

11종의 살비제를 이용한 5개지역 닭진드기의 감수성 평가

이승주 · 윤종웅¹ · 박근호 · 김현경 · 김길하*충북대학교 식물의학과, ¹(주)비오지노키

Evaluation of Susceptibility of Red Poultry Mite, *Dermanyssus gallinae* (Acari: Dermanyssidae) in Five Regions to 11 Acaricides

Seung Ju Lee, Jong Ung Yoon¹, Geun Ho Park, Hyun Kyung Kim and Gil-Hah Kim*

Department of Plant Medicine, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Korea

¹Biogenoci Co., Ltd., Seoho-ro 89, Gwonseon-gu, Suwon 16614, Korea

ABSTRACT: The susceptibility of *Dermanyssus gallinae* adults, collected from poultry farms in 5 regions, to 11 acaricides was investigated. When bifenthrin and formic acid with pyridaben were diluted 100 times, bifenthrin showed 100% acaricidal activity; however, formic acid with pyridaben showed less than 20% acaricidal activity for poultry farms in 3 regions (Gyeongju, Chilgok, and Geumsan) except Yeoncheon and Anseong. The carbamate compound, carbaryl showed 100% acaricidal activity in most of the regions, except Gyeongju. A phosphorus compound, dichlorvos showed 100% activity in most of the regions, yet 66.7% acaricidal activity in Yeoncheon. The susceptibility of *D. gallinae* from poultry farms in Yeoncheon and Anseong to most acaricides was high; however, in the other farms, the susceptibility of *D. gallinae* varied depending on the acaricide. Clothianidin, thiamethoxam, fenitrothion, and formic acid with pyridaben showed differences in acaricidal activity among regions. Therefore, farmers should concentrate during the selection of these acaricides. However, carbaryl, cartap hydrochloride, dichlorvos, and bifenthrin showed high activity against *D. gallinae* collected from poultry farms in five regions. Therefore, these acaricides could be used in most of these regions. To control *D. gallinae* effectively, the alternation of acaricides is necessary, and indiscriminate pesticide use should be avoided. Therefore, this study can serve as a basis for controlling *D. gallinae*.

Key words: *Dermanyssus gallinae*, Acaricide, Acaricidal activity, Susceptibility

초록: 5개 지역 양계장에서 채집한 닭진드기(*Dermanyssus gallinae*) 성충에 대한 11종 살비제의 감수성을 조사하였다. Bifenthrin과 formic acid + pyridaben은 100배의 희석배수로 처리한 결과, bifenthrin은 5가지 지역에서 모두 100%의 살비율을 보였으나 formic acid + pyridaben 합제는 연천과 안성을 제외한 나머지 3지역(경주, 칠곡, 금산)에서 20% 이하의 낮은 살비율을 보였다. 카바메이트계 약제인 carbaryl은 경주(45.0%)를 제외한 4지역에서 100%의 살비효과를 보였다. 유기인계 약제인 dichlorvos는 연천을 제외한 4지역 모두 100%의 살비효과를 보였지만 연천은 66.7%의 살비율을 보였다. 연천과 안성지역의 양계장이 살비제에 대한 감수성이 높게 나타났으나 다른 3지역(경주, 칠곡, 금산)의 경우에는 약제에 따라 활성의 차이를 보였다. Clothianidin, thiamethoxam, fenitrothion, formic acid + pyridaben은 지역에 따라 살비활성의 효과에 차이를 보여 사용 시 주의를 기울여야 할 것이나, carbaryl과 cartap hydrochloride, dichlorvos, bifenthrin은 실험에 사용된 모든 지역에서 활성이 높아 모든 지역에서 사용가능할 것으로 생각된다. 양계장별 살비제 활성이 차이를 보이는바 효과적인 닭진드기의 방제를 위해서는 살비제의 활성평가와 더불어 약제의 교호살포와 무분별한 사용을 지양해야할 것으로 보이며 본 연구가 닭진드기 방제를 위한 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

검색어: 닭진드기, 살비제, 살비활성, 감수성

*Corresponding author: khkim@chungbuk.ac.kr

Received November 16 2017; Revised November 23 2017

Accepted November 28 2017

닭진드기(poultry red mite, *Dermanyssus gallinae*)는 가금류에 기생하여 흡혈하는 외부 기생충으로써 전 세계적으로 분포하며 뉴캐슬바이러스(Newcastle disease virus), 추백리(*Salmonella pullorum*), 가금티푸스(*Salmonella gallinarum*), 가금스피로헤타증(*Avian spirochetes*) 그리고 콜레라(*Pasteurella multocida*) 등을 매개하는 해충이다(Lancaster and Meisch, 1986; Axtell and Arends, 1990; Durden, 1993; Moro et al., 2009). 또한 흡혈로 인한 빈혈, 알의 생산량 감소 및 품질을 감소시켜 경제적 손실을 야기하기도 한다(Emous et al., 2005). 닭진드기는 가금류 뿐 아니라 사람을 비롯한 포유동물을 흡혈하기도 하여 작업자에게 가려움증, 피부염 등을 야기하는데, 일본에서는 작업자들의 습진 및 알레르기 반응을 유발하여 위생학적으로도 문제가 되었다(Chauve, 1998; Murano et al., 2008). 닭진드기는 늦은 밤에 30분에서 1시간 30분 정도로 극히 짧은 시간동안 흡혈하고 나머지 시간에는 계사의 틈이나 계란운반용 벨트, 케이지 등에 숨어 있어서 방제하기가 매우 까다로우며, 흡혈하지 않고도 4~5개월 동안 생존이 가능하기 때문에 재발생 확률이 매우 높다(Chauve, 1998).

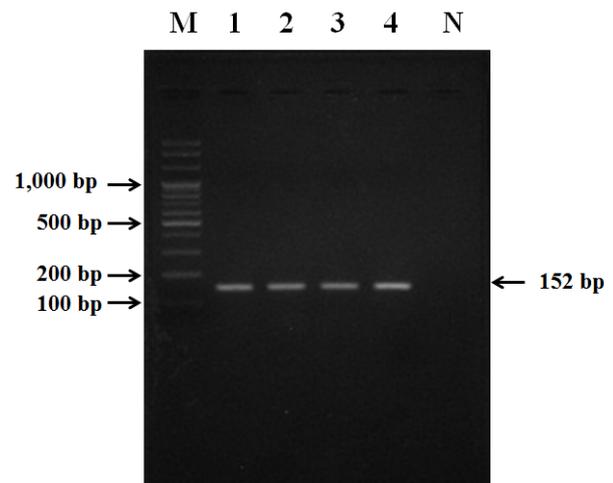
닭진드기는 주로 카바메이트계, 유기인계, 피레스로이드계 등의 화학적 방제에 의존해 왔으나 무분별하고 반복적인 살비제의 사용으로 저항성 계통이 출현하는 문제가 발생하고 있다(Beugnet et al., 1997; Genchi et al., 1984; Nordenfors et al., 2001; Zeman, 1987). 2015년 일본의 양계농가에서 fenitrothion, permethrin, carbaryl 등 유기인계, 피레스로이드계, 카바메이트계 약제에 대한 저항성이 보고되었고, 스웨덴에서는 permethrin에 대한 저항성이 발현되었다는 보고가 있다(Nordenfors et al., 2001; Murano et al., 2015). 또한 이러한 살비제의 무분별한 사용은 저항성 발현 뿐만 아니라 닭과 계란에까지 영향을 미치게 되어 잔류 등의 더 많은 문제가 야기되고 있다(Aulakh et al., 2006). 2012년 이탈리아에서 닭에 대한 농약 잔류검사를 시행한 결과 45개 농장 중 37개의 농장에서 금지 약제인 carbaryl이 검출되었으며 1개의 농장에서는 등록되지 않은 약제인 permethrin이 검출되었고, 국내에서도 이와 같은 미등록된 약제에 대한 잔류가 확인되어 문제가 되고 있다(Maranghi et al., 2012; Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs 2017). 이것은 미등록 약제가 불법적으로 유통되고 있다는 것이며 무분별한 살포로 인한 인체 위험성을 내포하고 있다(Sarwar, 2015). 그러나 국내에는 닭진드기의 약제 감수성과 저항성 발달수준에 관한 연구 사례가 보고된 적이 없고 닭진드기에 대한 등록약제가 12종이나 이들의 유효성분은 cypermethrin, chlorpyrifos + chlorfenapyr, profoxur, carbendazim, bifenthrin, formic acid + pyridaben 등 6종으로 매우 단순하다. 그럼에도 불구하고 아

직까지 국내에서는 닭진드기에 대한 식물 유래 정유에 대한 연구와 식물 추출물을 이용한 살비활성 연구만이 진행되었고 살비제에 대한 저항성 모니터링은 수행된 적이 없는 실정이다(Kim et al., 2004; Kim et al., 2007; Kim et al., 2016). 따라서 본 연구는 양계장이 집중 되어있는 5개 지역 양계장에서 서식하는 닭진드기를 채집하여 작물용 살비제 9종과 등록된 양계용 살비제 2종을 이용한 약제 감수성을 조사하였다. 국내에서는 지역별 감수성의 조사가 처음으로 수행되어 닭진드기 방제를 위한 약제 선정에 기초자료가 될 수 있을 것으로 생각된다.

재료 및 방법

닭진드기

본 실험에 사용한 닭진드기(*Dermanyssus gallinae*)는 2016년 5월부터 12월까지 5개 지역 양계농장(경북 경주와 칠곡, 충남 금산, 경기도 연천과 안성)에서 채집하여 진행하였다. 정확한 동정을 위하여 채집한 닭진드기를 Potenza et al. (2009)의 선행연구에 따라 동정하였다(Fig. 1). 프라이머 정보는 Table 1과 같으며 1st PCR 조건은 95°C에서 10분 동안 가열한 후, 95°C에서 30초, 55°C에서 30초, 72°C에서 30초간 진행하는 반응을 35회 실시 한 후 72°C에서 10분 동안 시행 하였다. 2nd PCR은 95°C에서 10분 동안 가열한 후, 95°C에서 30초, 60°C에서 30초, 72°C에서 30초간 진행하는 반응을 35회 실시 한 후 72°C에서 10분 동안 수행하였다. PCR생성물은 safeview (Abmgood, Vancouver, Canada)로 염색하여 1.5% agarose gel을 이용하여 전기영동을 통해 확인하였다.



Lane M = Marker; lane 1-4 = mites sample; lane N = no DNA

Fig. 1. Results of gel electrophoresis of nested PCR products.

Table 1. Primers for *D. gallinae* identification

		Sequence	Diagnostic band
1 st PCR	ITS1-F	5'-TCCGTAGGTGAACCTGCGG-3'	530 bp
	ITS1-R	5'-AGAGGAAGTAAAAGTCGTAACA-3'	
2 nd PCR	ITS2-F	5'-GCGTGTCTATGCTGCATTTG-3'	152 bp
	ITS2-R	5'-GGGGTCGTCACACTTGATTT-3'	

실험약제

본 실험에 사용된 약제는 닭진드기 방제에 등록된 2종과 농작물에서 서식하는 응애류 방제에 사용되고 있는 살비제 9종을 선정하여 사용하였다. 실험약제의 일반명, 유효성분, 제형 및 국문명을 제시하였다(KCPA, 2017) (Table 2).

약제 감수성 평가실험

닭진드기에 대한 살비활성 검정을 위하여 여지접촉법(filter paper contact method)을 이용하였다(Kim et al., 2007). 간략히 실험방법을 설명하면, 각각의 약제를 물에 다양한 농도(50~1,000배)로 희석하여 약액에 필터페이퍼(직경 5 cm)를 5초간 침적 처리하였다. 1시간 동안 음건하여 곤충사육용기(insect breeding dish, 5 cm diameter × 1.5 cm)에 넣고 닭진드기 성충 20마리씩 접촉하였다. 약제처리 24시간과 48시간 후에 실체 현미경(20×)하에서 사충수를 확인하였고, 가는 침으로 건드려도 다리의 움직임이 없는 개체를 죽은 것으로 간주하였다. 모든 실험은 성충을 사용하였으며, 25 ± 1 °C와 습도 60~70%의 조건에서 3반복으로 진행되었다.

통계 분석

실험결과 분석은 분산분석을 실시하였으며 유의성이 인정되는 경우 Tukey's range test로 비교하였다(SAS Institute, 2009).

결과 및 고찰

11종 살비제의 지역별 감수성 평가

11종의 살비제를 이용하여 5개 지역(경주, 칠곡, 금산, 연천, 안성) 양계장에서 채집한 닭진드기(*Dermanyssus gallinae*) 성충에 대한 약제 감수성을 조사하였다. 경주지역에서 채집된 닭진드기는 500배 희석된 cartap hydrochloride, dichlorvos, bifenthrin에서만 24시간 내에 100%의 살비활성을 보였으며, 48시간 후에는 carbaryl에서도 100% 살비활성을 나타내었다 (Table 3). 칠곡의 한 양계장에서 채집된 닭진드기는 500배로 희석한 amitraz, carbaryl, cartap hydrochloride, dichlorvos, milbemectin에서 24시간 내에 100%의 살비활성을 보였다 (Table 4). 그러나 1,000배 희석액에서는 dichlorvos만이 100%의 살비활성을 나타내었다. 농도에 따라 살비활성의 차이가 크

Table 2. List of the 11 tested acaricides

Family	Acaricide	AI ¹⁾ (%) and Formulation ²⁾	Korea name
AdminS	Amitraz	20 EC	마이탁
Macrorides	Milbemectin	1 EC	밀베노크
Carbamates	Carbaryl	50 WP	세빈
Nereistoxins	Cartap hydrochloride	50 SP	파단
Neonicotinoids	Clothianidin	8 SC	빅카드
	Thiamethoxam	10 WG	아타라
Organophosphates	Diazinon	34 EC	다이하톤
	Dichlorvos	50 EC	넉다운-D
	Fenitrothion	40 WP	스미치온
Pyrethroids	Bifenthrin	10% SL	와구프리블루
Other	Formic acid + Pyridaben	20 + 10 SL	와구프리

¹⁾Active ingredient.

²⁾EC = emulsifiable concentrate, WP = wettable powder, SL = soluble concentrate, SC = suspension concentrate, SP = water soluble powder, WG = water dispersible granules.

Table 3. Susceptibility of *Dermanyssus gallinae* population from Gyeongju to 11 acaricides (n = 60)

Acaricide	Dilution (X)	Mortality (% , mean ± S.E.)	
		24 h	48 h
Amitraz EC	500	26.7 ± 6.0 de	56.7 ± 4.4 bc
	1000	16.7 ± 7.3 e	31.7 ± 9.3 cd
Milbemectin EC	500	23.3 ± 1.7 de	41.7 ± 6.0 c
	1000	13.3 ± 1.7 e	21.7 ± 4.4 cde
Carbaryl WP	500	81.7 ± 4.4 b	100.0 ± 0.0 a
	1000	16.7 ± 4.4 e	45.0 ± 10.4 c
Cartap hydrochloride SP	500	100.0 ± 0.0 a	-
	1000	100.0 ± 0.0 a	-
Clothianidin SC	500	46.7 ± 4.4 cd	81.7 ± 4.4 bc
	1000	0.0 ± 0.0 f	0.0 ± 0.0 f
Thiamethoxam WG	500	11.7 ± 1.7 e	21.7 ± 6.0 cde
	1000	0.0 ± 0.0 f	0.0 ± 0.0 f
Diazinon EC	500	71.7 ± 7.3 bc	85.0 ± 7.6 ab
	1000	0.0 ± 0.0 f	5.0 ± 2.9 ef
Dichlorvos EC	500	100.0 ± 0.0 a	-
	1000	100.0 ± 0.0 a	-
Fenitrothion WP	500	0.0 ± 0.0 f	3.3 ± 1.7 ef
	1000	0.0 ± 0.0 f	0.0 ± 0.0 f
Bifenthrin SL	50	100.0 ± 0.0 a	-
	100	100.0 ± 0.0 a	-
	500	100.0 ± 0.0 a	-
Formic acid + Pyridaben SL	50	0.0 ± 0.0 f	8.3 ± 1.7 def
	100	0.0 ± 0.0 f	0.0 ± 0.0 f
	500	0.0 ± 0.0 f	0.0 ± 0.0 f
<i>df</i>		10	12
<i>F-value</i>		65.17	41.01

Means followed by the same letter within a column are not significantly different at $p < 0.05$ by Tukey's range test (SAS Institute, 2004).

게 나타난다는 것은 이들 약제에 대한 저항성 발현이 진행되고 있다는 것으로 생각할 수 있다.

일본에서 2007년에서부터 2014년까지 258곳의 양계농장에서 7종의 살비제와 4종의 살충제를 이용하여 닭진드기의 저항성 발달을 조사한 결과 carbaryl과 trichlorfon, fenitrothion, permethrin, phthalhrin에서는 다른 약제에 비해 매우 약한 저항성을 나타내었다(Murano et al., 2015). 본 연구에서도 carbaryl의 경우 다른 약제에 비해 높은 살비활성을 보여 저항성 발현이 낮게 나타났으나 fenitrothion의 경우에는 위 연구와는 다르게 지역에 따른 활성의 차이가 나타났다.

Table 4. Susceptibility of *Dermanyssus gallinae* population from Chilgok to 11 acaricides (n = 60)

Acaricide	Dilution (X)	Mortality (% , mean ± S.E.)	
		24 h	48 h
Amitraz EC	500	100.0 ± 0.0 a	-
	1000	5.0 ± 2.9 gh	20.0 ± 2.9 cd
Milbemectin EC	500	100.0 ± 0.0 a	-
	1000	0.0 ± 0.0 h	0.0 ± 0.0 e
Carbaryl WP	500	100.0 ± 0.0 a	-
	1000	95.0 ± 2.9 a	100.0 ± 0.0 a
Cartap hydrochloride SP	500	100.0 ± 0.0 a	-
	1000	25.0 ± 8.7 efg	25.0 ± 8.7 cd
Clothianidin SC	500	0.0 ± 0.0 h	0.0 ± 0.0 e
	1000	1.7 ± 1.7 gh	8.3 ± 3.3 cde
Thiamethoxam WG	500	40.0 ± 7.6 def	88.3 ± 6.0 ab
	1000	0.0 ± 0.0 h	10.0 ± 2.9 cde
Diazinon EC	500	80.0 ± 10.4 abc	95.0 ± 2.9 ab
	1000	0.0 ± 0.0 h	5.0 ± 2.9 de
Dichlorvos EC	500	100.0 ± 0.0 a	-
	1000	100.0 ± 0.0 a	-
Fenitrothion WP	500	80.0 ± 7.6 bcd	80.0 ± 7.6 b
	1000	5.0 ± 0.0 gh	6.7 ± 1.7 cde
Bifenthrin SL	100	100.0 ± 0.0 a	-
	250	88.3 ± 3.3 abc	88.3 ± 3.3 ab
	500	53.3 ± 3.3 cde	75.0 ± 2.9 b
Formic acid + Pyridaben SL	50	20.0 ± 5.0 efg	33.3 ± 1.7 c
	100	13.3 ± 1.7 fgh	20.0 ± 5.0 cd
	500	5.0 ± 0.0 gh	6.7 ± 1.7 cde
<i>df</i>		14	15
<i>F-value</i>		41.33	52.68

Means followed by the same letter within a column are not significantly different at $p < 0.05$ by Tukey's range test (SAS Institute, 2004).

금산지역 닭진드기는 carbaryl, cartap hydrochloride, dichlorvos, bifenthrin에서 500배희석 약제처리 24시간 후에 100%의 살비활성을 보였으나 formic acid + pyridaben은 50배희석 처리에서도 매우 낮은 살비활성을 보였다(Table 5).

연천지역에서 채집된 닭진드기는 100배 희석된 약제처리 24시간 후에 모든 약제에서 100%의 살비활성을 보였다(Table 6). 그러나 1,000배 희석 약제에서는 carbaryl과 bifenthrin, formic acid + pyridaben에서만 100%의 살비활성을 나타냈다. 전체적으로 연천지역의 닭진드기는 대부분의 약제에 대하여 감수성을 보였다. 그러나 오히려 다른 지역과 달리 dichlorvos의 활성

Table 5. Susceptibility of *Dermanyssus gallinae* population from Geumsan to 11 acaricides (n = 60)

Acaricide	Dilution (X)	Mortality (%; mean ± S.E.)	
		24 h	48 h
Amitraz EC	500	31.7 ± 1.7 bc	61.7 ± 4.4 bcd
	1000	18.3 ± 7.3 bcd	25.0 ± 8.7 ef
Milbemectin EC	500	30.0 ± 5.0 bc	43.3 ± 1.7 bcde
	1000	11.7 ± 3.3 cd	20.0 ± 5.8 ef
Carbaryl WP	500	100.0 ± 0.0 a	-
	1000	100.0 ± 0.0 a	-
Cartap hydrochloride SP	500	100.0 ± 0.0 a	-
	1000	100.0 ± 0.0 a	-
Clothianidin SC	500	23.3 ± 1.7 bc	71.7 ± 4.4 bc
	1000	0.0 ± 0.0 e	0.0 ± 0.0 g
Thiamethoxam WG	500	0.0 ± 0.0 e	0.0 ± 0.0 g
	1000	0.0 ± 0.0 e	0.0 ± 0.0 g
Diazinon EC	500	43.3 ± 1.7 b	80.0 ± 2.9 b
	1000	0.0 ± 0.0 e	0.0 ± 0.0 g
Dichlorvos EC	500	100.0 ± 0.0 a	-
	1000	100.0 ± 0.0 a	-
Fenitrothion WP	500	23.3 ± 4.4 bc	41.7 ± 7.3 cde
	1000	3.3 ± 1.7 de	8.3 ± 4.4 fg
Bifenthrin SL	50	100.0 ± 0.0 a	-
	100	100.0 ± 0.0 a	-
Formic acid + Pyridaben SL	50	28.3 ± 10.1 bc	28.3 ± 10.1 def
	100	0.0 ± 0.0 e	0.0 ± 0.0 g
	500	0.0 ± 0.0 e	0.0 ± 0.0 g
<i>df</i>		10	10
<i>F-value</i>		42.76	35.96

Means followed by the same letter within a column are not significantly different at $p < 0.05$ by Tukey's range test (SAS Institute, 2004).

이 낮았고 formic acid + pyridaben의 활성이 높게 나타났다. 이는 양계장에 따라 닭진드기를 방제하기 위해 사용된 약제의 차이로 나타난다고 생각된다. 따라서 본 실험의 결과 양계장별로 약제 저항성의 차이가 크게 나타나기 때문에 양계장별 사용약제 조사와 함께 저항성 평가가 이루어져야 할 것으로 생각되나 모든 양계장에 대한 저항성 평가를 한다는 것은 어려운 실정으로 양계장별로 약제의 교호살포가 이루어져야 할 것으로 본다.

안성지역에서는 carbaryl을 1,000배 희석하여 처리한지 24 시간 후에 100%의 살비활성이 나타났으며 amitraz를 처리하였을 때 100배희석에서도 48시간 후에 닭진드기의 살비활성

Table 6. Susceptibility of *Dermanyssus gallinae* population from Yeoncheon to 11 acaricides (n = 60)

Acaricide	Dilution (X)	Mortality (%; mean ± S.E.)	
		24 h	48 h
Amitraz EC	100	100.0 ± 0.0 a	-
	500	85.0 ± 0.0 bcd	100.0 ± 0.0 a
Milbemectin EC	1000	51.7 ± 1.7 ef	93.3 ± 3.3 ab
	100	100.0 ± 0.0 a	-
Milbemectin EC	500	76.7 ± 1.7 cde	100.0 ± 0.0 a
	1000	55.0 ± 7.6 ef	71.7 ± 3.3 bc
Carbaryl WP	100	100.0 ± 0.0 a	-
	500	100.0 ± 0.0 a	-
Cartap hydrochloride SP	1000	100.0 ± 0.0 a	-
	100	100.0 ± 0.0 a	-
Cartap hydrochloride SP	500	100.0 ± 0.0 a	-
	1000	90.0 ± 2.9 abc	98.3 ± 1.7 a
Clothianidin SC	100	100.0 ± 0.0 a	-
	500	95.0 ± 2.9 ab	100.0 ± 0.0 a
Thiamethoxam WG	1000	85.0 ± 5.8 bcd	100.0 ± 0.0 a
	100	100.0 ± 0.0 a	-
Diazinon EC	500	73.3 ± 7.3 cde	100.0 ± 0.0 a
	1000	73.3 ± 4.4 cde	81.7 ± 6.0 abc
Dichlorvos EC	100	100.0 ± 0.0 a	-
	500	56.7 ± 8.8 ef	91.7 ± 6.0 ab
Fenitrothion WP	1000	40.0 ± 5.8 f	66.7 ± 8.8 bc
	100	100.0 ± 0.0 a	-
Bifenthrin SL	500	61.7 ± 1.7 def	90.0 ± 5.0 abc
	1000	51.7 ± 7.3 ef	55.0 ± 7.6 c
Formic acid + Pyridaben SL	100	100.0 ± 0.0 a	-
	500	100.0 ± 0.0 a	-
	1000	100.0 ± 0.0 a	-
<i>df</i>		16	9
<i>F-value</i>		36.71	9.14

Means followed by the same letter within a column are not significantly different at $p < 0.05$ by Tukey's range test (SAS Institute, 2004).

Table 7. Susceptibility of *Dermanyssus gallinae* population from Anseong to 11 acaricides (n = 60)

Acaricide	Dilution (X)	Mortality (% , mean ± S.E.)	
		24 h	48 h
Amitraz EC	100	48.3 ± 10.1 c	88.3 ± 1.7 ab
	500	50.0 ± 8.7 c	83.3 ± 1.7 ab
	1000	25.0 ± 5.8 d	75.0 ± 7.6 ab
Milbemectin EC	100	100.0 ± 0.0 a	-
	500	50.0 ± 8.7 c	70.0 ± 7.6 b
	1000	38.3 ± 1.7 cd	68.3 ± 4.4 b
Carbaryl WP	100	100.0 ± 0.0 a	-
	500	100.0 ± 0.0 a	-
	1000	100.0 ± 0.0 a	-
Cartap hydrochloride SP	100	93.3 ± 1.7 a	100.0 ± 0.0 a
	500	85.0 ± 5.8 a	88.3 ± 3.3 ab
	1000	60.0 ± 5.8 bc	80.0 ± 5.8 ab
Clothianidin SC	100	96.7 ± 1.7 a	100.0 ± 0.0 a
	500	96.7 ± 1.7 a	100.0 ± 0.0 a
	1000	95.0 ± 0.0 a	100.0 ± 0.0 a
Thiamethoxam WG	100	100.0 ± 0.0 a	-
	500	96.7 ± 3.3 a	100.0 ± 0.0 a
	1000	86.7 ± 1.7 a	100.0 ± 0.0 a
Diazinon EC	100	100.0 ± 0.0 a	-
	500	80.0 ± 2.9 ab	100.0 ± 0.0 a
	1000	81.7 ± 1.7 ab	96.7 ± 3.3 a
Dichlorvos EC	100	100.0 ± 0.0 a	-
	500	100.0 ± 0.0 a	-
	1000	98.3 ± 1.7 a	100.0 ± 0.0 a
Fenitrothion WP	100	100.0 ± 0.0 a	-
	500	100.0 ± 0.0 a	-
	1000	93.3 ± 1.7 a	100.0 ± 0.0 a
Bifenthrin SL	100	100.0 ± 0.0 a	-
	500	100.0 ± 0.0 a	-
	1000	96.7 ± 1.7 a	100.0 ± 0.0 a
Formic acid + Pyridaben SL	100	98.3 ± 1.7 a	100.0 ± 0.0 a
	500	98.3 ± 1.7 a	100.0 ± 0.0 a
	1000	96.7 ± 1.7 a	100.0 ± 0.0 a
df		22	8
F-value		45.29	37.33

Means followed by the same letter within a column are not significantly different at $p < 0.05$ by Tukey's range test (SAS Institute, 2004).

이 88.3%로 나타났다(Table 7). Amitraz는 일반적으로 꿀벌에 기생하는 꿀벌 응애(*Varroa destructor*)를 방제하는데 많이 사용되고 있는데 꿀벌에 대한 약제독성도 낮으면서 꿀벌응애에 높은 독성을 나타내지만, 꿀벌응애에 대하여 flumethrin, amitraz, acid oxalic를 번갈아가며 교호살포했음에도 불구하고 amitraz에 대하여 높은 저항성이 나타나 약제 선정 및 종합적 방제대책이 필요하다 하였다(Oh et al., 2008; Maggi et al., 2010). 또한 SFTS (중증열성혈소판감소증후군, Severe Fever with Thrombocytopenia Syndrome)를 매개하는 꼬리소참진드기(*Boophilus microplus*)에 대한 amitraz의 살비활성은 98개 지역에서 채집된 진드기의 80% 계통에서 100%의 살비율을 보였으나, 2.04%의 진드기 계통은 70% 미만의 살비율을 보여 저항성 계통의 출현을 암시하였으며, 도태압을 통한 amitraz저항성 계통을 6세대까지 사육한 결과 153배로 저항성비가 증가하여 저항성 획득이 빠르게 나타난다는 것을 보여주었다(Li et al., 2004; Rodriguez-Vivas et al., 2006).

살비제의 저항성 발현 비교

5개지역의 양계장에서 채집된 닭진드기에 대한 11종의 살비제의 살비활성을 500배 희석비율을 기준으로 비교하였다(Fig. 2).

Amitraz와 milbemectin, clothianidin, thiamethoxam, fenitrothion은 중간정도의 살비활성을 보이지만 표준오차 값에서 큰 차이를 보인다는 것은 양계장별 약제 활성의 차이를 보인다는 것으로 이는 약제에 대해서 저항성이 나타나고 있다는 것을 보여준다.

유기인계 약제 중 dichlorvos는 높은 살비활성을 보이지만 처리 24시간 후 양계장별 살비활성의 차이가 있음을 알 수 있다. 그에 반해 fenitrothion은 양계장별 활성차이가 큰 것을 알 수 있어 약제에 대한 저항성이 나타나고 있음을 알 수 있었다.

유기인계 저항성은 전 세계적으로 여러 해충 및 진드기 등에

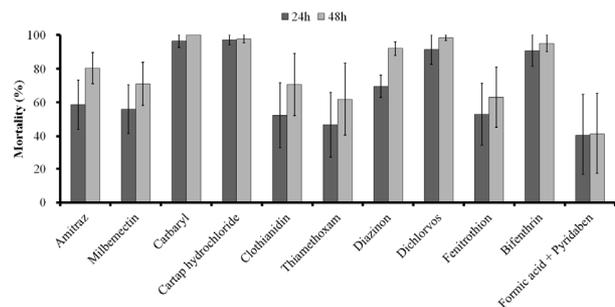


Fig. 2. Susceptibility of *Dermanyssus gallinae* to 11 acaricides, 500x dilution.

서 확인이 되었다(Alon et al., 2008 ; Lima et al., 2003 ; Lee et al., 1966, Miller et al., 1999). 집파리에 대해서 유기인계 약제인 DDVP와 피레스로이드계 약제를 이용하여 방제를 해온 3개 지역의 축사 및 양계장에서의 집파리들은 3개 지역 모두 감수성 계통 대비 약 50배의 DDVP 저항성을 보였으며, 피레스로이드계통인 permethrin에서는 최소 65.5배, 최대 117.3배의 저항성을 보였다(Acevedo et al., 2009). 또한 점박이응애(*Tetranychus urticae*)에 대한 bifenthrin의 저항성 발현을 알아보기 위해 터키의 9개 지역에서 응애를 채집하여 평가한 결과 지역에 따라서 감수성과 저항성 정도의 차가 크게 나타났는데 이것은 약제의 처리빈도에 따라 선택압이 작용하였기 때문이다(Herron et al., 1998; Ay and Gürkan, 2005). 그러나 본 실험에서는 피레스로이드계열인 bifenthrin은 닭진드기에 대하여 높은 살비활성을 보여 아직까지는 bifenthrin에 대한 저항성이 덜 발달한 것으로 보인다.

마크로라이드계 약제인 abamectin에 대한 저항성 점박이응애의 출현이 보고되었는데 1991년 초기 658배의 저항성비를 나타내었던 점박이응애가 15개월 뒤에는 1,597배의 저항성비를 보였다(Campos et al., 1995). 본 연구에서도 같은 계열인 milbemectin은 중간 정도의 살비활성을 보이지만 양계장별 차이가 나타나는 것으로 보아 앞으로 약제에 대한 저항성이 증가할 것으로 생각된다. 일본에서 발표한 연구에서도 결국 시간이 지남에 따라 약제에 대한 닭진드기의 저항성이 증가한다는 것을 보여주었다(Murano et al., 2015).

본 연구에서도 약제감수성의 차이는 약제 계열과 지역적인 영향이 아닌 양계장별 처리한 약제에 의한 것으로 판단하며 carbaryl과 cartap hydrochloride, dichlorvos, bifenthrin은 닭진드기 방제에 사용 가능할 것으로 생각된다. 위와 같은 연구결과를 종합해보면 대부분의 약제가 저항성이 발현이 된다는 것을 알 수 있었고 현재 저항성이 나타나지 않았더라도 시간이 지남에 따라 저항성이 발현 될 것이라는 것을 예상해 볼 수 있다. 그러므로 모든 약제에 대한 저항성 발현이 나타날 수 있는 바 교호살포 및 무분별한 약제살포를 지양해야 할 것이며 이러한 문제점을 보완해줄 방제법과 대안약제 개발이 시급한 실정이다.

사 사

본 논문은 2016년 산업통상자원부 과제(R0005538)와 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원 닭진드기 방제를 위한 동물용의약품 개발연구사업(116087-03-2-SB010)의 지원으로 수행되었다.

Literature Cited

- Acevedo, G.R., Zapater, M., Toloza, A.C., 2009. Insecticide resistance of house fly, *Musca domestica* (L.) from Argentina. *J. Parasitol. Res.* 105, 489-493.
- Alon, M., Alon, F., Nauen, R., Morin, S., 2008. Organophosphates' resistance in the B-biotype of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) is associated with a point mutation in an ace1-type acetylcholinesterase and overexpression of carboxylesterase. *Insect Biochem. Mol. Biol.* 38, 940-949.
- Aulakh, R.S., Gill, J.P.S., Bedi, J.S., Sharma, J.K., Joia, B.S., Ockerman, H.W., 2006. Organochlorine pesticide residues in poultry feed, chicken muscle and eggs at a poultry farm in Punjab, India. *J. Sci. Food Agric.* 86, 741-744.
- Axtell, R.C., Arends, J.J., 1990. Ecology and management of arthropod pests of poultry. *Annu. Rev. Entomol.* 35, 101-126.
- Ay, R., Gürkan, M.O., 2005. Resistance to bifenthrin and resistance mechanisms of different strains of the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*) from Turkey. *Phytoparasitica.* 33, 237-244.
- Beugnet, F., Chauve, C., Gauthey, M., Beert L., 1997. Resistance of the red poultry mite to pyrethroids in France. *Vet. Rec.* 140, 577-579.
- Campos, F., Dybas R.A., Krupa, D.A., 1995. Susceptibility of Twospotted Spider Mite (Acari: Tetranychidae) Populations in California to Ahamectin. *J. Econ. Entomol.* 88, 225-231.
- Chauve, C., 1998. The poultry red mite *Dermanyssus gallinae*: current situation and future prospects. *Vet. Parasitol.* 8, 364-376.
- Durden, L.A., Linthicum, K.J., Monath, T.P., 1993. Laboratory transmission of eastern equine encephalomyelitis virus to chickens by chicken mites (Acari: Dermanyssidae). *J. Med. Entomol.* 30, 281-285.
- Genchi, C., Huber, H., Traldi, G., 1984. The efficacy of flumethrin (Bayticol Bayer) for the control of chicken mite *Dermanyssus gallinae* (De geer, 1778) (Acarina, Dermanyssidae). *Arch. Vet. Ital.* 35, 125-128.
- Herron, G.A., Edge, V.E., Wilson, L.J., Rophail, J., 1998. Organophosphate resistance in spider mites (Acari: Tetranychidae) from cotton in Australia. *Exp. Appl. Acarol.* 22, 17-30.
- Kim, J.R., Perumalsamy, H., Lee, J.H., Ahn, Y.J., Lee, Y.S., Lee, S.G., 2016. Acaricidal activity of *Asarum heterotropoides* root-derived compounds and hydrodistillate constitutes toward *Dermanyssus gallinae* (Mesostigmata: Dermanyssidae). *Exp. Appl. Acarol.* 68, 485-495.
- Kim, S.I., Yi, J.H., Tak, J.H., Ahn, Y.J., 2004. Acaricidal activity of plant essential oils against *Dermanyssus gallinae* (Acari: Dermanyssidae). *Vet. Parasitol.* 120, 297-304.
- Kim, S.I., Na, Y.E., Yi, J.H., Kim, B.S., Ahn, Y.J., 2007. Contact and fumigant toxicity of oriental medicinal plant extracts against *Dermanyssus gallinae* (Acari: Dermanyssidae). *Vet. Parasitol.* 145, 377-382.

- Korea Crop Protection Association (KCPA), 2017. Agrochemicals user's guide book.
- Lancaster, J.L., Meisch, M.V., 1986. Arthropods in livestock and poultry production. Ellis Horwood. pp. 299-320.
- Lee, R.M. Batham, P., 1966. The activity and organophosphate inhibition of cholinesterases from susceptible and resistant ticks (Acari). Entomol. Exp. Appl. 9, 13-24.
- Li, A.Y., Davey, R.B., Miller, R.J., George, J.E., 2004. Detection and characterization of amitraz resistance in the southern cattle tick, *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae). J. Med. Entomol. 41, 193-200.
- Lima, J.B.P., Da-Cunha, M.P., Júnior, R.C.D.S., Galardo, A.K.R., Soares, S.D.S., Braga I.A., Valle, D., 2003. Resistance of *Aedes aegypti* to organophosphates in several municipalities in the State of Rio de Janeiro and Espirito Santo, Brazil. Am. J. Trop. Med. Hyg. 68, 329-333.
- Maggi, M.D., Ruffinengo, S.R., Negri, P., Eguaras, M.J., 2010. Resistance phenomena to amitraz from populations of the ectoparasitic mite *Varroa destructor* of Argentina. Parasitol. Res. 107, 1189-1192.
- Marangi, M., Morelli, V., Pati, S., Camarda, A., Cafiero, M.A., Giangaspero A., 2012. Acaricide Residues in Laying Hens Naturally Infested by Red Mite *Dermanyssus gallinae*. PLoS. One. 7, e31795.
- Miller, R.J., Davey, R.B., George J.E., 1999. Characterization of pyrethroid resistance and susceptibility to coumaphos in Mexican *Boophilus microplus* (Acari: Ixodidae). J. Med. Entomol. 36, 533-538.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, 2017. Result of supplementation test for egg-residued insecticides. http://www.mafra.go.kr/list.jsp?newsid=155449649§ion_id=b_sec_1&listcnt=5&pageNo=1&year=&group_id=3&menu_id=1125&link_menu_id=&division=B&board_kind=C&board_skin_id=C3&parent_code=3&link_url=&depth=1. accessed 21 August 2017.
- Moro, C.V., De Luna, C.J., Tod, A., Guy, J.H., Sparagano, O.A., Zenner, L., 2009. The poultry red mite (*Dermanyssus gallinae*): a potential vector of pathogenic agents. Exp. Appl. Acarol. 48, 3-104.
- Murano, T., Namiki, K., Shina, K., Yasukawa, H., Takahashi, Y., Tada, Y., 2008. The development of resistance by *Dermanyssus gallinae* to commercial acaricides in Japan. J. Jpn. Vet. Med. Assoc. 61, 287-293.
- Murano, T., Namiki, K., Shina K., Yasukawa H., 2015. Resistance development of *Dermanyssus gallinae* against commercial acaricides in poultry farms in Japan. J. Jpn. Vet. Med. Assoc. 68, 509-514.
- Nordenfors, H., Höglund, J., Tauson R., Chirico, J., 2001. Effect of permethrin impregnated plastic strips on *Dermanyssus gallinae* in loose-housing systems for laying hens. Vet. Parasitol. 102, 121-131.
- Oh, M.G., Ahn, H.G. kim, H.K., Yoon, C.M., Kim, J.J., Kim, T.J., Lee, D.G., Chung, G.H., Kim, G.H., 2008. Acaricidal activity of a newly synthesized K16776 against honeybee mite, *Varroa destructor* (Acari: Varroidae). Kor. J. Pesti. Sci. 12, 192-196.
- Potenza, L., Cafiero, M.A., Camarda, A., La Salandra, G., Cucchiari, L., Dachà, M., 2009. Characterization of *Dermanyssus gallinae* (Acarina: Dermanyssidae) by sequence analysis of the ribosomal internal transcribed spacer regions. Vet. Res. Commun. 33, 611.
- Rodriguez-Vivas, R.I., Rodriguez-Arevalo, F., Alonso-Diaz, M.A., Frago-Sanchez, H., Santamaria V. M., Rosario-Cruz R., 2006. Prevalence and potential risk factors for amitraz resistance in *Boophilus microplus* ticks in cattle farms in the State of Yucatan, Mexico. Prev. Vet. Med. 75, 280-286.
- Sarwar, M. 2015. The dangers of pesticides associated with public health and preventing of the risks. Int. J. Bioinform. Res. Appl. 1, 130-136.
- Van Emous, R., 2005. Wage war against the red mite!. Poultry Int. 44, 26.
- Zeman, P., Zelezny, J., 1987. The susceptibility of the polultry red mite, *Dermanyssus gallinae* (De Gree, 1778), to some acaricides under laboratory conditions. Exp. Appl. Acarol. 1, 17-22.