

강원도 고랭지대 배추경작지 배추좀나방(*Plutella xylostella* L.)의 유기인계 및 카바메이트계 살충제에 대한 저항성 발달

조준모 · 김경주 · 김성문 · 허장현* · 한대성

강원대학교 농업생명과학대학 자원생물환경학부

요약 : 강원도 고랭지대 배추경작지에서는 동일한 살충제가 매년 수회씩 연용되고 있으며, 여러 살충제의 혼용살포도 배추좀나방 방제가 어려운 것으로 보고되고 있다. 본 실험의 목적은 강원도 고랭지대 배추경작지에서 발생하는 배추좀나방(*Plutella xylostella* L.)에 대한 유기인계 및 카바메이트계 살충제의 저항성 발달 정도를 구명하는데 있다. 강원도 계춘, 장평, 태백, 춘천, 홍천의 배추경작지에서 발생한 배추좀나방을 채집하여 유기인계 살충제인 chlorpyrifos, diazinon, fenitrothion, profenofos, phenthoate, flupyrazofos와 카바메이트계 살충제인 carbofuran, benfuracarb, furathiocrb에 대한 LC₅₀을 감수성종과 비교하여 저항성 발달정도를 검정하였다. 유기인계 살충제인 chlorpyrifos에 대한 태백종과 홍천종의 LC₅₀은 216.9 ppm과 589.0 ppm으로 감수성종의 LC₅₀인 6.25 ppm과 비교하여 각각 35배와 94배 높았고, fenitrothion에 대한 태백종과 홍천종의 LC₅₀은 각각 240.3 ppm과 960.1 ppm으로 감수성종의 LC₅₀ 3.9 ppm과 비교하여 70배와 254배 높았으며, profenofos에 대한 춘천종의 LC₅₀ 39.2 ppm은 감수성종의 LC₅₀ 1.1 ppm과 비교하여 37배 높았다. 그러나 diazinon, phenthoate, flupyrazofos에 대한 감수성종과 포장종의 LC₅₀에는 차이가 거의 없었다. 카바메이트계 살충제의 경우 benfuracarb에 대해서만 저항성이 나타났는데, benfuracarb에 대한 춘천종의 LC₅₀은 257.8 ppm으로 감수성종의 LC₅₀ 13.34 ppm과 비교하여 19배 높았다. 본 실험의 결과는 약제간, 지역간 차이는 있었으나 강원도 고랭지 배추 재배지에서 발생하는 배추좀나방이 일부 유기인계 및 카바메이트계 살충제에 대하여 저항성이 발달되었다는 것을 시사한다.(2001년 2월 28일 접수, 2001년 3월 12일 수리)

Key words : resistance, diamondback moth, *Plutella xylostella* L., organophosphorus insecticides, carbamate insecticide.

서론

배추좀나방(diamondback moth)은 배추, 무, 양배추와 같은 십자화과 채소를 가해하는 세계적인 중요 해충으로, 국내에서는 1980년대 중반부터 문제가 되기 시작하여 강원도 고랭지대와 대도시 인근의 시설재배지 등 채소 연작 지역에서 심각한 피해를 일으키는 것으로 알려져 있다(최 등, 1992). 배추좀나방을 방제하기 위하여 다양한 방법이 개발되어 있지만, 그 중 살충제를 이용하는 화학적 방제법이 농가에서 보편적으로 이용되고 있다. 그러나 살충제의 오남용으로 인하여 살충제 저항성 배추좀나방이 출현하였으며, 이의 방제에 많은 어려움이 있는 것으로 알려져 있다.

배추좀나방의 약제 저항성은 전세계적으로 유기염소계인 DDT(Ankersmit, 1953), 유기인계(Sun 등, 1978; Miyata 등, 1982; Noppun 등, 1984), 카바메이트계(Sun 등, 1978; Noppun 등, 1984), 합성 피레스로이드계(Hama, 1987)와 IGR인 benzylurea계(Perng과 Sun, 1987), 미생물 농약인 BT제(Tabashnikm 등, 1990)에 대하여 보고된 바 있다. 국내에서는 90년대에 들어 pyrethroid계(김 등, 1990 ; 송, 1992 ; 김과 이, 1993), BT제(송, 1991), 유기인계와 카바메이트계(김과 이, 1993) 살충제에 대한 배추좀나방의 저항성이 보고되었다.

국내에서 살충제에 대한 배추좀나방의 저항성 발달 연구

는 주로 경기 이남지역을 중심으로 수행되었다. 그러나 하계배추의 70% 이상을 생산하는 강원도 고랭지의 경우, 송(1991, 1992)과 이 등(1993)에 의한 연구가 전부인 실정이다. 우리나라 고랭지 면적 16,492 ha 중 99.8%가 위치한 강원도 고랭지대에서는 연중 낮은 기온과 다습한 기후 특성상 배추, 무, 당근, 양채류가 연작 혹은 윤작되고 있으며(김 등, 1999), 이 지역에서의 농업 특성상 해충방제용 살충제가 경작기간 동안 수회에 걸쳐 살포되고 있다(김 등, 1998c). 이렇듯 연용되는 살충제로 인하여 이 지역에서 서식하는 해충의 약제 저항성문제가 심화되었을 것이라 추정되어, 이에 대한 방제 대책이 요구된다.

본 연구는 강원도 고랭지대 경작지에서 1990년대 초반부터 심각한 문제를 일으키는 것으로 알려진 배추좀나방의 유기인계 및 카바메이트계 살충제에 대한 저항성 발달 수준을 구명하여, 배추좀나방 방제를 위한 기초자료로 이용하고자 수행되었다. 본 연구에서는 강원도의 대표적인 고랭지대 5개 지역으로부터 배추좀나방을 채집한 후, 각 약제의 LC₅₀을 구하고, 이를 감수성종에 대한 LC₅₀과 비교하여 저항성 발달정도를 결정하였다.

재료 및 방법

시험곤충

시험곤충인 배추좀나방은 해발 600 m 이상의 준고냉지인 춘천시 서면 월송리, 홍천군 내면 자운리, 평창군 용평

*연락처

Table 1. Insecticides used in the study

Insecticide	Chemical name	Purity (%)
Organophosphate		
Chlorpyrifos	O,S-dimethyl acetylphosphoram idothioate	96.0
Diazinon	O,O-diethyl O-2-isopropyl-6-methyl pyrimidin-4-yl phosphorothioate	95.0
Profenofos	O-4-bromo-2-chlorophenyl O-ethyl S-propyl phosphorothioate	96.0
Fenitrothion	O,O-dimethyl O-4-nitro-m-tolyl phosphorothioate	95.0
Phenthoate	Ethyl 2-dimethoxyphosphinothioylthio(phenyl)acetate	91.7
Flupyrazofos	O,O-diethyl-O-1-phenyl-3-trifluoromethylpyrazol-5-yl phosphorothioate	96.4
Carbamate		
Carbofuran	2,3-dihydro-2,2-dimethylbenzofuran-7-yl N-methyl-carbamate	97.9
Furathiocarb	Butyl-2,3-dihydro-2,2-dimethylbenzofuran-7-yl N,N'-dimethyl-N,N'-thiodicarbamate	95.0
Benfuracarb	Ethyl N-[2,3-dihydro-2,2-dimethylbenzofuran-7-yl-oxyl carbonyl(methyl)aminothio]-N-isopropyl-β-alaniate	90.0

면 장평리 및 계촌 방림면 계촌리, 태백시 매봉산에서 1999년 7월부터 10월까지 채집을 하였다. 채집된 배추좀나방은 온도 25±1℃, 상대습도 50%, 16/8 hr(낮/밤) 광조건의 항온실 내에서 4세대 순화시켰고, 5세대~7세대의 3령충을 실험에 사용하였다. 이들 포장계통과 비교할 감수성 계통은 1999년 8월에 한국화학연구원으로부터 분양받아 약제에 노출없이 계대사육한 것을 사용하였다.

살충제

실험에 사용된 살충제는 총 9종으로, 유기인계 6종과 카바메이트계 3종이었으며 약제들의 일반명, 화학명 및 순도는 표 1과 같다.

약제 처리 방법

약제는 엽면침지법에 준하여 처리하였다. 양배추(*Brassica oleracea var. capitata* L.) 절편(지름 3 cm)을 시험약액(최종 처리액 10% acetone, 100 ppm Triton X-100 함유)에 30초간 침적한 후, 1시간 동안 음건하였다. 처리된 엽편을 여과지가 깔려 있는 페트리디쉬(내경 5 cm)에 넣은 후, 각 처리당 시험충 10마리씩 3반복 접종하였다. 이 페트리디쉬를 온도 25±1℃, 상대습도 50%, 광조건 16/8 hr(낮/밤)의 항온항습실에 두었다. 접종 24시간 후, 처리구의 사충수를 조사하고 Finney(1971)의 probit 계산법에 의하여 반수치사 농도(LC₅₀)를 계산하였다.

결과 및 고찰

강원도 전역에 걸쳐 조성된 고랭지 배추 경작지 중 대표적 지역인 계촌, 장평, 태백, 춘천, 홍천에서 채집된 배추좀나방의 유기인계 6종과 카바메이트계 살충제 3종에 대한 저항성 발달 정도를 조사한 결과는 다음과 같다.

Table 2. Toxicity of insecticide to susceptible population of diamondback moth

Insecticide	Slope	LC ₅₀ (ppm)±SE	95% FL ^{a)}
Chlorpyrifos	2.09	6.25±0.83	4.8-8.1
Profenofos	2.76	1.05±0.12	0.8-1.3
Fenitrothion	2.68	3.88±0.33	3.3-4.6
Diazinon	1.79	5.76±0.82	4.3-7.6
Phenthoate	2.53	1.65±0.21	1.3-2.1
Flupyrazofos	3.85	0.54±0.04	0.4-0.6
Carbofuran	3.06	9.44±1.02	7.6-11.7
Furathiocarb	2.82	13.17±1.32	10.9-16.0
Benfuracarb	3.31	13.34±1.17	11.2-15.8

^{a)} Fiducial limit.

Chlorpyrifos에 대한 모든 포장 계통의 LC₅₀은 감수성 계통의 LC₅₀보다 높았지만, 지역마다 큰 차이를 나타내었다. 즉, chlorpyrifos에 대한 감수성 계통의 LC₅₀은 6.3 ppm(표 2)이었으나, 계촌, 장평, 태백, 춘천 및 홍천 계통의 LC₅₀은 각각 13.6 ppm, 36.0 ppm, 216.9 ppm, 60.8 ppm와 584.0 ppm이었다(표 3). 이러한 결과는 강원도 고랭지대, 특히 태백과 홍천의 배추경작지에 발생하고 있는 배추좀나방이 유기인계 살충제인 chlorpyrifos에 대하여 저항성 발달이 많이 되어 있음을 시사하여주고 있다. 동일 행정 구역인 평창군의 서로 다른 지역인 계촌과 장평에서 채집된 배추좀나방의 chlorpyrifos에 대한 LC₅₀간에는 2.6 배의 차이가 나타났는데(표 3), 이러한 결과는 동일 행정구역내의 상이한 위치에 따라 저항성 발달 수준이 서로 다르다는 점을 시사하는 것이다.

강원도 고랭지대의 배추좀나방이 국내에는 방제약제로

Table 3. Toxicity of organphosphorus insecticides to field populations of diamondback moth

Insecticide	Population	Slope	LC ₅₀ (ppm) ± SE	95% FL ^{a)}	RR ^{b)}
Chlorpyrifos	Keichon	1.07	13.64 ± 4.43	7.2-25.8	2.2
	Jangpyong	2.19	35.99 ± 4.23	28.6-45.3	5.8
	Taebaek	1.20	216.88 ± 33.89	159-294.6	34.7
	Chunchon	1.15	60.79 ± 11.09	42.6-86.9	9.7
	Hongchon	1.57	583.99 ± 106.64	408.5-833.4	93.5
Profenofos	Keichon	1.29	3.46 ± 0.74	2.3-5.3	3.3
	Jangpyong	3.81	1.78 ± 0.14	1.5-2.1	1.7
	Taebaek	1.87	4.53 ± 0.54	3.6-5.7	4.3
	Chunchon	1.39	39.18 ± 6.78	27.9-55.0	37.5
	Hongchon	2.58	4.51 ± 0.52	0.5-4.3	4.3
Fenitrothion	Keichon	1.76	29.66 ± 3.74	23.1-38.0	7.7
	Jangpyong	2.36	71.88 ± 10.18	54.4-95.2	18.5
	Taebaek	1.19	240.29 ± 34.98	181.0-319.5	62.0
	Hongchon	1.99	960.60 ± 157.48	774.3-1169.2	247.6
Diazinon	Keichon	2.13	3.52 ± 0.42	2.8-4.5	0.6
	Jangpyong	1.28	22.49 ± 4.67	15.0-33.8	3.9
	Taebaek	2.27	33.64 ± 5.51	24.4-49.4	5.8
	Chunchon	0.59	23.42 ± 9.41	10.7-51.4	2.3
	Hongchon	2.58	18.89 ± 1.31	15.8-22.6	3.3
Phenthoate	Keichon	2.29	4.64 ± 0.49	3.8-5.7	2.8
	Jangpyong	2.07	1.94 ± 0.29	1.4-2.6	1.2
	Taebaek	2.49	1.82 ± 0.19	1.5-2.2	1.1
	Chunchon	1.87	4.44 ± 0.91	3.4-5.8	2.7
	Hongchon	2.27	5.39 ± 0.89	3.9-7.4	3.3
Flupyrzofos	Keichon	2.33	1.21 ± 0.16	0.9-1.6	2.5
	Jangpyong	3.82	0.93 ± 0.07	0.8-1.1	1.9
	Taebaek	4.39	1.14 ± 0.05	1.0-1.3	2.3
	Chunchon	4.51	0.74 ± 0.05	0.6-0.9	1.4
	Hongchon	2.20	0.69 ± 0.07	0.6-0.9	1.4

^{a)} Fiducial limit.

^{b)} Resistance ratio ; LC₅₀ to field population / LC₅₀ to susceptible population.

등록되지도 않은 chlorpyrifos에 대하여 저항성이 발달되었다는 본 연구의 결과는 상당히 흥미로운 사실이다. 충북지역에서 채집된 배추좀나방 역시 chlorpyrifos에 대하여 12~19배의 저항성을 보였는데(김과 이, 1993), 이러한 결과는 배추경작지에 발생하는 다양한 해충, 예를들면, 배추좀나방, 과밤나방, 진딧물, 배추흰나비를 동시에 방제하기 위하여 경작자들이 적용범위가 넓은 chlorpyrifos를 연용하였기에 나타난 것이라 추정된다(김과 이, 1993 ; 양 등, 1993).

Profenofos에 대한 감수성 계통의 LC₅₀은 1.1 ppm이었다(표 2). Profenofos에 대한 계촌, 장평, 태백, 흥천 계통의 LC₅₀은 감수성 계통의 LC₅₀보다 1.7~4.3배 높았지만, 춘천 계통의 LC₅₀은 감수성 계통의 LC₅₀보다 무려 37.5배 높았다(표 3). 배추좀나방 방제에 탁월한 효능을 갖는 profenofos(Tomlin, 2000)에 대하여 춘천계통이 보인 높은

저항성은 이 약제가 갖는 특성인 높은 도태압(selection pressure)에 의하여 유발된 것인지, 이 약제의 연용에 의한 것인지, 아니면 타 약제의 사용으로 인한 교차저항성(Cheng, 1988)에 의한 것인지는 명확하지 않다. 이를 구명하기 위해서는 이 약제가 실제 포장에서 얼마나 많이 사용되고 있는지에 대한 조사가 선행되어야 할 것으로 판단된다(Nigel, 1997).

Fenitrothion의 감수성 계통에 대한 LC₅₀은 3.9 ppm(표 2)이었고, 계촌, 장평, 태백, 흥천 계통의 LC₅₀은 감수성 계통의 LC₅₀과 비교하여 각각 7.7배, 18.7배, 62.0배, 247.6배 높았다(표 3). 일본내 포장계통 배추좀나방의 fenitrothion에 대한 저항성 발달은 유기인계와 카바메이트계 약제의 작용점인 acetylcholinesterase의 insensitivity와 곤충체내에서의 대사에 의한 것이라 보고된 바 있지만(Konno와 Shishido, 1994), 국내에서 이 약제에 대한 저항성 배추좀

나방에 대해서는 연구된 바가 없다. Fenitrothion은 배추재배시 발생하는 해충의 방제를 위하여 등록된 것도 아니며(농약공업협회, 2000), 본 연구의 결과는 다른 유기인계 약제의 사용에 따른 교차저항성이거나 혹은 경작자들이 이 살충제를 임의 살포하여 나타난 결과라 추정된다.

Diazinon, phenthoate, flupyrazofos에 대한 감수성 계통의 LC₅₀은 각각 1.79 ppm, 2.53 ppm, 3.85 ppm이었으며(표 2), 이들 살충제에 대한 포장 계통 배추좀나방의 LC₅₀은 감수성 LC₅₀과 유사하였다(표 3). 이러한 결과는 강원도 고랭지대에서 발생한 배추좀나방이 유기인계 살충제 중 diazinon, phenthoate, flupyrazofos에 대해서는 저항성이 발달되지 않았다는 것을 나타낸다. Diazinon과 phenthoate는 1980년대부터 배추좀나방의 방제를 위하여 사용된 대표적인 살충제이며 저항성 발달도 이미 보고되어 있다(Konno와 Shishido, 1994). 따라서 강원도 고랭지 지역에서 이들 약제에 대한 저항성이 확인되지 않았다 하더라도 약제 사용에 있어 주의가 요구된다. 본 연구에서 flupyrazofos에 대한 배추좀나방의 저항성 발달은 발견되지 않았는데, 이는 남부 5개지역을 대상으로 행한 김 등(1998)의 결과와 동일한 것이다. Flupyrazofos에 대하여 배추좀나방의 저항성이 발달되지 않은 이유로는 이 약제가 국내에서는 1990년대 후반부터 소개되어 비교적 사용기간이 짧았다는 점을 들 수 있다. 일반적으로 저항성 발달은 약제의 약효가 높을수록, 사용연한이 길수록 더 잘 이루어지는 것으로 알려져 있기에(Georghiou와 Talor, 1977), 신규약제인 flupyrazofos를 효율적으로 사용한다면 살충제 저항성 배추좀나방의 문제를 지연 혹은 방지할 수 있을 것이라 사료된다(김 등, 1998a).

카바메이트계 살충제인 carbofuran과 furathiocarb에 대한 감수성 배추좀나방의 LC₅₀은 각각 9.4 ppm과 13.2 ppm이었다(표 2). Carbofuran과 furathiocarb에 대한 포장 계통 배추좀나방의 LC₅₀은 감수성종과 비교하여 1.1배~2.3배 밖에는 차이가 나지 않았기에(표 4), 강원도 고랭지대

배추경작지의 배추좀나방은 이들 두 살충제에 대해서는 저항성이 발현하지 않았다고 판단된다.

카바메이트계 살충제 중 benfuracarb에 대한 감수성 배추좀나방의 LC₅₀은 9.44 ppm(표 2)이었고, 계춘, 장평, 태백 계통의 LC₅₀은 감수성종의 LC₅₀과 비교하여 3.5배 이하로 큰 차이가 없었다(표 4). 그러나 춘천 계통 배추좀나방의 LC₅₀은 감수성종 배추좀나방의 LC₅₀과 비교하여 19.3배 높았는데(표 4), 이 결과는 춘천 계통의 배추좀나방이 benfuracarb에 대하여 높은 저항성을 발현하였다는 것을 나타내고 있다. Benfuracarb의 저항성 발달에 대한 보고는 현재 국내에 알려지지 않았으며, 배추좀나방 뿐만 아니라 배추경작시 발생하는 해충의 방제를 위해서 등록되어 있지 않기에(농약사용 지침서, 2000), 이에 대한 추가적인 연구도 진행되어야 할 것으로 사료된다.

본 연구의 결과는 강원도 고랭지 배추 재배지에서 발생하는 배추좀나방이 지역에 따라 일부 유기인계 및 카바메이트계 살충제에 대하여 저항성이 발달되어 있음을 나타내고 있다. 저항성 발달 정도는 지역 및 약제별로 큰 차이를 나타내고 있었는데, 이는 지역에 따른 선호 살충제의 차이, 약제의 연용 여부, 사용 횟수의 차이, 동일작물의 연작여부에 기인한 것이라 사료된다(Georghiou와 Talor, 1977; 김과 이, 1993; 김 등, 1998b). 특히, 동일지역에서 동일한 유기인계 살충제임에도 불구하고 약제간에 저항성 발달 수준의 차이가 나타난 것은 배추좀나방의 유기인계 살충제에 대한 저항성 발달 기작이 다양하고 교차저항성 발달 관계가 매우 복잡하기 때문이라 사료된다(Cheng, 1988).

현재 국내에서는 배추좀나방 방제를 위하여 20여 종의 상품이 시판되고 있으며, 이 중에는 spinosad, emamectin benzoate와 같은 신규 농약도 포함되어 있다. 배추좀나방의 방제를 위해서는 계통이 서로 다른 농약을 교호 살포하도록 추천하고 있으나, 농업경작자들은 기존에 등록되어 있는 유기인계나 카바메이트 농약을 살충제를 교호살포시 사용하는 경향이 있기에, 이들 농약에 대한 배추좀나방의 저

Table 4. Toxicity of carbamate insecticides to field populations of diamondback moth

Insecticide	Population	Slope	LC ₅₀ (ppm)±SE	95% FL ^{a)}	RR ^{b)}
Carbofuran	Keichon	2.50	36.62±2.13	30.6-43.9	3.9
	Jangpyong	1.66	13.84±2.13	10.2-18.7	1.5
	Taebaek	3.09	34.50±3.56	28.2-42.3	3.7
	Chunchon	2.24	13.64±1.72	10.7-17.5	1.4
Furathiocarb	Keichon	1.56	27.55±4.13	20.5-36.9	2.1
	Jangpyong	1.68	16.63±2.39	12.6-22.0	1.3
	Taebaek	1.94	30.62±4.29	23.3-40.3	2.3
	Chunchon	1.41	14.31±2.84	9.7-21.1	1.1
Benfuracarb	Keichon	1.03	44.79±12.35	26.1-77.0	3.4
	Jangpyong	1.09	38.26±9.40	23.6-62.1	2.9
	Taebaek	1.95	43.76±5.45	34.5-55.8	3.3
	Chunchon	1.72	257.77±32.38	201.0-330.2	19.3

^{a)} Fiducial limit.

^{b)} Resistance ratio ; LC₅₀ to field population / LC₅₀ to susceptible population.

항성 발달이 우려된다. 따라서 효과적인 배추좀나방의 방제를 위해서는 앞으로 지역별로 다양한 약제에 대한 지속적인 저항성 모니터링과 더불어 실제 농업 경작자들의 살충제 사용 실태 조사, 교호살포시 이용되는 신 구약제들의 조합 연구, 신농약의 저항성 발달 연구가 병행되어야 할 것이라 판단된다.

인용문헌

- Ankersmit, G. W. (1953) DDT-resistance in *Plutella maculipennis* (CURT.) (Lep.) in java. Bull. Entomol. Res. 44:421~426.
- Cheng, E. Y. (1988) Problems of control of insecticide-resistant *Plutella xylostella*. Pestic. Sci. 23:177~188.
- Finney, D. J. (1971) Probit analysis estimation of the median effective dose. pp.19~47. Cambridge Univ. Press. Cambridge. England.
- Georghiou, G. P. and C. E. Talor (1977) Pesticide resistance as an evolutionary phenomenon. pp.19~27, In Proceeding XV International Congress of Entomology. Washington D. C..
- Hama, H. (1987) Development of pyrethroid resistance in diamondback moth, *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera : Yponomeutidae). Appl. Ent. Zool. 22: 166~175.
- Konno Y. and T. Shishido (1994) A relationship between the chemical structure of organophosphates and insensitivity of acetylcholinesterase in the diamondback moth, *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera : Yponomeutidae). Appl. Entomol. Zool. 29:595~597.
- Miyata, T., H. Kaeai, and T. Saito (1982) Insecticide resistance in the diamondback moth, *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera : Yponomeutidae). Appl. Entomol. Zool. 17:539~542.
- Nigel, J. A., J. A. Wightman, D. R. Jadhav, and G.V. R. Rao (1997) Status of insecticide resistance in *Spodoptra litura* in Andhra Pradesh, India. Pestic. Sci. 50:240~248.
- Noppun, V., T. Miyata, and T. Saito (1984) Decrease in insecticide resistance in the *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera : Yponomeutidae) on release from selection pressure. Appl. Ent. Zool. 19:531~533.
- Peng, F. S and C. N. Sun (1987) Susceptibility of diamondback moth (Lepidoptera : Plutellidae) resistance to conventional insecticides to chitin synthesis inhibitors. J. Econ. Entomol. 80:29~31.
- Sun, C. N., H. Chi, and H. T. Feng 1978. Diamondback moth resistance to diazinon and methomyl in Taiwan. J. Econ. Entomol. 71:551~554.
- Tabashnik, B. E., N. Finson, J. M. Schwart, M. A. Caprio, and M. W. Johnson (1990) Diamondback moth resistance to *Bacillus thuringiensis* in Hawaii. p27, In International workshop on the management of DBM and othe crucifer pest. General INFO program abstract participants.
- Tomlin, C. (2000) The pesticide manual (12th edi.). The British crop protection council.
- 김길하, 서영식, 이준호, 조광연 (1990) 배추좀나방의 fenvalerate에 대한 저항성 발달과 교차저항성. 한국응용곤충학회지 29(3):194~200.
- 김길하, 문선주, 장영덕, 조광연 (1998a) 신규 살충제 flupyrazofos의 배추좀나방에 대한 작용특성. 한국농약과학회지 2(3):117~125.
- 김상수, 유상신, 백채훈 (1998b) 차응애 야외개체군의 살비제 저항성. 한국응용곤충학회지 37(2):207~212.
- 김성문, 황기환, 박홍렬, 조준모, 박수진, 신현포, 허장현, 한대성 (1998c) 강원도 고랭지 씨감자 경작자들의 잡초방제 및 제초제 사용 실태. 한국농약과학회지 2(2):102~107.
- 김성문, 이안수, 김용호, 조준모, 허장현, 한대성 (1999) 강원도 옥수수 경작자들의 잡초방제 및 제초제 사용실태. 한국농약과학회지 3(3):54~59.
- 김순섭, 이형래 (1993) 충북지역의 배추좀나방 계통에 대한 살충제 저항성에 관한 연구. 충북대 농업과학연구 10(2): 116~125.
- 농약공업협회 (2000) 농약사용지침서.
- 송승석 (1991) BT제에 대한 배추좀나방의 약제저항성. 한국응용곤충학회지 30(4):291~293.
- 송승석 (1992) 피레스로이드제에 대한 배추좀나방의 포장 약제저항성의 변이. 한국응용곤충학회지 31(4):338~344.
- 양환승, 이승찬, 이두형 (1993) 삼정 신농약. p.286. 향문사.
- 이승찬, 조영식, 김도식 (1993) 배추좀나방(*Plutella xylostella* L.)의 독성시험법 비교와 지역별 약제저항성에 관한 연구. 한국응용곤충학회지 32(3):323~329.
- 최인후, 유재기, 나승용 (1992) 배추좀나방의 발생생태와 약제방제 효과. 농시논문집 (작물보호) 34(1):40~47.

Diamondback moth (*Plutella xylostella* L.) resistance to organophosphorus and carbamate insecticides in Kangwon alpine vegetable croplands

Jun-Mo Cho, Kyoung-Ju Kim, Songmun Kim, Jang-Hyun Hur*, and Dae-Sung Han(*Division of Biological Environment, Kangwon National University, Chuchon 200-701, Korea*)

Abstract : Diamondback moth (*Plutella xylostella* L.) recently became a single worst insect which is not controlled effectively by organophosphorus and carbamate insecticides in Kangwon alpine croplands. The objective of this study was to determine if diamondback moth has developed a resistance to organophosphorus and carbamate insecticides. Resistance of diamondback moth, collected at Keichon, Jangpyong, Taebaek, Chunchon, and Hongchon, was determined by the concentration required to kill fifty percent of population, LC₅₀. Their response of resistance varied to insecticides and locations: Taebaek populations were 35 and 70 times more resistant to chlorpyrifos and fenitrothion, respectively, than susceptible(S) population. Hongchon populations were 94 and 254 times more resistant to chlorpyrifos and fenitrothion, respectively, than S population. In addition, Chunchon populations were 37 and 19 times more resistant to profenofos and benfuracarb, respectively, than S population. However, the field populations did not differ in resistance to diazinon, phenthoate, flupyrzofos, carbofuran, and furathiocarb. This study show that field populations of diamondback moth found in Kangwon alpine vegetable croplands have developed a resistance and/or multiple resistance to some insecticides, implying that farmers are losing organophosphorus and carbamate insecticide options for selective control in vegetable crops.

*Corresponding author (Fax : +82-33-241-6640, E-mail : jhhur@cc.kangwon.ac.kr)