コナガの有機リン剤抵抗性の安定性

浜 弘 司

中国農業試験場

Stability of Resistance to Organophosphorus Insecticides in the Diamondback Moth, *Plutella xylostella* LINNÉ (Lepidoptera: Yponomeutidae). Hiroshi HAMA (Chugoku National Agricultural Experiment Station, Nishifukatsu, Fukuyama, Hiroshima 721, Japan). *Jpn. J. Appl. Ent. Zool.* **32**: 205–209 (1988)

Six field populations of the diamondback moth exhibiting moderate and high levels of resistance to organophosphorus insecticides were reared without insecticidal selection and the fluctuations in the resistance levels to various organophosphorus insecticides were investigated by the topical application method using 4th-instar larvae. The resistance to organophosphorus insecticides decreased as generations proceeded in all the populations tested but the degree and speed of the decrease were different among the populations. In the moderately resistant populations, Nagakute and Takano, the resistance to some organophosphorus insecticides decreased drastically only a few generations after collection. In the highly resistant populations, Tsumagoi, Yokota, Gobō and Naha, a drastic decrease was also observed in the 10–20th or further generations. Resistance spectrum to organophosphorus insecticides in the highly resistant populations hardly changed in spite of the decrease of the resistance.

はじめに

近年、コナガでは有機リン剤、カーバメート剤およびピレスロイド剤など各種薬剤に対する抵抗性が東南アジアを中心に顕在化し、その防除は年々むずかしくなっている (CHENG, 1986; MIYATA et al., 1986; SUN et al., 1986)。わが国でもコナガの主力防除剤である有機リン剤とピレスロイド剤の双方に高い抵抗性を示すコナガが西日本を中心に顕在化しており (NOPPUN et al., 1983; 牧野・堀切, 1985; 浜, 1986; HAMA, 1987), 抵抗性コナガに対する代替薬剤は非常に限られてきている。さらに、抵抗性コナガに有効な BT 剤に対しても、その連用によって新たな抵抗性発達が懸念されている (森下・東, 1987; 堀切, 私信)。

こうした状況から抵抗性発達を防止あるいは抑制する手段として、作用性の異なる薬剤を、ある間隔において順次使用する薬剤のローテーション技術の活用が望まれる。この技術を機能させるにはある薬剤の使用によって感受性が低下しても、他の薬剤を使用している期間にその薬剤に対する感受性が元のレベルに回復することが重要である (GEORGHIOU, 1980, 1983; ROUSH and MCKENZIE, 1987)。そのためには薬剤淘汰による抵抗性

発達の様相を明らかにすると同時に、いったん生じた抵抗性の安定性についても検討しておく必要がある。

わが国のコナガの有機リン剤抵抗性は発達程度の低い R1 から最も高い R5 までの 5 段階に類別される (浜, 1986) が、本研究では R3~5 に属する野外個体群を薬剤に接触させずに継代飼育し抵抗性レベルの推移を検討した。

報告に先だち、供試虫の採集にご協力いただいた国、公立の農業関係試験場、薬剤の原体を提供していただいた関連製薬会社に深謝する。また、供試虫の飼育を担当された山脇益恵さん、清水君子さんに御礼申し上げます。

材 料 と 方 法

1. 供試虫

供試虫は前報 (浜, 1986) で用いた 5 個体群と高野個体群で、それらの略歴と各種薬剤に対する感受性は Table 1, 2 のとおりである。すなわち、供試個体群の有機リン剤抵抗性の発達程度は長久手、高野個体群が R3, 嬌恋、横田個体群が R4, 御坊、那覇個体群が R5 段階である。これらの個体群の fenvalerate 感受性は那覇個体群で若干低いほかは、いずれも高く、ピレスロイド剤

1987 年 11 月 26 日受領 (Received November 26, 1987)

Table 1. Origin of organophosphorus-resistant populations of the diamondback moth^{a)}

Population	Collection site	Plant where collection was made	Date of collection	OP-resistance level ^{b)}
Tsumagoi	Tashiro, Tsumagoi in Gunma Pref.	Cabbage	Sep. 1983	R4
Nagakute	Nagakute in Aichi Pref.	do.	Early July 1984	R3
Gobō	Nada, Gobō in Wakayama Pref.	do.	Late Feb. 1983	R5
Yokota	Miino, Yokota in Shimane Pref.	do.	Early Oct. 1982	R4
Takano	Shinohara, Takano in Hiroshima Pref.	Japanese radish	Early June 1984	R3
Naha	Kanagusuku, Naha in Okinawa Pref.	Cabbage	Late July 1983	R5

a) Data derived from HAMA (1986) except for the Takano pupulation.
b) OP-resistance level was determined according to the criteria of HAMA (1986).

Table 2. Susceptibility of the S strain and organophosphorus-resistant populations of the diamondback moth to organophosphorus and carbamate insecticides^{a)}

Insecticide	LD ₅₀ (μg/larva)						
	S	Tsumagoi (2-4) ^{b)}	Nagakute (1)	Gobō (3-5)	Yokota (2-7)	Takano (2)	Naha (3-6)
1 Cyanofenphos	0.031	19	1.9	> 50	29	3.0	> 50
2 Dimethylvinphos	0.046	1.4	0.89	1.6	1.9	0.57	3.0
3 Methidathion	0.068	1.8	1.0	1.6	1.6	0.38	22
4 Profenofos	0.073	1.7	1.9	12	5.6	1.6	13
5 Prothiofos	0.089	11	15	39	24	6.4	42
6 Cyanophos	0.10	2.9	2.2	21	9.6	2.6	38
7 Phenthoate	0.13	1.7	1.1	27	8.3	1.1	> 50
8 Isoxathion	0.14	> 50	49	> 50	> 45	> 50	> 50
9 Salithion	0.43	13	6.1	19	11	4.1	27
10 Pirimiphos-methyl	0.48	7.3	—	31	8.7	—	17
11 Dichlorvos	0.73	9.0	—	19	9.6	—	15
12 Methomyl	0.86	—	29	> 50	> 45	6.4	—

a) Data derived from HAMA (1986) except for the Takano pupulation.
b) Numbers in parentheses indicate the generations after collection in which tests were conducted.

には抵抗性が発達していない (浜, 1986 ; HAMA, 1987 ; 浜, 未発表)。

各個体群につき、100 頭以上を採集し、羽化成虫50頭以上を確保したが、高野個体群は16頭の成虫から採卵した。採卵、幼虫の飼育は前報 (浜, 1986) に準じ、実験には体重 2.8 mg 前後の4 齢幼虫を用いた。

2. 供試薬剤

供試薬剤は Table 2 に示した 11 種の有機リン剤とカーバメート剤 methomyl で、いずれも関係会社より恵与された純度 90% 以上の原体である。

3. 薬剤感受性検定

薬剤感受性の検定は前報 (浜, 1986) に準じ局所施用法により実施した。

結 果

供試 6 個体群の有機リン剤 (一部 methomyl を含む)

に対する感受性を適宜検定し、各薬剤の LD₅₀ 値の感受性系統 (S) の LD₅₀ 値 (Table 2) に対する比 (抵抗性比) を算出し Fig. 1 に示した。感受性の検定は通常 1 世代から 2, 3 世代にわたって実施した。しかし、横田、那覇個体群では飼育 2, 3 世代から 6, 7 世代にわたり各薬剤を順次検定したが、その間主要な薬剤に対する感受性はほとんど変動がなかったので、結果はまとめて表示した。

長久手、高野個体群は室内飼育 1, 2 世代の検定では抵抗性発達程度は R3 段階であったが、次世代の検定で感受性は高まり、R2 段階となった。しかし、長久手個体群の dimethylvinphos, cyanophos, phenthoate, salithion、高野個体群の dimethylvinphos, methidathion, phenthoate, methomyl に対する抵抗性比はほとんど変わらなかった。

抵抗性発達が R4 段階の横田、横田個体群の抵抗性は

Fig. 1. Fluctuations of resistance to organophosphorus insecticides in 6 populations of the diamondback moth reared without insecticidal selection. Numbers in figure show generations in which tests were conducted. Arrows directed to the right indicate higher values.

数世代の間ほとんど変わらなかったが、孺恋個体群で 12, 13 世代、横田個体群で 20~22 世代での検定ですべての供試薬剤に対する感受性は著しく高まっていた。

抵抗性発達の最も著しい那覇個体群でも 14, 15 世代での検定で各薬剤に対する抵抗性比は 1/10 程度に低下していた。しかし、R5 段階の御坊個体群では 16 世代での検定では抵抗性比に変化はみられず、23 世代での検定で感受性の回復が確認された。この御坊個体群は 30, 31 世代での検定でもかなり高い抵抗性を保持していた。

抵抗性発達の著しい孺恋、横田、御坊、那覇個体群の感受性の回復は薬剤間で大きな違いがなく、感受性は回復しても各個体群の抵抗性スペクトルは類似していた。

考 察

コナガの有機リン剤抵抗性の安定性については数編の報告がある。NOPPUN et al. (1984) は phenthoate, prothiophos, cyanophos に高度の、acephate, methomyl, cartap に中程度の抵抗性をもつ沖縄、愛知個体群を 1 年以上継代飼育したところ、両者の有機リン 3 剤に対する感受性は完全に回復したことを確認している。この 2 個体群は最初の検定までに、それぞれ 12 か月、5 か月以上経過しており、感受性の回復には通算 1.5~2 年を要したことになる。台湾産個体群では 14 世代の飼育で diazinon に対する抵抗性比が約 1/3 になること (SUN et al., 1978) や、20 世代の飼育で malathion, dichlorvos, diazinon, phenthoate, mevinphos, endosulfan に対する抵抗性比が 1/3~1/7 になること (LEE and LEE, 1979) が報告されている。さらに、CHEN and SUN (1986) は野外の混合集団の mevinphos, profenofos, prothiophos に対する抵抗性比が 2, 3 世代から数世代の飼育でそれぞれ 1/32, 1/5, 1/16 となったことから、本種の有機リン剤抵抗性はピレスロイド剤やカーバメート剤抵抗性より安定性が低いことを指摘している。一方、WANG and FENG (1986) は台湾産コナガを mevinphos, carbofuran, fenvalerate, permethrin でそれぞれ淘汰した抵抗性系統を淘汰を中止し 5 世代後に検定したところ、carbofuran 抵抗性が 1/8 以下であったほかは感受性の回復は若干にすぎなかったという。このようにコナガの有機リン剤抵抗性では数世代から 10 数世代で、その感受性はかなり回復するようであるが、抵抗性の発達程度と安定性の関連については言及されていない。

本研究で、6 個体群の有機リン剤抵抗性の安定性と抵抗性発達程度との関連がみられた。すなわち、抵抗性発達の低い長久手、高野個体群では 2, 3 世代で数倍から

10 倍感受性は高まったが、抵抗性発達の著しい孺恋、横田、御坊、那覇個体群では感受性の大幅な回復は 10 数世代から 20 世代以降の検定で確認された。

薬剤抵抗性の安定性は抵抗性に関与する遺伝子自体の適応度や抵抗性遺伝子以外の因子 (すなわち遺伝的背景) の違いに起因するものと思われるが、両者を厳密に区別した研究は数例あるにすぎない (ROUSH and MCKENZIE, 1987)。本研究で用いた個体群はいずれも野外個体群であって、有機リン剤抵抗性に関与する遺伝子についても不明であるので、個体群間の安定性の違いが何に起因するものか明らかでない。

最近の抵抗性発達のシミュレーションによれば、抵抗性発達は個体の移出や移入によって大幅に抑制されるという (GEORGHIOU and TAYLOR, 1977; TAYLOR and GEORGHIOU, 1979; WOOD and MANI, 1981)。本研究の結果は室内の閉鎖集団を用いたもので、厳しい環境下で個体の移出・入のある野外では薬剤の使用中止によって感受性の回復は促進されるものと思われる。

感受性の回復は R3 に属する長久手、高野の 2 個体群を除いて薬剤間の違いは小さく、感受性が回復しても抵抗性スペクトルの変化は小さかった。このことはコナガの有機リン剤抵抗性の交差抵抗性に起因するものと思われる。本種の有機リン剤間の交差抵抗性については淘汰試験によって確認されている (佐々木, 1982; CHOU and CHENG, 1983; CHENG et al., 1985; NOPPUN et al., 1987)。

摘 要

有機リン剤抵抗性の発達程度の異なる 6 個体群のコナガを、薬剤に接触させずに継代飼育し有機リン剤抵抗性の安定性について検討した。

いずれの個体群も継代飼育によって有機リン剤に対する感受性は高まったが、その速度は個体群によって異なった。すなわち、抵抗性発達が中程度の長久手、高野個体群では 2, 3 世代の飼育で一部の薬剤に対する感受性は回復したが、抵抗性発達の著しい孺恋、横田、御坊、那覇個体群の大幅な感受性の回復は 10 数世代から 20 世代以上を要した。

また、御坊個体群では 30 世代の検定でもかなり高い抵抗性を保持していた。

抵抗性発達の著しい 4 抵抗性個体群の感受性の回復は薬剤間で大きな違いがなく、感受性は回復しても抵抗性スペクトルの変動は小さかった。

引用文献

- CHEN, J.S. and C.N. SUN (1986) Resistance of diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) to a combination of fenvalerate and piperonyl butoxide. *J. Econ. Entomol.* **79**: 22—30.
- CHENG, E.Y. (1986) The resistance, cross resistance, and chemical control of diamondback moth in Taiwan. *In*: Diamondback Moth Management. (N.S. TALEKAR and T.D. GRIGGS eds.), Taiwan: The Asian Vegetable Research and Development Center, pp. 329—345.
- CHENG, E.Y., T. CHOU and C. KAO (1985) Insecticide resistance study in *Plutella xylostella* (L.) VI. An experimental analysis of organophosphorus and synthetic pyrethroid resistances. *J. Agric. Res. China* **34**: 96—104.
- CHOU, T. and E.Y. CHENG (1983) Insecticide resistance study in *Plutella xylostella* (L.) III. The insecticide susceptibilities and resistance response of a native susceptible strain. *J. Agric. Res. China* **32**: 146—154.
- GEORGHIOU, G.P. (1980) Insecticide resistance and prospects for its management. *Residue Rev.* **76**: 131—145.
- GEORGHIOU, G.P. (1983) Management of resistance in arthropods. *In*: Pest Resistance to Pesticides. (G.P. GEORGHIOU and T. SAITO eds.), New York: Plenum Press, pp. 769—792.
- GEORGHIOU, G.P. and C.E. TAYLOR (1977) Genetic and biological influences in the evolution of insecticide resistance. *J. Econ. Entomol.* **70**: 319—323.
- 浜 弘司 (1986) 各種殺虫剤に対するコナガの抵抗性スペクトル. *応動昆* **30**: 277—284.
- HAMA, H. (1987) Development of pyrethroid resistance in the diamondback moth, *Plutella xylostella* LINNÉ (Lepidoptera: Yponomeutidae). *Appl. Ent. Zool.* **22**: 166—175.
- LEE, S. and W. LEE (1979) Studies on the resistance of diamondback moth, *Plutella xylostella* to commonly used insecticides. *J. Agric. Res. China* **28**: 225—236.
- 牧野 晋・堀切正俊 (1985) コナガの合成ピレスロイドに対する感受性の低下について. *九病虫研会報* **31**: 175—178.
- MIYATA, T., T. SAITO and V. NOPPUN (1986) Studies on the mechanism of diamondback moth resistance to insecticides. *In*: Diamondback Moth Management (N.S. TALEKAR and T.D. GRIGGS eds.), Taiwan: The Asian Vegetable Research and Development Center, pp. 347—357.
- 森下正彦・東勝千代 (1987) 和歌山県におけるコナガの薬剤感受性. *関西病虫研報* **29**: 17—20.
- NOPPUN, V., T. MIYATA and T. SAITO (1983) Susceptibility of four strains of the diamondback moth, *Plutella xylostella* L., against insecticides. *J. Pesticide Sci.* **8**: 595—599.
- NOPPUN, V., T. MIYATA and T. SAITO (1984) Decrease in insecticide resistance in the diamondback moth, *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Yponomeutidae) on release from selection pressure. *Appl. Ent. Zool.* **19**: 531—533.
- NOPPUN, V., T. MIYATA and T. SAITO (1987) Cross resistance and synergism studies in the diamondback moth, *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Yponomeutidae). *Appl. Ent. Zool.* **22**: 98—104.
- ROUSH, R.T. and J.A. MCKENZIE (1987) Ecological genetics of insecticide and acaricide resistance. *Ann. Rev. Entomol.* **32**: 361—380.
- 佐々木善隆 (1982) 昭和57年度難防除病害虫防除に関する試験成績 (日本植物防疫協会). pp. 92—102.
- SUN, C., H. CHI and H. FENG (1978) Diamondback moth resistance to diazinon and methomyl in Taiwan. *J. Econ. Entomol.* **71**: 551—554.
- SUN, C.N., T.K. WU, J.S. CHEN and W.T. LEE (1986) Insecticide resistance in diamondback moth. *In*: Diamondback Moth Management. (N.S. TALEKAR and T.D. GRIGGS eds.), Taiwan: The Asian Vegetable Research and Development Center, pp. 359—371.
- TAYLOR, C.E. and G.P. GEORGHIOU (1979) Suppression of insecticide resistance by alteration of gene dominance and migration. *J. Econ. Entomol.* **72**: 105—109.
- WANG, T.C. and H.T. FENG (1986) Diamondback moth resistance and cross resistance to four commonly used insecticides in Taiwan. *Bull. Inst. Zool., Academic Sinica* **25**: 99—104.
- WOOD, R.J. and G.S. MANI (1981) The effective dominance of resistance genes in relation to the evolution of resistance. *Pestic. Sci.* **12**: 573—581.