

피레스로이드劑에 대한 배추좀나방의 圃場藥劑低抗性的 變動

Resistance of Diamondback Moth (*Plutella xylostella* L.) against the Pyrethroids

宋 承 錫¹
Seung Seok Song¹

ABSTRACT This test has been carried out to clear the effectiveness of pyrethroid insecticides to the Diamond back moth, that was complained by a farmer. The results obtained are summarized as follows. Effectiveness of Pyrethroids to susceptible strain and the results of chemical analysis on the ingredients of pyrethroids were normal at recommended concentrations. The effect value of pyrethroid by which the blocks were only one time treated was 57-59%, whereas the blocks sprayed 4 consecutive times of pyrethroid didn't show any effectiveness as shown in larval increasing rate of 489-552%. Among the results of field test conducted from 1990 to 1991 at 7 area, Dae Gu area showed the highest Effectiveness as 95-98%. However, Pyong Taek area, showed the least effectiveness as 0% in effect value. The resistant population which was collected at Tae kwan Ryung area was resurrected susceptibility as much as JMC, in case of Placing it in non-treatment environment, whereas the population which was revealed to pyrethroids for 6 generations showed as much as 341-544 times of resistance compared with JMC. The non-effectiveness of pyrethroids to Diamondback moth which was complained by a certain farmer named Mr Ju, was clearly resulted by the development of insect resistance. In Korea, the resistance of Diamondback moth to pyrethroids has developed in some area, as well as the resistance of pyrethroids has developed according to the continuous use of Insecticides, and the susceptibility resurrected by stopping the use of pyrethroids. The result from this test would suggest that the pyrethroid insecticides should be applied in turn with other insecticides.

KEY WORDS Diamondback moth, insecticide resistance, Pyrethroids

초 록 이 논문은 배추좀나방 防除時 피레스로이드제의 약효가 없어 피해를 많이 보았다는 농민의 민원에 의해 圃場 약효를 확인하고 약제 저항성을 조사하여 대책을 수립코자 실시하였다. 전국 4道 7個 圃場에서 2년 간 실시한 시험 결과 대구에서는 95~98%의 방제가가 있었으나, 평택에서는 방제가가 0으로서 약효가 전혀 없었다. 피레스를 4회 살포하여 재배한 강원도 평창군의 여름배추 재배 농가 포장에서 공시약제 처리구의 유충 증가율은 489~552%로 무처리구에 비하여 방제효과가 전혀 없었다. 약효가 없었던 포장의 배추좀나방을 채집, 약제처리 하지 않고 6세대 飼育한 것은 JMC와 거의 비슷한 감수성이 회복되었으며, 다시 6세대 피레스로이드제를 처리하여 사육한 것은 JMC에 비하여 341~544배의 저항성이 다시 유발되었다. 이상의 결과로 농민의 민원은 같은 약제의 連用에 의하여 나타난 약제 저항성의 결과인 것으로 증명됨으로써, 우리나라에서도 배추좀나방의 피레스로이드제에 대한 저항성이 지역에 따라 많이 발생하고 있었고 피레스로이드제에 대한 약제 저항성은 連用에 의해 저항성이 증가하고 사용을 중단함으로써 감수성이 회복됨이 확인되었다.

1 國立農藥資材檢査所 生物檢査課(National Agriculture Materials Inspection Office, Ministry of Agriculture, Forestry & Fisheries Republic of Korea)

검 색 어 배추좀나방, 피레스로이드제, 살충제저항성

배추좀나방은 세계적으로 널리 분포되어 十字花科作物의 잎을 갉아먹어 많은 被害를 주는 채소해충(白 1966, 金 等 1989)으로 1세대 발생기간이 30℃까지는 飼育 온도와 정비례하여(山田ら 1983) 온도가 높은 여름철에 주로 많이 발생한다. 특히 우리나라에서는 최근 비닐 하우스 농법이 발달하여 저온기에도 작물栽培가 가능하고, 고냉지 여름배추 재배기술이 발전됨에 따라 연중심자화과 작물 재배가 이루어지고 있어(李 等 1990) 배추좀나방의 피해가 많이 증가하고 있다(김 1990).

배추좀나방은 最近 세계적으로 약제 저항성에 관한 보고가 많이 발표되고 있는 해충이다(永田 1982, 福祉ら 1984, 兵 1986, 兵 1988, Song 1989, Motoyama et. al. 1990, Miyata et. al. 1990, 김 등 1991).

본 연구는 피레스유제가 배추좀나방에 防除效果가 없다는 農民, 주창섭씨의 민원내용에 따라 온실의 풋트와, 비닐하우스 및 노지재배한 배추에서 자연 발생한 배추좀나방과 접종한 감수성 계통의 배추좀나방에 대한 피레스로이드의 약효를 시험하고, 여름 배추 집단재배지에서 발생한 배추좀나방에 대한 포장 약효시험을 하여 민원에 대한 피해 발생원인을 규명함으로써 주창섭씨와 같은 농민의 피해가 재발하지 않도록하고, 地域別 배추좀나방에 대한 피레스로이드계 약제의 圃場藥效를 조사하고, 약제 저항성을 유발시킴으로서 배추좀나방의 저항성이 어느 정도 발달할 수 있는지를 추정하여 防除對策을 제시하고자 실시하였다.

재료 및 방법

感受性 系統의 배추좀나방

本山直樹 博士가 千葉大學 園藝學部 昆蟲飼育室에서 飼育하던 것을 分讓받아 농림 수산부에서 輸入許可(許可番號 89-6호 1989. 4. 7)를 받아 國立農業資材檢査所 昆蟲飼育室에서 增殖

飼育하여 사용하였다.

각종 시험은 온실 및 비닐하우스에서 나이론 망사로 大型 방충망을 設置하여 시험을 수행한 다음 즉시 燒却처리하여 외부포장에 비산을 방지하였다.

供試藥劑

피레스乳劑 : (RS)-d-cyano-3-phenoxybenzyl-(IRS)-cis trans-3-(2,2-dichlorovinyl)-2,2-dimethyl cyclopropane carboxylate. 5% (cypermethrin)

프로싱乳劑 : (RS)-d-cyano-3-phenoxybenzyl (RS)-2-(4-chlorophenyl)-3-(methyl butyrate). 5% (fenvalerate)

BT 永和劑-Bacillus thuringiensis Berliner Variety kurustaki (Serotype 3a, 3b) 30×10⁶ 활성 포자/0mg(16BIU/kg)

藥劑感受性試驗

약제처리는 Burkard 會社製품의 Hand micro-applicator를 이용하여 4령유충의 흉배부에 局所처리하여 直徑 3.5 cm×4 cm의 플라스틱 용기에 먹이인 배추잎 (3 cm×3 cm)과 공시충을 넣고 두껍을 덮은 후에 25±1℃의 곤충 사육실에서 48時間 사육 후 살충율을 조사하였다.

공시충이 약효 조사시까지 圃場에 배추에 살아남아 가해한 공시작물의 被害程度를 5等分(0 : 피해가 전혀없는 것, 1 : 피해가 약간 인정되는 것, 2 : 피해는 있으나 상품 가치에 영향이 없는 것, 3 : 피해가 있어 상품 가치에 크게 영향을 미칠 수 있는 것, 4 : 전혀 상품가치를 논할수 없을 정도로 피해가 심한 것)으로 나누어 약효 조사를 하여 다음 계산식에 의거 被害程度를 算出하였다.

$$\text{被害度(\%)} = \frac{\sum(\text{指數} \times \text{個體數})}{4 \times \text{調査個體數合計}}$$

圃場에서 생충 수 조사

直徑 60 cm, 높이 1 m의 통내부에 백색 페인트를 칠한 원통형의 통에서 배추를 거꾸로 들고 심하게 흔들어서 바닥에 떨어진 유충 수를 해빛이 잘 들게 하여 조사하는 타락법에 의한 생충 수 조사방법을 이용하였다.

증가율은 약제처리 후에 조사한 총 수를 처리 전에 조사한 총 수로 나누어 100으로 곱하는 방법으로 하였으며, 방제가는 무처리구에 발생한 유충수에서 처리구에 발생한 총수를 빼서 무처리구의 발생총 수로 나누어 100을 곱하는 계산식을 이용하였다.

低抗性 誘發

포장 약효시험시 전혀 약효가 없었던 이완구 씨 배추밭의 공시충을 채집하여 실내에서 6세대 누대사육하여 감수성이 거의 회복된 것을 확인(Song 1990)한 공시충을 다시 실내에서 피레스유제를 6회 살포(1회는 10,000배, 2회는 5,000배, 3회는 2,500배, 4, 5, 6회는 각각 1,000배로 살포)하여 사육한 공시충을 국소 처리법에 의하여 저항성이 誘發되었음을 확인하였다.

결과 및 고찰

경기도 포천군 관인면 증오리(약수동) 674에 거주하는 농민 주창섭씨는 배추 농사를 하던중 피레스가 약효가 없어 포천 군수를 통하여 국립농업자재 검사소장에게 가짜약제의 확인을 의뢰하는 민원을 제기하였다. 1988. 10. 31. 주

씨의 민원 내용은 피레스의 약효가 좋아서 수년간 피레스만을 사용해서 배추농사를 지어 오던 중, 금년에는 7회나 살포했어도 배추좀나방이 오히려 더 많이 발생하여 농사가 폐농이 되었는데 피레스가 가짜약 이었기 때문에 피해를 보았으니 입증해 달라는 내용이었다. 주씨가 의뢰한 피레스의 주성분 및 물리성 검사 결과는 正常品으로 판정되었다.

이 연구는 이와 같은 농민의 민원사항을 생물학적으로 규명하기 위하여 실시된 시험 결과를 우선 밝혀둔다.

공시약제가 국내에서 배추좀나방 방제약제로 고시된 경위를 검토해 보면, 피레스유제는 1983년에 경기도 농촌진흥원에서 시험하여 방제가가 100%로서 적용 해충이 고시되었고(한 1983), 프로싱유제는 1982년에 농약연구소 시험결과 98.3%의 방제가가 있었고, 1983년에 경기도 진흥원 시험결과 98.3%의 방제가가 있어 배추좀나방 방제약제로 고시(김 등 1982, 한 1983)되었다.

위와 같이 민원인이 제기한 피레스가 과연 약효가 없는 약제이었던지를 확인하기 위하여 약제 감수성 공시충을 이용하여 온실내의 풋트에 재배한 5엽기의 장수 여름배추에서 실사용 회석 배수로 처리하여 약효시험을 한 결과 표 1과 같이 약제처리 13일 후까지 프로싱유제 및 피레스유제의 방제가는 각각 96.5% 및 89.2%로 약제 감수성 계통의 공시충에 대한 이 약제의 防除效果는 있었다.

포장 재배한 배추에서의 약효를 확인하기 위

Table 1. Residue effect of pyrethroids on the 1st, 7th, 13th day, after treatment in the Diamondback moth *Plutella xylostella*

Insecticides	1st day		7th day		13th day	
	Damage ^a ratio	Effect ^b value	Damage ratio	Effect value	Damage ratio	Effect value
Cypermethrin	0	100	0	100	3.5	96.4
Fenvalerate	0	100	3.5	96.5	10.7	89.0
Control	100	—	100	—	97.2	—

^a Damage ratio = $\frac{\sum(\text{index} \times \text{number of sample})}{\text{number of all sample} \times 4} \times 100$

^b Effect value = $\frac{\% \text{ of damage on the untreatment} - \% \text{ of damage on the treatment}}{\% \text{ of on the untreatment}} \times 100$

하여 노지 재배와 비닐하우스 재배지에서 포장 시험을 실시한 결과 서울특별시 동대문구 회경동 소재 국립농업자재검사소 前廳舍 전작포장인 노지에서 자연발생한 공시충에 대한 피레스유제 및 프로싱유제의 방제가는 각각 59.8% 및 57.2%로서 방제가가 60%에도 미치지 않았던 반면 비닐하우스에서 대형방충망을 설치하고 감수성 개체를 접종하여 실시한 피레스유제 및 프로싱 유제의 防除價는 각각 93.7% 및 93.3%로서 두 약제 모두 포장에서 발생한 공시충에 대한 약효가 저조하게 떨어져 있음을 알 수

있었다(표 2).

여름배추의 集團栽培로 잘 알려진 江原道 평

Table 2. The effect of pyrethroids to the feild strain and susceptible strain of the Diamondback moth *Plutella xylostella* in the field

Insecticides	Field strain		Susceptible strain	
	Damage ratio	Effect value	Damage ratio	Effect value
Cypermethrin	32.1	59.8	6.3	93.7
Fenvalerate	34.2	57.2	6.7	93.3
Control	79.9	0	100	0

Table 3. The effect value of pyrethroids for field strain on the 4th and 8th days after treated Cypermethrin in the Diamondback moth *Plutella xylostella* (No. larva/a plant)

Insecticides	larva	4th day after treatment			8th day after treatment		
	before treatment	N. of larva	% of ^a increase	Effect ^b value	N. of larva	% of increase	Effect value
B. t	55	5.8	10.5	94.6	16.7	16.7	96.5
Cypermethrin	51	124.4	243.9	0	552.9	552.9	0
Fenvalerate	49	104.4	213.1	0	489.2	489.2	0
Control	53	102.4	193.2	-	475.8	475.8	-

$$^a \% \text{ of increase} = \frac{\text{No of larva after tretment}}{\text{No of larve before tretment}} \times 100$$

$$^b \text{Effect value} = \frac{\% \text{ of control increase} - \% \text{ of treatment increase}}{\% \text{ of control increase}} \times 100$$

창군 황계면 황계리 소재 이완구씨의 배추밭에서 발생한 배추좀나방에 대한 포장약효 시험결과는 표 3과 같다. 이씨는 영농日誌를 잘 기록하여 재배기간 중 약제살포에 관한 사항을 쉽게 확인할 수 있었다.

대관령 지방에서 여름배추의 병해충 방제를 위하여 실시하고 있는 한 농가의 일반 관행으로 피레스의 약제 저항성이 유발될 수 있는 전형적인 영농방법이었기에 요약 소개하면 다음 영농일정 표와 같다.

- 1990. 6. 3 : 파종(品種 : 장수여름배추)
- 1990. 6. 30 : 정식
- 1990. 7. 8 : 다이센 + 피레스유제 혼용살포
- 1990. 7. 11 : 엽화칼슘 살포
- 1990. 7. 15 : 피레스유제 + 파단수화제 + 벤레이트수화제 + 활성칼슘마그네슘 혼용살포

1990. 7. 21 : 피레스유제 + 보리돌뜸씨(맥반석) 살포

1990. 7. 28 : 피레스유제 + 보리돌뜸씨(맥반석) 살포

1990. 8. 8 : 본시험용 공시약제살포

1990. 8. 11 : 본시험 1차 약효조사

1990. 8. 15 : 본시험 2차 약효조사

현지에서 조사결과는 피레스 및 프로싱유제 處理 4일 후 유충 증가율이 각각 243.9%와 213.1%로서 방제효과가 전혀 없었던 것에 비하여 잠정 대조한 비티수화제는 유충 증가율이 10.5%로서 방제가는 94.6%이었으며, 8일 후 조사에서는 피레스 및 프로싱유제의 유충 증가율이 552.9%와 489.2%로서 방제효과가 전혀 없었던 것에 비하여 비티수화제는 유충 증가율이 16.7%로서 96.5%의 높은 방제효과를 보였다.

이와 같이 피레스로이드계가 약효가 나타나지 않았던 이유로는 앞에서 본 바와 같이 포장 주인이 배추를 잘 키우기 위하여 피레스유제를 4회에 걸쳐 연속 살포함으로써 약제 저항성이 유발된 포장에서 시험을 실시한 결과로 해석되고, 휘경동 포장에서는 이 시험구에 전혀 피레스 제통의 약제를 살포하지 않았는데 방제가 60% 미만으로 떨어진 것은 봄부터 주위 포장에서 약제처리에 의해서 어느정도 저항성이 유발되었던 것이 비례하여 발생한 것으로 판단된다.

이로써 주창섭씨의 민원 내용에 대해서는 약제의 주성분이 떨어져 약효가 없었던 것이 아니고 피레스의 연용에 의하여 피레스로이드 시스템의 약제 저항성이 유발되어 나타난 현상으로 판단할 수 있다.

우리나라에서 지역별로 발생하는 배추좀나방이 피레스와 프로싱에 어느 정도 방제가 되는지를 알기위하여 국내 7개 농약제조회사 생물 실험실에 근무하는 분과함께 현지포장에서 실시한 것으로서 시험결과는 표 4와 같다.

Table 4. The Effect value of pyrethroids on the some area in Korea for the Diamondback moth *Plutella xylostella*

Test company	Test Method	Date of Survey	Place	'89 Effect value		'90 Effect value		
				Fenvalerate	Cypermethrin	Cypermethrin	Fenvalerate	
Kyung nong	% of living	3	Kyung ju	70.1	67.7	61.6	62.2	
				6	64.4	62.4	61.9	60.7(5)
				9	65.9	63.5	56.3	55.6(7)
Dong bang	% of living	7	Dae jun	89.2	—	—	81.1	
Sung bo	% of living	5	Wha chun	55.8	60.5	52.8	46.4(3)	
				10	34.5	31.8	52.5	49.0(7)
				15	73.0	52.0	0	0(14)
Han-nong	% of living	5	Peung tack	74.0	57.1	20.4	32.7(3)	
				10	77.9	54.5	5.2	26.1(7)
				15	73.0	52.0	0	0(14)
Chun jin	Damage value	15	Dae jun	71.2	65.9	61.5	59.7(3)	
				—	—	53.9	49.7(7)	
Cheil	Damage value	2	Dae ku	98.3	95.9	—	—	
Oriental	% of living	3	Jin chun	—	—	45.6	62.4	
				5	—	—	55.3	69.5
				10	—	—	64.0	71.9

() is 1990'survey date after treatment, which is different from 1989.

이 시험은 4개 도, 7개 장소, 14개 포장에서 실시한 포장 시험 결과로서 1989년 대구에서 실시한 프로싱유제와 피레스유제의 방제가는 각각 98.3% 및 95.9%로서 방제가가 높았으나, 1990 평택에서 실시한 피레스와 프로싱 유제의 포장방제 효과는 전혀 없었다. 그외에는 방제가 70~50%의 범위의 것이 68%, 30% 이하의 것이 24%로서 전국적인 방제가가 많이 떨어지고 있음을 알 수 있다.

피레스로이드계의 약제 저항성을 유발시키기 위하여 이완구씨 농가 포장에서 방제가 전혀 되지 않았던 공시충을 채집하여 실내에서 6세대 累代 사육한 후 감수성이 회복된 것을 확인

(Song 1990)한 다음 피레스로 6회를 처리 도태한 후의 감수성시험을 한 결과(표 5) JMC에 비하여 피레스유제가 341.8배, 프로싱유제가 544.3배의 저항성이 다시 유발 되었음을 확인 하였다.

이와 같은 사항은 저항성이 유발되었던 것이라도 수 세대 실내 사육하면 감수성이 회복(兵 1988)되고 약제를 처리하면 저항성이 다시 발생되어 약제가 전혀 효과 발현을 하지 못하게 되고 있음을 알 수 있었다.

이로써 우리나라에서는 배추좀나방의 피해가 증가하고 있으나 배추좀나방 방제용으로 개발된 약제가 극히 없는 실정이고, 또한 피레스로

Table 5. The comparison of Insecticide resistance by treatment of pyrethroids in the Diamondback moth *Plutella xylostella*

Insecticides	Insect	LD ₅₀ /4th instar(95% significant range)		% of Resistant (R/S)
		Dose	Lower-Upper	
Cypermethrin	JMC ^a	0.012	0.012-0.007	0
	Before treatment	0.051	0.074-0.038	5.8
	6th treatment	4.102	3.701-8.203	341.8
Fenvalerate	JMC	0.007	0.009-0.005	0
	Before treatment	0.049	0.072-0.036	7.0
	6th treatment	3.810	2.980-7.800	544.3

^a Susceptible strain of pyrethroids.

이드 약제는 오래동안 약제살포를 중단하면 저항성이 회복되는 것을 고려할 때 사용자가 약제를 사용함에 있어 같은 약제의連用을 絶對禁하고 계통이 달라 교차 저항성의 유발이 적은 數種의 다른 약제와의 交互사용을 한다면, 이 약제에 대한 배추좀나방의 포장의 약제 저항성 문제는 해결될 수 있을 것으로 생각한다.

인용문헌

白雲夏. 1966. 채소의 害蟲. 농림해충학. 향문사. 185~208.
 최귀문, 한상찬, 이문홍, 조왕수, 안성복, 이승환. 1990. 原色圖鑑 菜蔬害蟲生態와 防除. 農業技術研究所. 49~50.
 조왕수, 이승환, 안성복, 김인수, 이상범, 권용정. 1990. 所得作物害蟲種類調査. 試驗研究報告書. 農村振興廳農業技術研究所. 339~360.
 福社, 俊樹と山本, 直樹. 1984. 數種殺蟲劑に對するコナガの低抗性スペクトル¹⁾. 日應動昆. 第30卷第4號: 277~284.
 Hama Hiroshi. 1987. Development of pyrethroid resistance in the diamondback moth, *plutella xylostella* Linne (Lepidoptera: yponomeutidae). Appl. Ent. Zool. 22(2) : 166~175.
 Hama H., Y. Kono & Y. Sato. 1987. Decreased sensitivity of central nerve to fenvalerate in the pyrethroid-resistant diamondback moth, *Plutella xylostella* Linne (Lepidoptera: Yponomeutidae). Appl. Ent. Zool. 22(2) : 176~180.
 兵 弘司. 1988. 코나가의fenvalerate低抗性의安定性. 日應動昆. 第32卷第3號: 210~214.
 한만중. 1983. 배추좀나방 약제방제 효과시험. 농약의 品目告示試驗報告書. 農村振興廳 農藥研究所. 249~250.
 玄鴻柱. 1990. 農藥管理法 및 施行令 그리고 施行規則. 大韓民國 現行法令集. (合本版). 1461~1524.

腰原達雄, 山口福男, 加藤喜中郎, 中込軍雄, 佐ワ木善隆と坂井道彦. 1982. あぶらな科野菜の害蟲とその防除, コナガを中心として一. 武田植物防疫 業書 第4卷. 全國農村教育協會 1~122.
 김길하, 이준호, 조광연. 1991. 배추좀나방의 Fenvalerate에 대한 低抗性 遺傳. 韓應昆誌 30(2), 101~166.
 김인수, 김지인, 안성복, 조왕수, 한상찬. 1988. 施設園藝作物의 害蟲發生과 被害調査. 試驗研究報告書. 農村振興廳農業技術研究所. 686~705.
 김지인, 유재기, 권영욱. 1982. 배추좀나방 防除效果試驗. 농약의 品目告示 試驗報告書. 農村振興廳 農藥研究所. 45~46.
 김명화. 1990. 남부지방에서 배추좀나방(*plutella xylostella*)의 發生生態에 관한 研究 碩士學位論文 全南大學校 32pp.
 李炳駟, 文 源. 1990. 韓國의 채소원예. 園藝學(1). 韓國放送通信大學 17~25.
 Liu, M.Y. & C.N. Sun. 1984. Rearing DBM(Lepidoptera: Yponomeutidae) on rape seedings by a modification of the koshihara and yamada method. J.E. con. Entomol. 77 : 1608~1609.
 Miyata, T., V. Noppun & T. Saito. 1990. Inheritance of resistance to phenthoate and fenvalerate in the DBM. International workshop on the management of DBM and other crucifer pests. general INFO program abstract a participants. 45.
 Motoyama, N., T. Suganuma & Y. Maekoshi. 1990. Biochemical and physiological characteristics of insecticide resistance in the DBM. International workshop on the management of DBM and other crucifer pests. general INFO program abstracts participants. 41.
 永田 徹. 1983. 農作害蟲, 殺蟲劑低抗性의歷史, 現況および對策. 藥劑低抗性. ソフトサイエンス. 9~31.
 Shelton, A.M. & J.A. Wyman. 1990. Insecticide resistance of diamondback moth in north america. International workshop on the mangement of

- DBM and other crucifer pests. general INFO program abstracts participants. 43.
- Song, S.S. 1989. Sensitivity of various insecticides on *plutella xylostella* (Lepidoptera: Yponomeutidae). annual reports of biological inspection on the chemicals of NAMIO in Korea. 47~54.
- Song, S.S. 1990. Sensitivity of various insecticides on *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Yponomeutidae). annual reports of biological inspection on the chemicals of NAMIO in Korea. 49~54.
- 山田 偉雄, 山崎 健次. 1983. コナガの發育, 産卵および増殖に及す温度の影響. 日本應動昆. 27(1), 17~21.

(1991년 12월 10일 접수)