

딸기 시설 하우스 점박이응애에 대한 살비 효과 평가

Evaluation of Acaricidal Effect Against Two-spotted Spider Mite Collected from Strawberry in Greenhouse

권덕호*

D. H. Kwon*
국립한국농수산대학
채소학과¹
dhkwon1315@gmail.com

안윤균

Y. K. Ahn
국립한국농수산대학
채소학과¹
aykyun@korea.kr

홍규현

K. H. Hong
국립한국농수산대학
채소학과¹
hongkh@korea.kr

Abstract

In the strawberry cultivation areas and domestic farms, two-spotted spider mites are the most serious pests. It decreases the product yield due to the direct feeding of chlorophyll by the mites resulting in reduced photosynthetic ability of host plant. In this study, a simplified acaricidal effect evaluation system (SAEES) was employed to choose the effective acaricidal products among 10 items based on leaf-dipping bioassay methods. SAEES had the advantage of being able to screen four commercial products with three replications at the same time in the recommended concentration. The susceptible strains (SL_YS) showed a high mortality rate of about 90-100%, whereas the mortality of local strains was differed by each acaricides. It suggests that the acaricide responses of field populations might differ due to spray frequencies and acaricide product. An efficacy index (0.8-1.0) was determined based on the mortality of susceptible strain, which would allow the most effective commercial products to be selected by the range of this index. In summary, SAEES will enable the selection of effective commercial products and contribute to increasing control against *T. urticae* in strawberries.

Key words : *Tetranychus urticae*, Two-spotted spider mite, Acaricidal effect, Strawberry

*교신저자

¹ Korea National College of Agriculture and Fisheries, 1515, Kongwipatjwi-ro, Deokjin-gu, Jeollabuk-do, 54874, Korea

I. 서론

딸기 시설 재배지는 1988년부터 국내에 도입되었으며, 최근 5년 평균 재배 면적은 6,065ha로서 지역별 차지하는 재배 면적은 경남(2,394ha)에서 가장 높고, 그 다음으로 충남(1,412ha), 전남(776ha), 전북(639ha), 경북(375ha), 그리고 충북(119ha) 순서이다(국가통계포털, 2020)(Fig. 1). 2019년 자료를 기준으로 시설 딸기 10a 당 총수입은 22,000천원이며, 주요 시설채소 중에서 파프리카, 오이, 축성 토마토 다음으로 높고 수익율은 42.7%이다. 딸기 재배 기간 중 사용된 농약비는 421,375원으로 파프리카(957,307원), 시설가지(672,112원), 시설고추(429,680원), 반축성오이(441,668원) 다음으로 높고, 2012년 이후부터 지속적으로 증가 추세이다(Fig. 1).

딸기 주요 병충해로는 탄저병, 시들음병, 눈마름병, 점박이응애, 작은뿌리파리, 목화진딧물 그리고 총채벌레등이 존재하는 것으로 보고 되었다(남명현 등, 2015). 그 중에서도 점박이응애는 재

배지에서 주요 난방제 해충으로 알려져 있다. 점박이응애는 재배 초기에 육묘나 잡초에서 시설 내부로 유입된 이후, 시설 재배지 가온에 의해 겨울에도 밀도가 증가하는 특징이 있으며, 초기 밀도 억제에 실패하면 농약을 살포하더라도 전체적인 약제 방제 효과를 떨어뜨린다(김용현 등, 2001).

점박이응애는 세계적으로 딸기를 포함한 다양한 채소 작물에서 심각한 피해를 유발한다(Whalon et al., 2008). 점박이응애 성충의 크기는 0.4-0.5 mm로서, 알(egg), 유충(nymph), 정지약충(nymphochrysalis), 제1약충(protonymph), 제1정지약충(deutochrysalis), 제2약충(deutonymph), 제2정지약충(teleiochrysalis), 그리고 성충의 발육 단계를 지닌다(Helle and Sabelis, 1985). 딸기에서 점박이응애의 발육 기간은 품종마다 약간의 차이가 있지만, 암컷과 수컷의 전체 수명은 51-65일이며, 암컷 한마리당 산란수는 68-121개로 알려져 있다(Azadi Dana et al., 2018). 암컷 성충은 주로 잎 뒷면에서 흡즙하여 식물의 엽육조직에

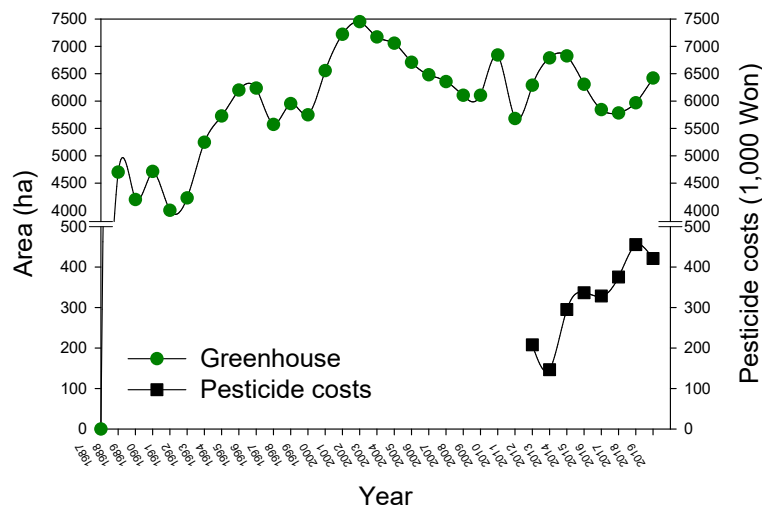


Fig. 1. Changes of strawberry cultivation area (ha) during 1988-2019 and pesticide costs (1,000 won) to control of *T. urticae* during 2012-2019.

있는 엽록체를 영양분으로 섭취하며, 피해가 심한 잎은 황화하여 작물의 생육에 영향을 주는데, 미국 캘리포니아의 겨울 딸기 재배지에서 점박이응애 발생은 딸기 생산량을 감소시킨다는 보고가 있다(Oatman et al., 1982).

점박이응애 방제는 주로 화학합성 농약에 주로 의존하였다. 현재까지 점박이응애 방제에 약 90여종 이상의 유효성분들이 개발되었지만, 대부분의 유효성분에 저항성 개체군이 존재하는 것으로 보고되었다(Croft and Van De Baan, 1988; Houck, 1994; Koh et al., 2009; Van Leeuwen et al., 2010). 특히 딸기 재배지 농약 저항성 보고 사례는 미국 캘리포니아(Bi et al., 2016), 씨프러스(Vassiliou and Kitsis, 2013), 중국(Wang et al., 2018), 터키(Yalçın et al., 2018)에서 보고되었다. 국내에서는 2000년과 2003년 거창, 고령, 공주, 논산, 담양, 밀양, 산청, 성주, 진주에서 채집한 집단을 대상으로 반수치사능도를 기반으로 한 저항성 모니터링 결과 Chlorfenapyr, Clofentezine, Fenazaquin, Fenpropathrin, Feproxymate, Flufenoxuron, Tebufenpyrad, Pyridaben 등의 원제성분에서 지역 집단이 저항성을 보이는 것으로 보고되었다(최병렬 등, 2005).

저항성 개체군의 발달을 지연시키고 방제 약제의 효과를 증대시키기 위해서는 신속한 약효 진단 기법 개발이 필요하다. 다양한 약제에 대한 점박이응애 약효를 관찰하기 위해 슬라이드침지법, 잔류접촉법, 엽침지법, 분무법등이 고안되어 적용된 바 있다(Dennehy et al., 1987; Dennehy et al., 1983; Koh et al., 2009; 이승찬 et al., 1986). 하지만 생물검정에 필요한 야외 개체 증식, 생물검정을 위한 전처리, 점박이응애 사충을 관찰을 위한 전문성 등 다양한 부분을 충족시키기 위해서는 막대한 시간과 노동력이 요구되어 신속한 약효 정보를 제공하는데 한계가 있다.

본 연구에서는 저항성 발달로 인해 농약 사용 부작용을 감소시키기 위해 엽침지법을 기반으로

간이 약효 평가 기법을 개발하였으며, 또한 딸기 재배지에서 점박이응애 채집 후 10종 약제에 대해 평가하여, 농가에 우수한 약제를 제공하고자 하였다.

II. 연구방법

1. 대상 해충 및 사육

연구에 사용한 표준 감수성 계통인 SL_YS는 2013년 서울 용산에서 채집하였으며, 채집 후 살비제 노출 없이 유지한 계통이다. 실험에 사용한 3종의 계통은 2020년 3월-4월 기간 동안 전북 정읍, 충북 청주, 강원 강릉에 위치한 시설 딸기 재배지에서 채집한 것으로 각각의 계통은 2020_JB_01, 2020_CJ_01, 그리고 2020_GW_01으로 명명하였다. 점박이응애 계통은 아크릴케이지(400×400×400mm) 내에서 계통 간 혼합을 막기 위해 독립적으로 유지되었다. 강낭콩을 먹이 식물로 정기적으로 공급하였으며, 온도 23-26℃, 습도 40-70% 그리고 18:6(L:D) 조건 하에서 사육하였다.

2. 약효 평가 대상 물질

점박이응애 약효 평가 물질은 친환경유기농자재 4종과 화학합성농약 살비제 6종을 선정하였다. 점박이응애 약효 평가용 농자재의 세부 작용기작, 품목명, 원재료의 특성, 추천농도 희석 배수 및 작용 기작은 Table 1과 같다.

3. 약효 검정

엽침지기법을 기반으로 한 간이 약효 검정법을 개발하여 상용화 제품의 약효를 평가하였다(Fig. 2).

Table 1. Product lists used in this study

Classification	Brand name	Code	원재료/Mode of action	Registration number/Compound name	Dilution rate
Organic mixtures	F-35 [®]	Test_01	Complex fertilizer	Gyeongnam habcheon 05-Ga-10804ho	2000
"	DoctorG [®]	Test_02	Complex fertilizer - <i>Sophora flavescens</i> , Neem, Tea	Chungbuk jeungpyeong 03-Ga-10804ho	800
"	Daeyu PlasmaNeem [®]	Test_03	Neex extracts (Azadiractin)	Gongsi-2-2-64	500
"	Allgreen [®]	Test_04	Complex fertilizer	16th-Ga-Miryangyoso -67ho	1000
Synthetic acaricides	Noblesse [®]	Test_05	25b	Pyflubumide	2000
"	Rampage [®]	Test_06	13	Chlorfenapyr	1481
"	Milveknock [®]	Test_07	6	Milbemectin	1000
"	Shock [®]	Test_08	25a	Cyenyprafen	2000
"	Cascade [®]	Test_09	15	Flufenoxuron	1000
"	CodeOne [®]	Test_10	20d+23	Bifenazate +Spiromesifen	2000

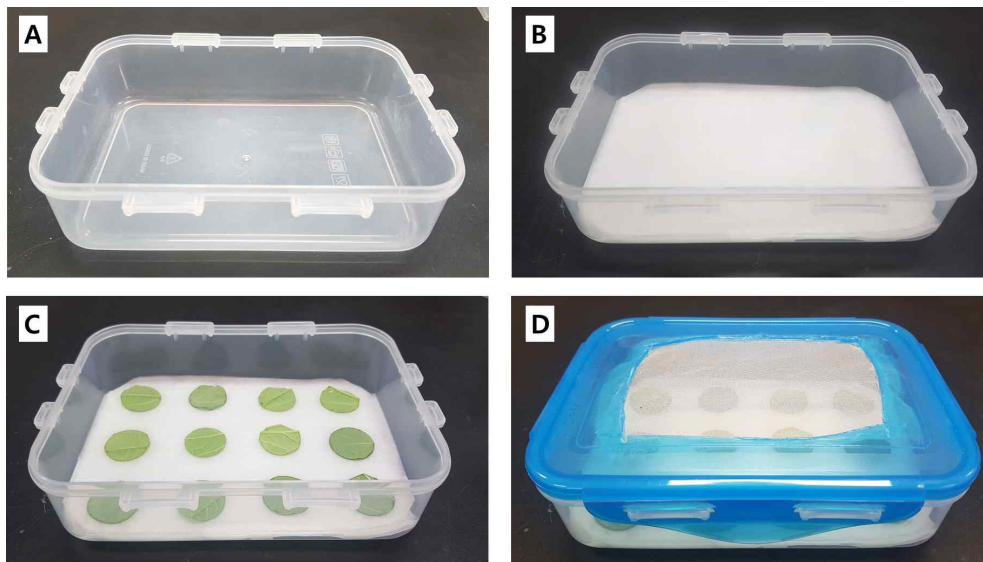


Fig. 2. Overview of the simplified acaricidal effect evaluation system. A, Empty evaluation tray; B, Evaluation tray with the water-soaked cotton and filter paper; C, Aligned leaf discs which was dipped with acaricides by recommended concentration; D, Evaluation tray with meshed cover

농자재 10종을 수돗물에 추천 배수로 희석한 후, 지름 2.5cm 강낭콩 엽절편을 추천농도로 희석된

용액에 약 10초 동안 침지하였다. 평가용 농자재 침지엽은 바로 흡후두에서 약 30분동안 음건하였

다. 약효 평가용 용기는 플라스틱 케이스(185×125×50mm, 다이소)를 개조하여 사용하였다. 뚜껑에 1200×100mm 자른 후 미세 매쉬 망으로 막아서 공기의 이동을 가능하게 하고, 해충의 침입 및 대상 실험충의 이탈을 막도록 하였다. 탈지면(170×115mm)을 용기 바닥에 깔 후 동일 크기의 거름종이를 올렸다. 그리고 수돗물 100mL을 넣은 후, 약제 침지엽을 150mm 간격을 두고 4×3형태로 배열하였다(Fig. 1C). 점박이응애 암컷 성충을 약제 침지엽 상에 평균 15마리 접종하였고, 접종 후 24, 48, 72, 96시간 마다 사충수를 현미경하에서 관찰하였다. 점박이응애 개체가 침지엽 가장 자리에 익사하거나 미세 붓의 자극에 충체 길이만큼 움직이지 못하면 사충으로 간주하였다. 각 약제당 3반복 실험을 수행하였으며, 약효 평가용 용기당 최대 4개의 약제에 대한 평가를 수행하였다. 각 약제 및 계통의 사충률의 통계 분석은 각 시간을 기준으로 SPSS 통계 분석 프로그램을 이용하여 일원배치분산분석을 수행하였으며, 사후 분석은 Tukey's HSD 분석을 적용하였다.

4. 약효 지수 산출 및 우수 약제 선발

각 농가 별 우수 약제를 선발하기 위해, 각 지역 계통의 시간대별 평균 사충률을 SL_YS에서 관찰된 값으로 나누었다. 해당 값이 1.0 값에 가까울수록 약효가 높은 약제이며, 0 값에 가까울수록 약효가 낮은 것으로 간주할 수 있다. 약효 지수 값이 0.8-1.0에 해당하는 약제를 해당 노출 시간의 우수 약제로 선정하였다.

5. 약제가 점박이응애의 일평균산란율에 미치는 영향 평가

점박이응애가 약제에 노출한 후 120시간에 생존하고 있는 성충을 모두 제거하고 암컷 성충의 산란수를 계수하였다. 약제에 노출된 점박이응애

의 산란수는 접종 마릿수와 누적관찰일자(5일)로 값으로 나누어 암컷 한마리당 일평균산란율을 산출하였다. 또한 무처리 일평균산란율을 기준으로 각 계통의 산란율을 백분율로 전환하여 약제가 산란율에 미치는 영향을 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 간이 약효 검정법의 무처리 사충률

간이 약효 검정법의 무처리 사충률을 2020_JB_01, 2020_CJ_01, 그리고 2020_GW_01계통 암컷 성충을 이용하여 조사하였다. 점박이응애 자연 사충률은 1일차 1.6±1.4%, 2일차 6.7±3.1%, 3일차 12.1±1.9% 그리고 4일차 18.1±5.4%로서 시간이 지남에 따라 사충률이 통계적으로 유의하게 증가하는 특징을 보였다($P < 0.001$)(Fig. 3).

3일 동안 무처리 사충률이 1.6-12.1% 이내인 것으로 확인되어, 약효 평가용으로 적합한 것으로 나타났다. 다만, 4일차 결과를 해석하는 데는 사충률이 약 18%를 나타내므로 결과 해석시 주의가 요구된다. 점박이응애의 사충률 증가는 먹이 부족, 과밀도, 그리고 실험 접종 계통의 불일정한 나이 등에 의해 발생할 수 있다.

2. 지역 계통의 약효 평가 결과

간이 약효 검정법을 이용하여 딸기 시설 재배지에서 채집한 점박이응애 3개 계통(2020_JB_01, 2020_CJ_01, 그리고 2020_GW_01계통)과 감수성 계통(SL_YS)을 대상으로 약효 평가를 수행하였다(Table 2). SL_YS계통은 2종의 약제(Test_04와 Test_09)를 제외하고 2일차부터 평균 100%의 매우 높은 사충률을 보였다. 전북 정읍에서 채집한 2020_JB_01 계통은 Test_02, Test_03 그리고 Test_10 약제에서 90% 이상 사충률을 보였다.

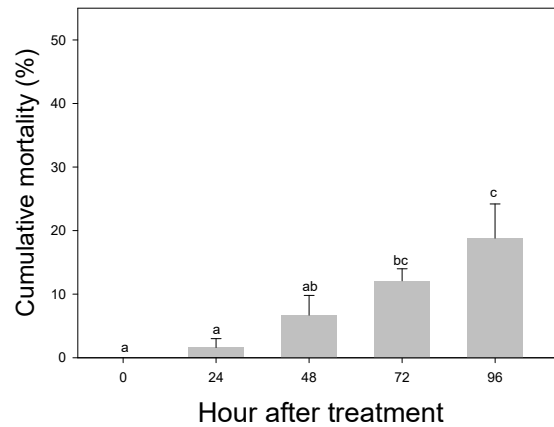


Fig. 3. Fluctuation of *T. urticae* mortality by water treatment in simplified acaricidal effect evaluation system for 96 hours

충북 청주에서 채집한 2020_CB_01 계통은 Test_03, Test_10에서 90% 이상 사충률이 나타났다. 강원 강릉에서 채집한 2020_GW_01 계통은 Test_01, Test_02, Test_03, Test_06, Test_10에서 약 90% 이상의 사충률을 보였다. 이러한 결과는 각 지역의 계통 마다 농약에 대한 사충률이 다를 수 있음을 의미한다. 또한 공통적으로 3개 계통 모두 Test_05 약제에 대해서는 매우 낮은 사충률을 보였다.

본 연구에서는 계통마다 약제 종류 별 살충 반응이 다르게 나타났는데, 근본적인 이유는 지역 농가 별 살포 농약의 종류와 사용 횟수가 다르기 때문이다. SL_YS 계통은 대부분의 약제에 효과가 높았는데, 채집 후 농약에 대해서 노출된 이력이 없기 때문이다. 2020_GW_01 계통은 5종의 약제에 높은 효과를 나타내 보였는데, 해당 농가에 방제 방법 문의 결과 난항유를 주로 활용하는 친환경 딸기 재배 농가였다. 즉, 친환경농자재나 화학합성농약을 사용하는 빈도가 낮기 때문에 해당 농약에 대한 약효가 높아진 것으로 사료된다. 2020_CB_01 계통과 2020_JB_01 계통은 화학합성농약과 친환경유기농자재를 동시에 사용하는 관행 농가였는데, 이미 일부 약제에 적응이 되어

있어서 약효가 낮아진 것으로 사료된다.

간이 약효 검정은 한 개의 평가용 용기에서 최대 4개의 약제에 대한 3반복 실험을 수행할 수 있다. 또한 추천 농도를 적용하여 약효를 평가하기 때문에 농가에서 사용하는 약제의 효과를 사전에 평가하여 약제 선택을 위한 근거 자료를 제시하는데 유용할 것으로 판단된다. 기존의 생물검정법은 주로 점박이응애의 반수치사농도를 측정하기 위해 사용한 방법으로서 약제당 여러 개의 농도를 처리해야 하고, 실험자의 정밀성이 요구된다. 그러나 본 실험은 단일 농도가 사용되고, 사전 처리에 고도의 정밀성이 요구되지 않으므로 단 시간에 후보 약제의 효과를 평가하는데 기여할 수 있을 것이다. 향후 학생 및 일반 농민을 대상으로 교육을 통해 현장 농민의 활용성 여부를 측정하고자 한다.

3. 약효 지수 산출 및 우수 약제 선발

간이 약효 검정법을 토대로 산출한 각 계통의 사충률을 토대로 약효 지수를 산출하였다. 약제 감수성 계통인 SL_YS 계통의 사충률을 기준으로 각 지역 계통의 해당 약제에 대한 사충률을 나누

Table 2. Mortality of several strains at the recommended concentration by the simplified acaricidal effect evaluation system

Code	¹ HAT	Mortality of <i>T. urticae</i> strains (%)				³ P-value
		SL_YS	2020_JB_01	2020_CB_01	2020_GW_01	
Test_01	24h	100±0 (53) ² b	51±14a (51) a	53±27 (55) a	88±6 (48) ab	**
	48h	100±0 (53) c	32±17 (51) a	57±10 (55) b	79±7 (48) bc	***
	72h	100±0 (53) c	34±13 (51) a	71±6 (55) b	79±7 (48) b	***
	96h	100±0 (53) b	58±15 (51) a	67±6 (55) a	90±4 (48) b	**
Test_02	24h	100±0 (57) a	95±18 (53) a	75±11 (45) a	100±0 (40) a	ns
	48h	100±0 (57) b	94±6 (53) b	56±11 (45) a	100±0 (40) b	***
	72h	100±0 (57) b	85±7 (53) b	60±9 (45) a	100±0 (40) b	***
	96h	100±0 (57) b	94±10 (53) b	71±8 (45) a	100±0 (40) b	**
Test_03	24h	100±0 (48) b	50±34 (48) a	92±7 (53) b	20±11 (44) a	**
	48h	100±0 (48) c	49±15 (48) a	85±2 (53) bc	60±19 (44) ab	**
	72h	100±0 (48) b	81±9 (48) a	100±0 (53) b	80±4 (44) a	**
	96h	100±0 (48) b	92±3 (48) a	100±0 (53) b	89±3 (44) a	**
Test_04	24h	73±15 (56) b	16±14 (39) a	17±1 (41) a	33±36 (43) ab	**
	48h	73±15 (56) a	38±17 (39) a	48±25 (41) a	33±8 (43) a	ns
	72h	80±14 (56) a	47±12 (39) a	62±13 (41) a	60±23 (43) a	ns
	96h	85±9 (56) a	82±2 (39) a	68±12 (41) a	64±18 (43) a	ns
Test_05	24h	98±3 (52) c	6±6 (45) ab	0±0 (43) a	14±7 (45) b	***
	48h	100±0 (52) a	4±7 (45) b	11±7 (43) b	9±8 (45) b	***
	72h	100±0 (52) b	29±15 (45) a	32±16 (43) a	46±18 (45) a	**
	96h	100±0 (52) b	38±10 (45) a	46±9 (43) a	44±16 (45) a	***
Test_06	24h	98±3 (48) c	6±5 (37) a	32±10 (47) b	30±6 (46) b	***
	48h	100±0 (48) c	11±5 (37) a	71±19 (47) b	69±8 (46) b	***
	72h	100±0 (48) b	54±26 (37) a	87±5 (47) b	87±7 (46) b	**
	96h	100±0 (48) a	81±13 (37) a	90±4 (47) a	89±14 (46) a	ns
Test_07	24h	100±0 (54) a	77±62 (29) a	19±13 (24) a	48±45 (38) a	ns
	48h	100±0 (54) b	24±3 (29) a	28±20 (24) a	35±9 (38) a	***
	72h	100±0 (54) b	48±6 (29) a	45±19 (24) a	52±4 (38) a	**
	96h	100±0 (54) b	65±9 (29) ab	50±26 (24) a	79±15 (38) ab	**
Test_08	24h	100±0 (53) b	5±4 (42) a	2±3 (49) a	16±11 (41) a	***
	48h	100±0 (53) b	19±10 (42) a	4±7 (49) a	16±11 (41) a	***
	72h	100±0 (53) c	30±16 (42) ab	18±12 (49) a	49±9 (41) b	***
	96h	100±0 (53) c	43±9 (42) ab	16±15 (49) a	49±19 (41) b	***
Test_09	24h	7±8 (47) ab	2±4 (45) a	23±9 (39) b	11±10 (44) ab	ns
	48h	18±9 (47) a	20±14 (45) a	59±4 (39) b	24±16 (44) a	**
	72h	25±9 (47) a	66±16 (45) b	53±9 (39) ab	38±14 (44) ab	**
	96h	51±2 (47) ab	74±11 (45) b	60±13 (39) b	36±9 (44) a	**
Test_10	24h	100±0 (55) a	100±28 (42) a	100±0 (45) a	67±30 (47) a	ns
	48h	100±0 (55) a	98±3 (42) a	100±0 (45) a	90±9 (47) a	ns
	72h	100±0 (55) b	100±0 (42) b	100±0 (45) b	89±3 (47) a	***
	96h	100±7 (55) a	97±4 (42) a	100±0 (45) a	96±4 (47) a	ns

¹HAT: hour after treatment.

²Small alphabetical character represent the confidence interval in 95% determined by Tukey's HSD test.

³P value index: ***, less than 0.001; **, 0.001-0.05; ns, p > 0.05

말기 시설 하우스 점박이응애에 대한 살비 효과 평가
권덕호, 안을근, 홍규현

Table 3. Acaricide effective index of several strains. Over 0.9 value of effect index was shown as bold characters

Code	HAT	Relative acaricide effective index			
		SL-YS	2020_JB_01	2020_CB_01	2020_GW_01
Test_01	24h	1.00	0.51	0.53	0.88
	48h	1.00	0.32	0.57	0.79
	72h	1.00	0.34	0.71	0.79
	96h	1.00	0.58	0.67	0.90
Test_02	24h	1.00	0.95	0.75	1.00
	48h	1.00	0.94	0.56	1.00
	72h	1.00	0.85	0.60	1.00
	96h	1.00	0.94	0.71	1.00
Test_03	24h	1.00	0.50	0.92	0.20
	48h	1.00	0.49	0.85	0.60
	72h	1.00	0.81	1.00	0.80
	96h	1.00	0.92	1.00	0.89
Test_04	24h	1.00	nd	nd	nd
	48h	1.00	nd	nd	nd
	72h	1.00	nd	nd	nd
	96h	1.00	nd	nd	nd
Test_05	24h	1.00	0.07	0.00	0.14
	48h	1.00	0.04	0.11	0.09
	72h	1.00	0.29	0.32	0.46
	96h	1.00	0.38	0.46	0.44
Test_06	24h	1.00	0.06	0.33	0.31
	48h	1.00	0.11	0.71	0.69
	72h	1.00	0.54	0.87	0.87
	96h	1.00	0.81	0.90	0.89
Test_07	24h	1.00	0.77	0.19	0.48
	48h	1.00	0.24	0.28	0.35
	72h	1.00	0.48	0.45	0.52
	96h	1.00	0.65	0.50	0.79
Test_08	24h	1.00	0.05	0.02	0.16
	48h	1.00	0.19	0.04	0.16
	72h	1.00	0.30	0.18	0.49
	96h	1.00	0.43	0.16	0.49
Test_09	24h	1.00	nd	nd	nd
	48h	1.00	nd	nd	nd
	72h	1.00	nd	nd	nd
	96h	1.00	nd	nd	nd
Test_10	24h	1.00	1.01	1.00	0.67
	48h	1.00	0.98	1.00	0.90
	72h	1.00	1.00	1.00	0.89
	96h	1.00	0.94	0.96	0.92

었다. 값이 1에 가까울수록 우수 약제에 가깝고 0에 가까울수록 약효가 낮은 것으로 구분할 수 있다. 본 연구에서는 4일차 결과에서 약효 지수가

0.8-1.0 구간에 존재하면 우수 약제로 구분하였다(Table 3). 그 결과 2020_JB_01 계통에 대한 우수 약제는 Test_02, Test_03 그리고 Test_10

이 선정되었다. 2020_CB_01 계통에 대해서는 Test_03과 Test_04가 선정되었다. 2020_GW_01 계통에서는 Test_01, Test_02, Test_03, Test_06 그리고 Test_10을 선정되었다.

감수성 계통을 기준으로 한 약효 지수는 우선적으로 대상 약제의 효과가 있는지 여부를 쉽게 확인할 수 있다. 본 연구에서는 Test_04와 Test_09는 기준 계통에서 낮은 약효를 보였으므로 후보 약제에 포함하지 않았다. 대상 약제는 성충의 접촉 독에 효과를 나타내지 않았을 뿐 해당 제품이 효과가 없다는 의미가 아니다. 살비제 중 생장 및 발육조절제의 경우 살충 효과가 느리게 나타나는 경우가 있으므로 알과 약충에 대한 약효 평가 후 적합성 여부를 결정해야 할 것이다.

본 연구에서는 약효 지수가 0.8-1.0에 해당하면 우수 약제로 선정하였다. 향후 농가 실증 실험

및 재배지 방제 실험을 통해서 적합성 지수 범위를 정해야 할 것이다.

4. 약제가 산란수에 미치는 영향

특정 약제가 점박이응애 성충에 약효가 있음에도 불구하고, 치사 전에 산란하여 자식을 남기게 되면 방제 효과가 낮아지게 된다. 개별 약제가 각 계통의 일평균산란율에 미치는 영향을 살펴보았다(Table 4). 먼저 대조구 점박이응애의 5일 평균 산란수는 214±16.7개로서 이를 암컷 한 마리당 일일 산란수로 계산하면 3.2±0.2개이다. 이를 기준으로 실험 약제가 각 계통의 산란율에 미치는 영향을 평가하였다. 먼저 약제가 SL_YS 감수성 계통에 미치는 산란율을 평가한 결과, Test_09약제를 제외하고 9종의 약제가 0-14% 범위의 산란을

Table 4. Egg mortality rate against *T. urticae*

Code	Egg/Female/Day (Percent of egg layering)				P-value
	SL_YS	2020_JB_01	2020_CB_01	2020_GW_01	
Test_01	0.023±0.003 (0.7%) a*	0.14±0.07 (4.4%) ab	0.322±0.158 (10.1%) b	0.141±0.071 (4.4%) ab	0.028
Test_02	0.01±0.01 (0.3%) a	0.042±0.036 (1.3%) a	0.187±0.058 (5.8%) b	0.017±0.024 (0.5%) a	0.003
Test_03	0.027±0.038 (0.8%) a	0.225±0.024 (7%) b	0.023±0.029 (0.7%) a	0.4±0.105 (12.5%) c	<0.001
Test_04	0.388±0.193 (12.1%) a	0.358±0.207 (11.2%) a	0.776±0.511 (24.3%) a	1.092±0.396 (34.1%) a	0.099
Test_05	0.447±0.205 (14%) a	2.074±0.574 (64.8%) c	1.425±0.104 (44.5%) bc	1.063±0.348 (33.2%) ab	0.003
Test_06	0.189±0.178 (5.9%) a	1.222±0.308 (38.2%) c	0.714±0.171 (22.3%) b	0.494±0.117 (15.4%) ab	0.002
Test_07	0 (0%) a	0.057±0.048 (1.8%) a	0.075±0.13 (2.3%) a	0.035±0.014 (1.1%) a	0.607
Test_08	0.255±0.05 (8%) a	2.202±0.398 (68.8%) b	2.256±0.409 (70.5%) b	1.648±0.271 (51.5%) b	<0.001
Test_09	3.324±0.366 (103.9%) c	0.885±0.3 (27.7%) b	1.41±0.629 (44.1%) ab	2.052±0.113 (64.1%) a	<0.001
Test_10	0.07±0.052 (2.2%) a	0.317±0.074 (9.9%) a	0.338±0.13 (10.6%) a	0.544±0.441 (17%) a	0.184

* Small alphabetical character represent the confidence interval in 95% determined by Tukey's HSD test.

가능하게 하였다. 즉, 암컷 성충이 약제에 의해 100% 사충률을 나타내 보임에도 불구하고, 산란을 가능하게 하는 약제가 존재함을 의미한다. 2020_JB_01 계통은 1.3%~68.8%의 산란율을 보였는데, Test_05, Test_06, 그리고 Test_08에서 38%~69% 이상의 산란율을 나타내 보였다. 2020_CB_01 계통은 0.7%~70.5%의 산란율을 보였으며, Test_05, Test_08, 그리고 Test_09 약제에서 30%이상의 산란율을 보였다. 2020_GW_01 계통은 0.5%~64.1%의 산란율을 보였으며, Test_04, Test_05, Test_08, 그리고 Test_09에서 30% 이상의 사충률을 보였다. Test_07 약제는 산란억제능력도 있는 것으로 확인되었다.

딸기 재배지에서 성충의 산란력을 억제하는 약제 선발은 중요하다. 비록 성충에 대한 살충력이 높더라도 산란력을 억제할 수 없다면, 방제효과가 낮아질 수 있다. 본 연구에서는 Test_07 약제에서 산란 억제력이 발견되었다. 향후 약제 살포시 해당 약제의 혼용은 점박이응애의 산란억제력을 유도하여 방제 효과를 증대시키는 데 도움이 될 것으로 사료된다.

IV. 적요

딸기 재배지에서 점박이응애는 엽록소를 직접적으로 흡수하여 생산량을 낮추는 주요 난방제 해충이다. 본 연구에서는 간이 약효 검정법을 개발하여 친환경유기농자재와 화학합성살비제가 포함된 10종의 약효를 평가하였다. 해당 기법은 4개의 약제를 3반복으로 실험할 수 있는 장점이 있어 시료 전처리 시간을 단축시킬 수 있다. 감수성 계통(SL_YS)을 포함한 전북 정읍(2020_JB_01), 충북 청주(2020_CB_01), 강원 고성(2020_GW_01)에서 채집한 지역 계통을 대상으로 약효를 평가한 결과 감수성 계통은 약 90~100% 사충률을 보인 반면에 지역 계통은 약제별로 상이하게 나타났다. 우수 약제를 선발하기 위해 약효 지수를 감

수성 계통을 기준으로 산출하였다. 2020_JB_01 계통에 대한 우수 약제는 Test_02, Test_03 그리고 Test_10 약제가 선정되었다. 2020_CB_01 계통에 대해서는 Test_03과 Test_04가 선정되었다. 2020_GW_01 계통에서는 Test_01, Test_02, Test_03, Test_06 그리고 Test_10이 선정되었다. 계통 별 약제 반응이 다른 이유는 농가별 사용 약제와 살포 횟수가 다르기 때문인 것으로 사료된다. 약효 간이 검정법은 우수 약제 선별을 가능하게 하여 딸기 재배지 점박이응애 방제 효율을 증대시킬 것으로 기대된다.

V. 참고문헌

1. 국가통계포털. 2020.
<http://kosis.kr/index/index.do>
2. 김용현, 김정환, 박상구. (2001). 비닐하우스 재배 딸기에서 점박이응애의 발생. 한국곤충학회지. 31: 139-142.
3. 이승찬, 김운영, 김상수. (1986). 점박이응애의 약제저항성(藥劑抵抗性) 수준결정방법(水準決定方法) 비교(比較) 와 Benzomate, Cyhexatin 및 Dicofol 저항성(抵抗性) 조사(調査) 연구(研究). 한국식물보호학회지. 25: 133-138.
4. 최병렬, 박형만, 유재기, 김선곤, 백채훈, 이시우. (2005). 시설 재배 작물 주요 해충에 대한 약제저항성 모니터링. 농약과학회지. 9: 380-390.
5. 남명현, 김태일, 김현숙, 이이하, 이희철, 장원석. (2015). 쉽게 알아보는 딸기 병해충(제3판). 농촌진흥청 딸기수출연구사업단, 충남농업기술원 과채연구소 논산딸기시험장
6. Azadi Dana, E., Sadeghi, A., Güncan, A., Khanjani, M., Babolhavaeji, H., Maroufpoor, M. (2018). Demographic comparison of the *Tetranychus urticae* Koch. (Acari: Tetranychidae) reared on different cultivars

- of strawberry. *Journal of Economic Entomology*. 111: 2927-2935.
7. Bi, J.L., Niu, Z.M., Yu, L., Toscano, N.C. (2016). Resistance status of the carmine spider mite, *Tetranychus cinnabarinus* and the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* to selected acaricides on strawberries. *Insect Science*. 23: 88-93.
 8. Croft, B.A., Van De Baan, H.E. (1988). Ecological and genetic factors influencing evolution of pesticide resistance in *tetranychid* and *phytoseiid* mites. *Experimental Applied Acarology*. 4: 277-300.
 9. Dennehy, T., Grafton-Cardwell, E., Granett, J., Barbour, K. (1987). Practitioner-assessable bioassay for detection of dicofol resistance in spider mites (Acari: Tetranychidae). *Journal of Economic Entomology*. 80: 998-1003.
 10. Dennehy, T.J., Granett, J., Leigh, T.F. (1983). Relevance of slide-dip and residual bioassay comparisons to detection of resistance in spider mites. *Journal of Economic Entomology*. 76: 1225-1230.
 11. Helle, W., Sabelis, M. W. (1985). Spider mites: their biology, natural enemies and control.
 12. Houck, M. A., 1994. Mites: An ecological and evolutionary analyses of life history patterns. Chapman & Hall, New York, NY.
 13. Koh, S. H., Ahn, J., Im, J. S., Jung, C., Lee, S. H., Lee, J. H. (2009). Monitoring of acaricide resistance of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) from Korean apple orchards. *Journal of Asia-Pacific Entomology*. 12: 15-21.
 14. Oatman, E., Sances, F., LaPré, L., Toscano, N., Voth, V. (1982). Effects of different infestation levels of the two-spotted spider mite on strawberry yield in winter plantings in southern California. *Journal of Economic Entomology*. 75: 94-96.
 15. Van Leeuwen, T., Vontas, J., Tsagkarakou, A., Dermauw, W., Tirry, L. (2010). Acaricide resistance mechanisms in the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* and other important Acari: A review. *Insect Biochemistry and Molecular Biology* 40: 563-572.
 16. Vassiliou, V.A., Kitsis, P. (2013). Acaricide resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) populations from Cyprus. *Journal of Economic Entomology*. 106: 1848-1854.
 17. Wang, Z., Cang, T., Wu, S., Wang, X., Qi, P., Wang, X., Zhao, X. (2018). Screening for suitable chemical acaricides against two-spotted spider mites, *Tetranychus urticae*, on greenhouse strawberries in China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 163: 63-68.
 18. Whalon, M. E., Mota-Sanchez, R. M., Hollingworth, R.M., Duynslager, L., 2008. Arthropods Resistant to Pesticides Database (ARPD).
 19. Yalçın, K., Döker, İ., Kazak, C. (2018). Acaricide resistance in *Tetranychus urticae* red form (Acari: Tetranychidae) collected from strawberry in southern Turkey: Bioassay and biochemical studies. *Systematic and Applied Acarology*. 23: 2279-2287.

딸기 시설 하우스 점박이응애에 대한 살비 효과 평가
권덕호, 안율균, 홍규현

논문접수일 : 2020년 11월 6일
논문수정일 : 2020년 12월 7일
게재확정일 : 2020년 12월 10일