜프록스수화제, 아세타미프리트·플루페녹수론수화제, 아세타미프리트수화제, 아세페이트·이미다클로프리트수화제, 아시벤졸라-에스-메틸·디티아논액상수화제, 아시벤졸라-에스-메틸·만코제브수화제, 에마멕틴벤조에이트·루페뉴론입상수화제, 에토펜프록스수화제, 에토펜프록스유제, 이미다클로프리트·메톡시페노자이드수화제, 이미다클로프리트수화제, 이미다클로프리트액상수화제, 이프로디온·트리플록시스트로빈입상수화제, 이프로디온수화제, 카벤다짐·클로로탈로닐액상수화제, 크레속심메틸입상수화제, 클로란트라닐리프롤·인독사카브입상수화제, 클로란트라닐리프롤수화제, 클로란트라닐리프롤입상수화제, 클로로탈로닐수화제, 클로티아니딘액상수화제, 클로티아니딘입상수용제, 클로페나피르액상수화제, 클로피리포스수화제, 테부코나졸·트리플록시스트로빈액상수화제, 테부코나졸수화제, 테부코나졸유제, 테트라코나졸유탁제, 트리플록시스트로빈액상수화제, 트리플루미졸수화제, 티아메톡삼입상수화제, 페니트로티온·벤발라레이트수화제, 페니트로티온수화제, 프로피네브수화제, 플로니카미드·설피록사플로르입상수화제, 플루페녹수론·메틸플루미존액상수화제, 피리다벤수화제, 헥사코나졸액상수화제, 헥사코나졸유제 등 91종이었으며, 이들 농약은 판매상에서 구입하여 사용하였다.

과수용 농약 혼용조합 선정

본 시험에서 선정한 혼용조합은 국립농업과학원에서 2010년과 2014년 2회에 걸쳐 241농가에서 작성한 농약사용 실태조사야장에서 감귤, 단감, 배, 복숭아, 사과, 포도에 사용한 혼용조합을 선정하고, 혼용조합에서 꿀벌에 독성이 높은 농약(LC₅₀: <11 µg/bee)이 1가지 이상 들어있는 96종의 혼용조합으로 수행하였다.

농약의 꿀벌에 대한 위해성평가 방법

과수 혼용조합에 사용된 농약의 꿀벌에 대한 위해성평가는 농약 등록과정 평가방법을 따랐으며(Fig. 1), 제1단계에서는 농약원제의 꿀벌 급성독성(섭식독성과 접촉독성) 성적을 평가하여 급성독성값을 사용량으로 나눈 위해지수(Hazard Quotient, 농약사용량/LC₅₀)가 50 이상이면 제2단계 엽상잔류독성을 평가하였다. 농약을 등록할 때는 꿀벌 엽상잔류독성 시험에서 RT₂₅가 21일 이상이면 3단계 평가로 꿀벌야외 영향을 평가한다. 본 연구에서는 위해지수가 50 이상인 품목에 대한 엽상잔류독성시험은 하지 않았고 혼용조합만을 대상으로 엽상잔류독성을 평가하였다.

위해지수를 산출하기 위한 농약살포량은 농촌진흥청 고시

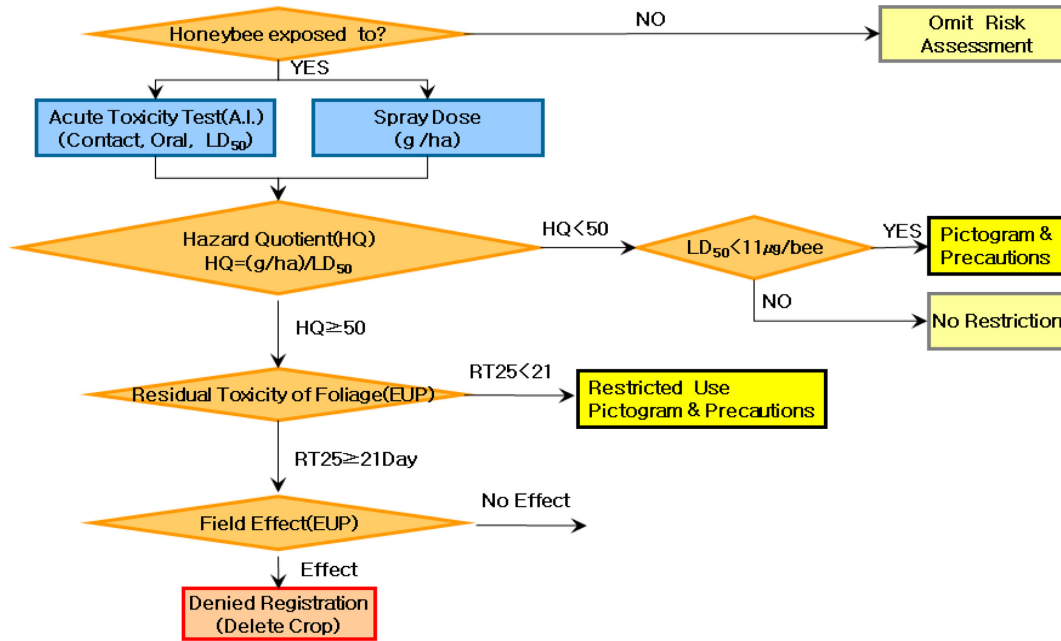


Fig. 1. Korean pesticide registration procedure for honeybee risk assessment.

(농약 및 원제의 등록기준)에 준하여 계산하였다. 즉, 물로 희석하여 살포하는 경우에는 사과, 배, 감귤, 복숭아 및 감은 1 ha당 살포물량이 4,500리터, 포도의 경우 3,000리터로 계산하였고, 사용량이 농약을 등록할 때 구체적으로 제시된 경우에는 그 수치를 사용하였고, 과수 주당 사용량이 제시된 경우에는 표준영농고본(<http://www.nongsaro.go.kr/portal>)이나 관련연구기관에 문의하여 임의로 정하였는데, 사과의 경우 10a당 재식 주수는 146주, 포도의 경우 137주, 감(단감)의 경우 33주를 기준으로 농약사용량을 계산하였다. Table 1과 2에서 LC₅₀ 값은 원래 독성값에서 부등호(>)가 있는 경우는 계산이 편리하도록 삭제하였으며, 품목별로 위해성을 계산하되, 작목, 희석배수 및 최대살포약량을 비교하여 가장 높은 위해성이 있는 경우만을 계산하고 표시하였다.

엽상잔류독성시험

농약 살포는 시판 중인 농약 품목의 권장사용농도 중 가장 높은 농도가 되도록 물로 희석하여 수동식 분무기로 강우에 의한 영향을 피하기 위해 비가림 재배한 알팔과에 균일하게 묻도록 1회 살포하였다. 알팔과 잎은 농약을 살포한 1, 3, 5, 7, 10, 14, 21, 28일 후에 채취하여 실험실로 가져와서 시험용 원통형 철망케이지 1개당 15g씩 넣은 다음 그 위에 CO₂ 가스로 마취시킨 꿀벌을 3 케이지에 각 25마리씩 넣었다. 24시간 후에 꿀벌의 치사와 이상행동 증상(보행장애, 무기력, 과다행동) 등을 관찰하여 기록하고 평가에 이용하였다. 시험조건은 온도 25~35°C, 상대습도 50~80%가 유지되는 실내에서 암조건을 유지하였고, 관찰시간 이되는 조명을 하지 않았다. 꿀벌안전방사기간의 판단은 조사한 시점

을 기준으로 25% 이하 영향을 받은 날짜로 정하였다.

결과 및 고찰

과수원에 혼용하여 살포한 살균제 농약은 Table 1과 같이 30품목이었고 단일성분이 20품목, 혼합제로 된 품목이 10품목이었고, 농약 성분수는 22종이었다. 농약 사용량은 만코제브수화제가 1 ha에 6,750 g으로 가장 많았고 아시벤졸라 메칠만코제브수화제가 45 g으로 가장 작았다. 독성은 사용된 모든 살균제의 반수치사량이 11 μg/bee 이상으로 낮았으며, 위해지수는 2품목을 제외하고 모두 50 이하로서 낮았다.

과수원에 혼용하여 살포한 살충제 농약은 Table 2와 같이 61품목이었고 단일성분이 33품목, 합제로 된 품목이 28품목이었고, 농약 성분수는 37종이었다. 사용량은 클로르피리프스수화제가 ha당 1,875 g으로 가장 많았고, 아바멕틴액상수화제가 19 g으로 가장 작았다. 품목별 꿀벌안전방사기간은 디노테푸란에토펜프록스수화제가 23일로 가장 길었고 1주일 이상인 품목이 12품목이었으며 살충제가 2개 이상 섞인 품목이 꿀벌안전방사기간이 길었다. 꿀벌독성이 11 μg/bee 이하인 독성이 높은 농약성분은 26종이었고, 가장 독성이 높은 농약성분은 아바멕틴으로 반수치사약량이 0.0022 μg/bee이었다. 위해지수가 50 미만인 품목은 18품목으로 위해성이 낮았으며, 나머지 위해지수가 50 이상인 48품목은 위해성이 있는 것으로 평가되었다.

꿀벌에 대한 96개 농약 혼용조합의 엽상잔류독성은 농약을 살포한 후 Table 3과 같이 꿀벌안전방사기간이 1, 3, 5, 7, 10, 14, 21, 28일인 혼용조합이 각각 8, 8, 9, 16, 8, 18,

Table 1. Honeybee hazard quotient of the fungicides used in orchard area in Korea

EUP	EUP's RT ₂₅ (day)	Active Ingredient(%)	Dilution ratio	Maximum Spray Dose (g a.i./ha)	LC ₅₀ (µg/bee)	Hazard Quotient
Acibenzolar-S-methyl·Dithianon 1.75+30 SC	-	Dithianon(30)	1,000	1350.00	100	14
Acibenzolar-S-methyl·Dithianon 1.75+30 SC	-	Acibenzolar-S-methyl(1.75)	1,000	78.75	100	1
Acibenzolar-S-methyl·Mancozeb 1+48 WP	-	Mancozeb(48)	1,000	2160.00	209	10
Acibenzolar-S-methyl·Mancozeb 1+48 WP	-	Acibenzolar-S-methyl(1)	1,000	45.00	100	0.5
Benomyl 50 WP	-	Benomyl(50)	1,500	1500.00	50	30
Boscalid·Fludioxonil 23.5+5 SC	-	Boscalid(23.5)	1,000	705.00	166	4
Boscalid·Fludioxonil 23.5+5 SC	-	Fludioxonil(5)	1,000	150.00	100	2
Carbendazim·Chlorothalonil 12+31 SC	-	Chlorothalonil(31)	1,000	1395.00	63	22
Carbendazim·Chlorothalonil 12+31 SC	-	Carbendazim(12)	1,000	540.00	100	5
Chlorothalonil 75 WP	<1	Chlorothalonil(75)	606	5569.31	63	88
Difenoconazole 10 SC	-	Difenoconazole(10)	2,000	225.00	100	2
Difenoconazole 10 WP	-	Difenoconazole(10)	2,000	225.00	100	2
Dimethomorph·Dithianon 8+30 WP	-	Dithianon(30)	1,000	900.00	100	9
Dimethomorph·Dithianon 8+30 WP	-	Dimethomorph(8)	1,000	240.00	32.4	7
Dithianon 43 SC	-	Dithianon(43)	1,000	1935.00	100	19
Dithianon 66 WG	-	Dithianon(66)	1,500	1320.00	32.4	41
Dithianon 75 WP	-	Dithianon(75)	800	4218.75	100	42
Dithianon·Pyraclostrobin 24+8 SE	-	Dithianon(24)	2,000	540.00	100	5
Dithianon·Pyraclostrobin 24+8 SE	-	Pyraclostrobin(8)	2,000	180.00	73.1	2
Hexaconazole 10 EC	-	Hexaconazole(10)	2,500	180.00	100	2
Hexaconazole 2 SC	-	Hexaconazole(2)	1,000	90.00	100	1
Iprodione 50 WP	-	Iprodione(50)	1,000	2250.00	100	23
Iprodione·Trifloxystrobin 30+8 WG	-	Iprodione(30)	1,000	1350.00	100	14
Iprodione·Trifloxystrobin 30+8 WG	-	Trifloxystrobin(8)	1,000	360.00	100	4
Kresoxim-methyl 50 WG	<1	Kresoxim-methyl(50)	2,000	1125.00	20	56
Mancozeb 75 WP	-	Mancozeb(75)	500	6750.00	209	32
Mancozeb·Myclobutanil 65+2 WP	-	Mancozeb(65)	500	5850.00	209	28
Mancozeb·Myclobutanil 65+2 WP	-	Myclobutanil(2)	500	180.00	171	1
Metconazole 20 SC	-	Metconazole(20)	3,000	300.00	90	3
Propineb 70 WP	-	Propineb(70)	500	6300.00	200	32
Streptomycin 20 WP	-	Streptomycin(20)	800	1125.00	100	11
Streptomycin·Validamycin A 5+15 WP	-	Validamycin A(15)	2,000	337.50	80.8	4
Streptomycin·Validamycin A 5+15 WP	-	Streptomycin(5)	2,000	112.50	100	1
Tebuconazole 25 EC	-	Tebuconazole(25)	1,500	750.00	83	9
Tebuconazole 25 WP	-	Tebuconazole(25)	1,000	1125.00	83	14
Tebuconazole·Trifloxystrobin 20+10 SC	-	Tebuconazole(20)	2,000	450.00	83	5
Tebuconazole·Trifloxystrobin 20+10 SC	-	Trifloxystrobin(10)	2,000	225.00	100	2
Tetraconazole 12.5 EW	-	Tetraconazole(12.5)	1,000	562.50	63	9
Trifloxystrobin 22 SC	-	Trifloxystrobin(22)	2,000	495.00	100	5
Triflumizole 30 WP	-	Triflumizole(30)	2,000	675	114.8	6

20, 9개이었다. Etofenprox와 Acetamiprid 성분이 들어간 조합에서 꿀벌안전방사기간이 긴 것이 특징이다. 꿀벌독성이 높다고 하여 꿀벌안전방사기간이 길어지는 경향은 보이지

않아 농약의 물리화학적 특성에 따라 엽상에서 잔류되는 기간이 차이가 나는 것으로 판단된다. 꿀벌안전방사기간이 1주일 이상인 품목이 96조합 중 71조합으로 농약살포시기에

Table 2. Honeybee hazard quotient of the insecticides used in orchard area in Korea

EUP	EUP's RT ₂₅ (day)	Active Ingredient (%)	Dilution ratio	Maximum Spray Dose (g a.i./ha)	LC ₅₀ (µg/bee)	Hazard Quotient
Abamectin 1.8 EC	<1	Abamectin(1.8)	3,000	27.00	0.0022	12,273
Abamectin 1.8 ME	<1	Abamectin(1.8)	3,000	27.00	0.0022	12,273
Abamectin·Chlorantraniliprole 1.714+4.286 SC	-	Abamectin(1.714)	4,000	19.28	0.0022	8,765
Abamectin·Chlorantraniliprole 1.714+4.286 SC	-	Chlorantraniliprole(4.286)	4,000	48.22	4	12
Abamectin·Thiamethoxam 3.02+13.85 SC	19	Thiamethoxam(13.85)	4,000	155.81	0.005	31,163
Abamectin·Thiamethoxam 3.02+13.85 SC	19	Abamectin(3.02)	4,000	33.98	0.0022	15,443
Acephate·Imidacloprid 20+5 WP	2	Imidacloprid(5)	1,000	225.00	0.28	804
Acephate·Imidacloprid 20+5 WP	2	Acephate(20)	1,000	900.00	1.28	703
Acetamiprid 8 WP	-	Acetamiprid(8)	2,000	180.00	8.1	22
Acetamiprid·Buprofezin 4+15 EC	-	Acetamiprid(4)	1,000	180.00	8.1	22
Acetamiprid·Buprofezin 4+15 EC	-	Buprofezin(15)	1,000	675.00	100	7
Acetamiprid·Diflubenzuron 5+14 WP	-	Acetamiprid(5)	2,000	112.50	8.1	14
Acetamiprid·Diflubenzuron 5+14 WP	-	Diflubenzuron(14)	2,000	315.00	100	3
Acetamiprid·Etofenprox 2.5+8 WP	-	Etofenprox(8)	1,000	360.00	0.015	24,000
Acetamiprid·Etofenprox 2.5+8 WP	-	Acetamiprid(2.5)	1,000	112.50	8.1	14
Acetamiprid·Flufenoxuron 8+5 WP	-	Acetamiprid(8)	2,000	180.00	8.1	22
Acetamiprid·Flufenoxuron 8+5 WP	-	Flufenoxuron(5)	2,000	112.50	25	5
Acetamiprid·Lufenuron 8+5 WP	-	Acetamiprid(8)	2,000	180.00	8.1	22
Acetamiprid·Lufenuron 8+5 WP	-	Lufenuron(5)	2,000	112.50	197	1
Acetamiprid·Sulfoxaflor 4+6.2 WG	<1	Sulfoxaflor(6.2)	2,000	139.50	0.146	955
Acetamiprid·Sulfoxaflor 4+6.2 WG	<1	Acetamiprid(4)	2,000	90.00	8.1	11
Bifenazate 23.5 SC	-	Bifenazate(23.5)	2,000	528.75	8.5	62
Bifenazate·Spiromesifen 18+10 SC	-	Bifenazate(18)	2,000	405.00	8.5	48
Bifenazate·Spiromesifen 18+10 SC	-	Spiromesifen(10)	2,000	225.00	200	1
Bifenthrin 1 EC	<1	Bifenthrin(1)	1,000	45.00	0.0146	3,082
Bifenthrin 10 EW	<1	Bifenthrin(10)	5,000	90.00	0.0146	6,164
Bifenthrin 2 WP	>5	Bifenthrin(2)	1,000	90.00	0.0146	6,164
Bifenthrin 8 WG	20	Bifenthrin(8)	4,000	90.00	0.0146	6,164
Bifenthrin·Imidacloprid 2+8 WP	12	Bifenthrin(2)	2,000	45.00	0.0146	3,082
Bifenthrin·Imidacloprid 2+8 WP	12	Imidacloprid(8)	2,000	180.00	0.28	643
Buprofezin·Clothianidin 10+3 SC	<1	Clothianidin(3)	2,000	67.50	0.00379	17,810
Buprofezin·Clothianidin 10+3 SC	<1	Buprofezin(10)	2,000	225.00	100	2
Buprofezin·Dinotefuran 20+15 WP	2	Dinotefuran(15)	2,000	337.50	0.023	14,674
Buprofezin·Dinotefuran 20+15 WP	2	Buprofezin(20)	2,000	450.00	100	5
Buprofezin·Etofenprox 15+8 WG	>5	Etofenprox(8)	1,000	360.00	0.015	24,000
Buprofezin·Etofenprox 15+8 WG	>5	Buprofezin(15)	1,000	675.00	100	7
Buprofezin·Imidacloprid 20+3 SC	<1	Imidacloprid(3)	1,000	135.00	0.28	482
Buprofezin·Imidacloprid 20+3 SC	<1	Buprofezin(20)	1,000	900.00	100	9
Buprofezin·Lambda-cyhalothrin 10+1 EC	10	Lambda-cyhalothrin(1)	1,000	45.00	0.038	1,184
Buprofezin·Lambda-cyhalothrin 10+1 EC	10	Buprofezin(10)	1,000	450.00	100	5
Buprofezin·Thiamethoxam 20+3.3 SC	<1	Thiamethoxam(3.3)	1,000	148.50	0.005	29,700
Buprofezin·Thiamethoxam 20+3.3 SC	<1	Buprofezin(20)	1,000	900.00	100	9
Chlorantraniliprole 4 WP	-	Chlorantraniliprole (4)	2,000	90.00	4	23
Chlorantraniliprole 5 WG	-	Chlorantraniliprole(5)	2,000	112.50	4	28

Table 2. continued

EUP	EUP's RT ₂₅ (day)	Active Ingredient (%)	Dilution ratio	Maximum Spray Dose (g a.i./ha)	LC ₅₀ (µg/bee)	Hazard Quotient
Chlorantraniliprole·Indoxacarb 3+4 WG	<1	Indoxacarb(4)	2,000	90.00	0.094	957
Chlorantraniliprole·Indoxacarb 3+4 WG	<1	Chlorantraniliprole(3)	2,000	67.50	4	17
Chlorfenapyr 10 SC	<1	Chlorfenapyr(10)	2,000	225.00	0.45	500
Chlorpyrifos 25 WP	7	Chlorpyrifos(25)	600	1875.00	0.07	26,786
Clothianidin 8 SC	2	Clothianidin(8)	1,000	360.00	0.00379	94,987
Clothianidin 8 SG	<1	Clothianidin(8)	2,000	180.00	0.00379	47,493
Cyfluthrin 5 WP	>5	Cyfluthrin(5)	2,000	112.50	0.023	4,891
Cypermethrin 5 EC	8	Cypermethrin(5)	1,000	225.00	0.02	11,250
Cyproconazole 4.5 SL	-	Cyproconazole(4.5)	3,000	67.50	100	1
Deltamethrin 1 EC	5	Deltamethrin(1)	1,000	45.00	0.012	3,750
Deltamethrin·Thiodicarb 1+30 SC	6	Thiodicarb(30)	1,000	1350.00	0.153	8,824
Deltamethrin·Thiodicarb 1+30 SC	6	Deltamethrin(1)	1,000	45.00	0.012	3,750
Diazinon·Etofenprox 25+8 WP	>5	Diazinon(25)	1,000	1125.00	0.015	75,000
Diazinon·Etofenprox 25+8 WP	>5	Etofenprox(8)	1,000	360.00	0.015	24,000
Diflubenzuron·Etofenprox 7+8 SE	>5	Etofenprox(8)	1,000	360.00	0.015	24,000
Diflubenzuron·Etofenprox 7+8 SE	>5	Diflubenzuron(7)	1,000	315.00	100	3
Dinotefuran 20 WG	1	Dinotefuran(20)	2,000	450.00	0.023	19,565
Dinotefuran·Etofenprox 5+8 WP	23	Etofenprox(8)	1,000	360.00	0.015	24,000
Dinotefuran·Etofenprox 5+8 WP	13	Dinotefuran(5)	1,000	225.00	0.023	9,783
Emamectin benzoate·Lufenuron 0.7+2.5 WG	<1	Emamectin benzoate(0.7)	1,500	21.00	0.0036	5,833
Emamectin benzoate·Lufenuron 0.7+2.5 WG	<1	Lufenuron(2.5)	1,500	75.00	197	0.4
Etofenprox 10 WP	10	Etofenprox(10)	1,000	450.00	0.015	30,000
Etofenprox 20 EC	>5	Etofenprox(20)	1,000	900.00	0.015	60,000
Fenitrothion 40 WP	2	Fenitrothion(40)	1,000	1800.00	0.02	90,000
Fenitrothion·Fenvalerate 30+10 WP	<1	Fenitrothion(30)	2,000	675.00	0.02	33,750
Fenitrothion·Fenvalerate 30+10 WP	<1	Fenvalerate(10)	2,000	225.00	0.23	978
Flonicamid·Sulfoxaflor 5+5 WG	<1	Sulfoxaflor(5)	2,000	112.50	0.146	771
Flonicamid·Sulfoxaflor 5+5 WG	<1	Flonicamid(5)	2,000	112.50	60.3	2
Flufenoxuron·Metaflumizone 1.5+7 SC	<1	Metaflumizone(7)	1,000	315.00	1.65	191
Flufenoxuron·Metaflumizone 1.5+7 SC	<1	Flufenoxuron(1.5)	1,000	67.50	25	3
Imidacloprid 10 WP	4	Imidacloprid(10)	2,000	225.00	0.28	804
Imidacloprid 8 SC	<1	Imidacloprid(8)	2,000	180.00	0.28	643
Imidacloprid·Methoxyfenozide 4+8 WP	2	Imidacloprid(4)	1,000	180.00	0.28	643
Imidacloprid·Methoxyfenozide 4+8 WP	2	Methoxyfenozide(8)	1,000	360.00	100	4
Lambda-cyhalothrin 1 EC	4	Lambda-cyhalothrin(1)	1,000	45.00	0.038	1,184
Lambda-cyhalothrin·Thiamethoxam 1.4+6.7 SG	6	Thiamethoxam(6.7)	2,000	150.75	0.005	30,150
Lambda-cyhalothrin·Thiamethoxam 1.4+6.7 SG	6	Lambda-cyhalothrin(1.4)	2,000	31.50	0.038	829
Milbemectin(A3+A4) 2 WP	<1	Milbemectin(A3+A4, 2)	2,000	45.00	0.025	1,800
Novaluron 10 SC	-	Novaluron(10)	2,000	225.00	100	2
Pyridaben 20 WP	>5	Pyridaben(20)	1,000	900.00	0.055	16,364
Spirodiclofen 22 SC	-	Spirodiclofen(22)	4,000	247.50	200	1
Spirodiclofen 36 WP	-	Spirodiclofen(36)	2,000	810.00	200	4
Spiromesifen 20 SC	-	Spiromesifen(20)	2,000	450.00	200	2
Sulfoxaflor 7 WG	<1	Sulfoxaflor(7)	1,500	210.00	0.146	1,438
Thiamethoxam 24.49 WG	1	Thiamethoxam(24.49)	2,000	551.03	0.005	110,205

Table 3. RT₂₅ of the pesticide mixtures used in orchard area

Mixture orchard pesticide	n	Mortality and adversal effect (% mean ± SD)								RT ₂₅ (day)
		1 day	3 day	5 day	7 day	10 day	14 day	21 day	28 day	
Acetamiprid 8 WP + Iprodione 50 WP	75	4.0 ± 4.0	4.0 ± 6.9							1 (<1)
Bifenthrin 2 WP + Iprodione 50 WP	75	100 ± 0.0	97.3 ± 2.3		73.3 ± 26.0		8.0 ± 10.6			14 (>7 and <14)
Clothianidin 8 SC + Dithianon 43 SC	75	100 ± 0.0	100 ± 0.0		86.7 ± 23.1		17.3 ± 2.3			14 (>7 and <14)
Clothianidin 8 SG + Hexaconazole 2 SC	75	100 ± 0.0	90.7 ± 8.3		18.7 ± 4.6					7 (>3 and <7)
Abamectin 1.8 ME + Deltamethrin 1 EC	75	100 ± 0.0	100 ± 0.0		18.7 ± 2.3					7 (>3 and <7)
Abamectin 1.8 EC + Difenoconazole 10 WP + Thiamethoxam 24.49 WG	75	100 ± 0.0	100 ± 0.0		16.0 ± 10.6					7 (>3 and <7)
Acetamiprid-Etofenprox 2.5*8 WP + Cypermethrin 5 EC	75	100 ± 0.0	100 ± 0.0	100 ± 0.0	100 ± 0.0	100 ± 0.0	89.3 ± 9.2	45.3 ± 45.5	8.0 ± 13.9	28 (>21 and <28)
Acetamiprid-Etofenprox 2.5*8 WP + Dithianon 75 WP	75	100 ± 0.0	100 ± 0.0	100 ± 0.0	100 ± 0.0	100 ± 0.0	98.7 ± 2.3	32.0 ± 55.4	0.0 ± 0.0	28 (>21 and <28)
Acetamiprid-Sulfoxaflor 4*6.2 WG + Iprodione-Trifloxystrobin 30*8 WG + Flufenoxuron-Metaflumizone 1.5*7 SC	75	29.3 ± 2.3	0.0 ± 0.0							3 (>1 and <3)
Bifenazate 23.5 SC + Buprofezin·Clothianidin 10*3 SC	75	100 ± 0.0	8.0 ± 8.0							3 (>1 and <3)
Bifenthrin-Imidacloprid 2*8 WP + Deltamethrin 1 EC	75	100 ± 0.0	78.7 ± 10.1		5.3 ± 6.1					7 (>3 and <7)
Chlorpyrifos 25 WP + Buprofezin·Dinotefuran 20*15 WP	75	100 ± 0.0	100 ± 0.0		38.7 ± 11.5		1.3 ± 2.3			14 (>7 and <14)
Clothianidin 8 SG + Iprodione 50 WP	75	100 ± 0.0	29.3 ± 19.7		0.0 ± 0.0					7 (>3 and <7)
Dinotefuran 20 WG + Hexaconazole 2 SC	75	100 ± 0.0	13.3 ± 4.6							3 (>1 and <3)
Dithianon·Pyraclostrobin 24*8 SE + Chlorantraniliprole-Indoxacarb 3*4 WG	75	20.0 ± 4.0	2.7 ± 2.3							1 (<1)
Dithianon·Pyraclostrobin 24*8 SE + Buprofezin·Dinotefuran 20*15 WP	75	100 ± 0.0	86.7 ± 23.1		94.7 ± 6.1	98.7 ± 2.3	58.7 ± 9.2	22.7 ± 6.1	0.0 ± 0.0	21 (>14 and <21)
Dithianon 75 WP + Abamectin 1.8 EC	75	100 ± 0.0	80.0 ± 20.8		10.7 ± 8.3					7 (>3 and <7)
Dithianon 75 WP + Acephate·Imidacloprid 20*5 WP + Spirodiclofen 22 SC	75	100 ± 0.0	64.0 ± 6.9		98.7 ± 2.3	41.3 ± 35.9	38.7 ± 8.3	5.3 ± 18.9		21 (>14 and <21)
Dithianon 75 WP + Dinotefuran·Etofenprox 5*8 WP	75	100 ± 0.0	100 ± 0.0	100 ± 0.0	100 ± 0.0	100 ± 0.0	82.7 ± 30.0	5.3 ± 6.1		21 (>14 and <21)
Dithianon 75 WP + Acetamiprid·Etofenprox 2.5*8 WP	75	100 ± 0.0	100 ± 0.0	100 ± 0.0	100 ± 0.0	100 ± 0.0	100 ± 0.0	0.0 ± 0.0		21 (>14 and <21)
Dithianon 75 WP + Acetamiprid·Lufenuron 8*5 WP	75	100 ± 0.0	62.7 ± 54.3	68.0 ± 55.4	16.0 ± 17.4	5.3 ± 9.2				7 (>5 and <7)

Table 3. continued

Mixture orchard pesticide	Mortality and adverse effect (% mean \pm SD)									RT ₂₅ (day)
	n	1 day	3 day	5 day	7 day	10 day	14 day	21 day	28 day	
Dithianon 75 WP + Bifenthrin 8 WG	75	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	98.7 \pm 2.3	0.0 \pm 0.0		21 (>14 and <21)
Dithianon 75 WP + Clothianidin 8 SG	75	100 \pm 0.0	97.3 \pm 4.6	58.7 \pm 35.9	34.7 \pm 12.2	94.7 \pm 9.2	42.7 \pm 16.7	1.3 \pm 2.3		21 (>14 and <21)
Dithianon 75 WP + Fenitrothion 40 WP	75	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0			14 (>10 and <14)
Dithianon 75 WP + Imidacloprid-Methoxyfenozide 4*8 WP	75	17.3 \pm 12.2	28.0 \pm 26.2	9.3 \pm 4.6						5 (>3 and <5)
Dithianon 75 WP + Buprofezin-Dinotefuran 20*15 WP	75	100 \pm 0.0	94.7 \pm 9.2	61.3 \pm 38.0	0.0 \pm 0.0					7 (>5 and <7)
Dithianon 43 SC + Acetamiprid 8 WP	75	0.0 \pm 0.0								1 (<1)
Iprodione 50 WP + Acetamiprid 8 WP	75	1.3 \pm 2.3								1 (<1)
Acetamiprid-Buprofezin 4*15 EC + Cypermethrin 5 EC	75	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	82.7 \pm 30.0	68.0 \pm 55.4	100 \pm 0.0	90.7 \pm 16.2		28 (>21)
Chlorfenapyr 10 SC + Buprofezin.Lambda-cyhalothrin 10+1 EC	75	100 \pm 0.0	96.0 \pm 4.0	100 \pm 0.0	18.7 \pm 20.5	9.3 \pm 4.6				7 (>5 and <7)
Deltamethrin 1 EC + Lambda-cyhalothrin 1 EC	75	97.3 \pm 2.3	66.7 \pm 40.5	93.3 \pm 11.5	98.7 \pm 2.3	21.3 \pm 4.6	9.3 \pm 4.6	2.7 \pm 2.3		10 (>7 and <10)
Iprodione 50 WP + Acetamiprid.Lufenuron 8*5 WP	75	37.3 \pm 54.6	13.3 \pm 11.5							3 (>1 and <3)
Iprodione-Trifloxystrobin 30+8 WG+ Acephate-Imidacloprid 20*5 WP	75	97.3 \pm 4.6	96.0 \pm 4.0	1.3 \pm 2.3						5 (>3 and <5)
Iprodione-Trifloxystrobin 30*8 WG+ Diazinon-Etofenprox 258 WP	75	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	4.0 \pm 6.9		21 (>14 and <21)
Iprodione 50 WP + Chlorpyrifos 25 WP	75	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	24.0 \pm 22.3	1.3 \pm 2.3				7 (>5 and <7)
Iprodione 50 WP + Etofenprox 10 WP	75	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	1.3 \pm 2.3		21 (>14 and <21)
Iprodione 50 WP + Bifenthrin 2 WP	75	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	82.7 \pm 30.0	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	5.3 \pm 9.2		21 (>14 and <21)
Iprodione 50 WP + Buprofezin-Etofenprox 15*8 WG	75	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	64.0 \pm 31.7	97.3 \pm 4.6	97.3 \pm 4.6	18.7 \pm 40.9	6.7 \pm 2.3		14 (>10 and <14)
Lambda-cyhalothrin-Thiamethoxam 1.4*6.7 SG + Dithianon 75 WP	75	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	50.7 \pm 20.5	100 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0		21 (>14 and <21)
Lambda-cyhalothrin-Thiamethoxam 1.4*6.7 SG + Imidacloprid 8 SC	75	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	94.7 \pm 4.6	96.0 \pm 6.9	100 \pm 0.0	14.7 \pm 15.1	0.0 \pm 0.0		14 (>10 and <14)
Lambda-cyhalothrin-Thiamethoxam 1.4*6.7 SG + Iprodione 50 WP	75	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	97.3 \pm 2.3	81.3 \pm 32.3	86.7 \pm 23.1	0.0 \pm 0.0		21 (>14 and <21)
Dimethomorph-Dithianon 8*30 WP + Fenitrothion 40 WP	75	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	97.3 \pm 4.6	100 \pm 0.0	10.7 \pm 10.1	4.0 \pm 4.0			10 (>7 and <10)

Table 3. continued

Mixture orchard pesticide	Mortality and adversal effect (% mean \pm SD)									
	n	1 day	3 day	5 day	7 day	10 day	14 day	21 day	28 day	RT ₂₅ (day)
Dithianon 43 SC + Novaluron 10 SC + Acetamiprid-Sulfoxaflor 4*6.2 WG	75	26.7 \pm 29.5	33.3 \pm 8.3	6.7 \pm 2.3						5 (>3 and <5)
Dithianon 66 WG + Acetamiprid-Etofenprox 2.5*8 WP + Spiromesifen 20 SC	75	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	98.7 \pm 2.3	4.0 \pm 4.0			14 (>10 and <14)
Dithianon 66 WG + Acetamiprid-Diflubenzuron 5*14 WP + Deltamethrin 1 EC	75	58.7 \pm 32.1	4.0 \pm 4.0							3 (>1 and <3)
Dithianon 66 WG + Diflubenzuron-Etofenprox 7*8 SE + Spirodiclofen 36 WP	75	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	69.3 \pm 26.6	24.0 \pm 13.9	0.0 \pm 0.0			14 (>10 and <14)
Dithianon 66 WG + Triflumizole 30 WP + Cyfluthrin 5 WP	75	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	28 (>28)
Emamectin benzoate-Lufenuron 0.7*2.5 WG + Kresoxim-methyl 50 WG + Acetamiprid-Etofenprox 2.5*8 WP	75	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	34.7 \pm 36.3	6.7 \pm 2.3		21 (>14 and <21)
Imidacloprid-Methoxyfenozide 4*8 WP + Streptomycin 20 WP + Cypermethrin 5 EC	75	100 \pm 0.0	97.3 \pm 4.6	98.7 \pm 2.3	96.0 \pm 4.0	98.7 \pm 2.3	6.7 \pm 8.3			14 (>10 and <14)
Sulfoxaflor 7 WG + Streptomycin-Validamycin A 5*15 WP + Chlorantraniliprole 4 WP	75	6.7 \pm 2.3								1 (<1)
Difenoconazole 10 WP + AcephateImidacloprid 20*5 WP + ChlorantraniliproleIndoxacarb 3*4 WG	75	100 \pm 0.0	69.3 \pm 18.0	74.7 \pm 15.1	94.7 \pm 9.2	18.7 \pm 2.3				10 (>7 and <10)
Mancozeb 75 WP + Acetamiprid-Lufenuron 8*5 WP + Etofenprox 20 EC	75	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	97.3 \pm 2.3	56.0 \pm 48.5	28 (>28)
Mancozeb 75 WP + Acetamiprid-Buprofezin 4*15 EC + Pyridaben 20 WP	75	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	96.0 \pm 4.0	0.0 \pm 0.0	28 (>21 and <28)
Mancozeb 75 WP + Cypermethrin 5 EC + Imidacloprid 8 SC	75	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	98.7 \pm 2.3	93.3 \pm 11.5	28 (>28)
Mancozeb 75 WP + Hexaconazole 10 EC + Abamectin 1.8 EC	75	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	64.0 \pm 26.2	5.3 \pm 6.1				10 (>7 and <10)
Mancozeb 75 WP + Sulfoxaflor 7 WG + Acetamiprid 8 WP	75	100 \pm 0.0	98.7 \pm 2.3	98.7 \pm 2.3	50.7 \pm 42.8	93.3 \pm 8.3	2.7 \pm 2.3			14 (>10 and <14)
Mancozeb-Myclobutanil 65*2 WP + Chlorantraniliprole 4 WP + Flonicamid-Sulfoxaflor 5*5 WG	75	70.7 \pm 22.0	65.3 \pm 2.3	24.0 \pm 6.9	13.3 \pm 19.7	1.3 \pm 2.3				5 (>3 and <5)
Metconazole 20 SC + Abamectin 1.8 EC + Chlorantraniliprole-Indoxacarb 3*4 WG	75	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	100 \pm 0.0	1.3 \pm 2.3				10 (>10 and <14)
Metconazole 20 SC + Deltamethrin 1 EC + Bifenazate 23.5 SC	75	100 \pm 0.0	97.3 \pm 2.3	100 \pm 0.0	89.3 \pm 2.3	4.0 \pm 4.0				10 (>7 and <10)

Table 3. continued

Mixture orchard pesticide	Mortality and adversal effect (% mean ± SD)									RT ₂₅ (day)
	n	1 day	3 day	5 day	7 day	10 day	14 day	21 day	28 day	
Benomyl 50 WP + Imidacloprid·Methoxy-fenoziide 4*8 WP + Abamectin·Thiamethoxam 3.02*13.85 SC	75	100 ± 0.0	100 ± 0.0	100 ± 0.0	84.0 ± 4.0	62.7 ± 29.5	2.7 ± 2.3			14 (>10 and <14)
Benomyl 50 WP + Buprofezin·Thiamethoxam 20*3.3 SC + Imidacloprid 10 WP	75	100 ± 0.0	85.3 ± 6.1	86.7 ± 2.3	24.0 ± 14.4	1.3 ± 2.3				7 (>5 and <7)
Boscalid·Fludioxonil 23.5*5 SC + Fenitrothion 40 WP + Iprodione 50 WP + Benomyl 50 WP	75	100 ± 0.0	100 ± 0.0	100 ± 0.0	49.3 ± 34.9	0.0 ± 0.0				10 (>7 and <10)
Buprofezin·Dinotefuran 20*15 WP + Dithianon·Pyraclostrobin 24*8 SE	75	100 ± 0.0	100 ± 0.0	100 ± 0.0	64.0 ± 6.9	33.3 ± 57.7	1.3 ± 2.3			14 (>10 and <14)
Buprofezin·Dinotefuran 20*15 WP + Imidacloprid 8 SC + Tetraconazole 12.5 EW	75	100 ± 0.0	94.7 ± 4.6	8.0 ± 10.6						5 (>3 and <5)
Buprofezin·Thiamethoxam 20*3.3 SC + Cyproconazole 4.5 SL	75	40.0 ± 24.3	14.7 ± 6.1							3 (>1 and <3)
Acibenzolar-S-methyl·Dithianon 1.75*30 SC + Bifenazate·Spiromesifen 18*10 SC + Abamectin·Chlorantraniliprole 1.714*4.286 SC	75	98.7 ± 2.3	100 ± 0.0 ± 0.0	68.0 ± 24.3	26.7 ± 12.9	1.3 ± 2.3				10 (>7 and <10)
Acibenzolar-S-methyl·Dithianon 1.75*30 SC + Chlorantraniliprole 5 WG	75	41.3 ± 44.6	1.3 ± 2.3							3 (>1 and <3)
Acibenzolar-S-methyl·Dithianon 1.75*30 SC + Lambda-cyhalothrin·Thiamethoxam 1.4*6.7 SG	75	100 ± 0.0 ± 0.0	98.7 ± 2.3	100 ± 0.0 ± 0.0	74.7 ± 24.4	96.0 ± 6.9	64.0 ± 38.2	0.0 ± 0.0		21 (>14 and <21)
Chlorothalonil 75 WP + Imidacloprid 8 SC + Diflubenzuron·Etofenprox 7*8 SE	75	100 ± 0.0 ± 0.0	98.7 ± 2.3	100 ± 0.0 ± 0.0	92.0 ± 10.6	96.0 ± 4.0	8.0 ± 4.0			14 (>10 and <14)
Acibenzolar-S-methyl·Dithianon 1.75*30 SC + Bifenthrin 2 WP	75	100 ± 0.0 ± 0.0	100 ± 0.0 ± 0.0	100 ± 0.0 ± 0.0	100 ± 0.0 ± 0.0	92.0 ± 10.6	5.3 ± 9.2			14 (>10 and <14)
Acibenzolar-S-methyl·Dithianon 1.75*30 SC + Chlorantraniliprole 4 WP	75	24.0 ± 10.6	0.0 ± 0.0							1 (<1)
Acibenzolar-S-methyl·Mancozeb 1*48 WP + Chlorantraniliprole 4 WP + Imidacloprid 10 WP	75	93.3 ± 11.5	78.7 ± 2.3	64.0 ± 10.6	73.3 ± 42.8	41.3 ± 40.9	1.3 ± 2.3			14 (>10 and <14)
Carbendazim·Chlorothalonil 12*31 SC + Etofenprox 10 WP + Bifenazate 23.5 SC	75	100 ± 0.0 ± 0.0	100 ± 0.0 ± 0.0	100 ± 0.0 ± 0.0	100 ± 0.0 ± 0.0	100 ± 0.0 ± 0.0	76.0 ± 41.6	0.0 ± 0.0		21 (>14 and <21)
Tebuconazole·Trifloxystrobin 20*10 SC + Buprofezin·Imidacloprid 20+3 SC + Abamectin 1.8 EC	75	97.3 ± 4.6	88.0 ± 10.6	48.0 ± 44.0	5.3 ± 4.6					7 (>5 and <7)
Tebuconazole·Trifloxystrobin 20*10 SC + Chlorantraniliprole·Indoxacarb 3*4 WG + Etofenprox 10 WP	75	100 ± 0.0 ± 0.0	100 ± 0.0 ± 0.0	100 ± 0.0 ± 0.0	100 ± 0.0 ± 0.0	100 ± 0.0 ± 0.0	100 ± 0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0		21 (>14 and <21)

과수용 농약의 적용에 따른 과원의 품질 및 수확량에 대한 영향

과수원주변에 양봉농가가 있다면 서로 농약살포 정보를 교환하여 꿀벌에 피해가 가지 않도록 해야 할 것이다. 농약을 등록할 때 평가기준으로 보았을 때 꿀벌안전방사기간이 21일 이상인 경우에는 3단계로 야외시험으로 평가해서 위해성을 구체적으로 평가할 필요성이 있으므로 금후 꿀벌 반야외 시험 등으로 실제포장에서 꿀벌 전 생애에 대한 심층연구가 필요할 것으로 판단된다. 무치리군에서의 치사와 영향 받은 개체수의 비율은 2.7% 이하이었고(자료미제시), 20% 이상의 치사가 난 경우에는 오염이 되었다고 판단하여 재시험을 수행하였다.

감사의 글

본 연구는 국립농업과학원 기관고유 연구사업(과제번호: PJ010937)에 의해 수행되었습니다. 이에 감사드립니다

Literature Cited

- Ahn K. S., M. G. Oh and H. G. Ahn (2008) Evaluation of Toxicity of Pesticides against Honeybee (*Apis mellifera*) and Bumblebee (*Bombus terrestris*). The Korean Journal of Pesticide Science 12(4):382-390.
- Ahn K. S., C. Yoon, K. H. Kim, S. Y. Nam, M.G. Oh and G. H. Kim (2013) Evaluation of Acute and Residual Toxicity of Insecticides Registered on Strawberry against Honeybee (*Apis mellifera*). The Korean Journal of Pesticide Science 17(3):185-192.
- Bae C. H. (2014) Foliage residual toxicity to honeybee of systemic neonicotinoid insecticides with soil treatment and assessment of toxic effect using biomarkers. Department of Agricultural Chemistry, Graduate School, Chungnam National University.
- Kim B. S., Y. J. Yang, Y. K. Park, M. H. Jeong, A. S. You, K. H. Park and Y. J. Ahn (2009) Risk Assessment of Fipronil on Honeybee (*Apis mellifera*). The Korean Journal of Pesticide Science 13(1):39-44.
- Kim B. S., Y. K. Park, Y. H. Lee, M. H. Jeong, A. S. You, Y. J. Yang, J. B. Kim, O. K. Kwon and Y. J. Ahn (2008) Honeybee Acute and Residual Toxicity of Pesticides Registered for Strawberry. The Korean Journal of Pesticide Science 12(3):229-235.
- United States Environmental Protection Agency (2012) Ecological Effects Testguidelines. OCSPP 850.3030: Honeybee toxicity of residues on foliage.
- Ahn K. S., M. G. Oh and H. G. Ahn (2008) Evaluation of Toxicity of Pesticides against Honeybee (*Apis mellifera*) and Bumblebee (*Bombus terrestris*). The Korean Journal of

과수용 농약의 혼용에 따른 꿀벌의 위해성과 꿀벌안전방사기간

임정택 · 김용궁 · 박경훈* · 전경미 · 백민경 · 이 환 · 김점순 · 문병철 · 오진아¹ · 하현영¹ · 김재수²

농촌진흥청 국립농업과학원 농산물안전성부 화학물질안전과, ¹농자재평가과, ²전북대학교 농생물학과

요 약 본 연구는 과수 병해충을 방제하기 위하여 혼용하여 살포한 농약의 꿀벌에 대한 급성독성, 위해성과 안전방사기간을 평가하기 위하여 수행되었다. 국내 과수원 농가가 혼용하여 살포한 농약은 살균제 30, 살충제 61품목이었고 농약성분수는 59종이었다. 꿀벌독성이 11 µg/bee 이하인 독성이 높은 농약성분은 26종으로 모두 살충제였고, 아바멕틴이 반수치사약량이 0.0022 µg/bee으로 가장 독성이 높았으며, 살균제는 반수치사약량이 모두 11 µg/bee 이상으로 독성이 낮았다. 꿀벌 위해성이 있는 위해지수가 50이상인 품목은 20품목이었고 나머지는 50이하로서 위해성이 낮았다. 품목별 꿀벌안전방사기간은 디노테퓨란·에토펜프록스수화제가 23일로 가장 길었고 살충제가 2개이상 섞인 품목이 꿀벌안전방사기간이 더 길었다. 꿀벌에 대한 96 농약 혼용조합에 대한 엽상잔류독성은 꿀벌안전방사기간이 1, 3, 5, 7, 10, 14, 21, 28일 인 혼용조합이 각각 8, 8, 9, 16, 8, 18, 20, 9개로 조사되었다. 꿀벌안전방사기간이 21일 이상인 혼용조합은 꿀벌에 위해성이 높을 것으로 판단되므로 반야외시험 등 심층연구가 필요할 것으로 판단된다.

색인어 꿀벌, 농약, 급성독성, 꿀벌엽상잔류독성, 꿀벌안전방사기간