

ナモグリバエ多発生の原因

静岡県農業試験場病害虫部 ^{さい}西 ^{とう}東 ^{つとむ}力

ナモグリバエ *Chromatomyia horticola* は野菜や花きの害虫として古くからよく知られているが、これまでマイナー害虫とみなされていた。ところが、1990年代に入ると多発生の情報をしばしば耳にするようになり、ここ数年は全国的な多発生が続いている。静岡県の生産者によると、サヤエンドウでは2002年の春から、レタスでは2003年の春から問題化するようになり、いずれも薬剤防除の効果は不十分であるという。こうしたなか、ナモグリバエは有機リン剤や合成ピレスロイド剤などに対する感受性が著しく低いことが指摘されるようになった(戸川・水越, 1998; SAITO, 2004)。本稿では本種の薬剤感受性を中心にしてその多発生の原因を考えてみたい。

I 薬剤感受性

1 1990年以前の薬剤試験

ナモグリバエに対する薬剤試験の報告は1950年代初頭にさかのぼるが、その後の30年間で5例の報告しか見当たらない(表-1)。いずれも圃場試験の結果である。

1950年代初頭、まずEPN乳剤とメチルパラチオン乳剤が有効とされた(円城寺, 1952)。その後、パラチオン乳剤にも優れた防除効果が認められ(関口・円城寺, 1958)、以後、これら3剤はナモグリバエの特効薬とされた。一方、マラソン乳剤とDDVP乳剤は防除効果が低いと報告されている(関口・円城寺, 1958)。

1960年から80年代にかけて行われた試験ではエチルチオメトン粒剤(中田・後藤, 1967; 千葉, 1983)、MEP乳剤、ダイアジノン乳剤(千葉, 1983)などにそれぞれ一定の防除効果が認められている。また、澤田(1986)はPAP乳剤の防除効果は高いと報告している。

2 1990年以降の薬剤試験

ナモグリバエが多発生し始めた1990年代以降は幼虫の薬剤感受性が検定によって調べられている。表-2は静岡県と鹿児島県(種子島)の個体群に対する各種薬剤(常用濃度)の効力を調べた結果である。これら二つの

個体群は地理的に遠く離れたところで採集されたにもかかわらず、各薬剤の効力のパターンは極めてよく似ている。すなわち、有機リン剤、カーバメート剤、合成ピレスロイド剤、ネオニコチノイド剤、IGR剤の多くは効力が低く、高い効力を示したのはイソキサチオン乳剤、エマメクチン安息香酸塩乳剤、スピノサド水和剤、シロマジン液剤、フィプロニルフロアブル、クロルフェナピルフロアブルなどごく少数にすぎない。

表-3は、北海道、静岡県および鹿児島県(種子島)の個体群に対する各種薬剤のLC₅₀値をとりまとめたものである。各個体群ともマラソン、PAP、ペルメトリン、フルフェノクスロンなどに対する感受性は低く、スピノサド、エマメクチン安息香酸塩、シロマジン、クロルフェナピル、フィプロニルなどに対する感受性は高い。

以上のように、北日本から南日本にかけてのナモグリバエ個体群は、いずれも同様の薬剤感受性を示している。こうしたことから、全国各地のナモグリバエも同じような薬剤感受性をもっていると考えられる。

薬剤抵抗性のナモグリバエとして知られるマメハモグリバエ *Liriomyza trifolii* (PARRELLA et al., 1984; 西東ら, 1992)とナモグリバエを比較すると、ジメトエート乳剤とミルベメクチン乳剤に対する感受性はナモグリバエのほうが高く、フルフェノクスロン乳剤に対する感受性はマメハモグリバエのほうが高いが、それ以外は大きな違いが認められない(表-2, 3)。つまり、ナモグリバエはマメハモグリバエに匹敵するほど薬剤感受性レベルが低いといえる。また、薬剤抵抗性が未発達とみられるナスハモグリバエ *L. bryoniae* (西東ら, 1988)と比較すると、ナモグリバエはPAPやアセフェートなど有機リン剤に対して感受性の低いことがよくわかる(表-2)。ちなみに、ナモグリバエとマメハモグリバエはいずれもイソキサチオンに対して高い感受性をもっている(表-3)。この現象は有機リン剤間の交差抵抗性の面から興味深い。

3 薬剤抵抗性発達の可能性

1990年以前と以後に行われた薬剤試験は試験方法や供試薬剤が異なることから、直接データを比較することはできない。このため、ナモグリバエが問題化し始めた90年頃を境にして、薬剤感受性が明らかに低下しているという証拠はない。しかしながら、かつてナモグリバ

Outbreak of the Pea Leafminer, *Chromatomyia horticola*, Caused by Insecticide Applications. By Tsutomu Sarro

(キーワード: ナモグリバエ, リサーチエンス, 薬剤感受性, 寄生蜂, 温暖化, レタス, サヤエンドウ)

表-1 1990年以前に実施されたナモグリバエ薬剤試験の結果^{a)}

供 試 薬 剤	1950年代		1960年代	1980年代		
	円城寺 (1952) 〈幼虫の生死〉 ^{b)}	関口・ 円城寺 (1958) 〈幼虫数〉	中田・ 後藤 (1967) 〈被害率〉	千葉 (1983) 〈幼虫数〉 第1世代 第2世代		澤田 (1986) 〈被害さや率〉
EPN乳剤	すべて死亡	9.0 ^{c)}				
メチルパラチオン乳剤	すべて死亡					
パラチオン乳剤		2.7				
マラソン乳剤		54.7 ^{c)}		75.2		
DDVP乳剤		55.4				
MEP乳剤				22.3	9.0	
ダイアジノン乳剤				17.5		
PAP乳剤						54.9
NAC水和剤					127.1	
エチルチオメトン粒剤			2.0		2.7	

^{a)} 数値は、対照区を100とした指数に換算したもの。^{b)} 〈 〉内は調査項目。^{c)} 原典ではEPN乳剤とマラソン乳剤の値が入れ替わっている(関口, 私信)。

エに対して有効とされていたPAP乳剤(澤田, 1986)は、現在、その効力を完全に消失しているようにみえる。また、レタスとサヤエンドウのナモグリバエ(ハモグリバエ類を含む)に対して登録があるほかの薬剤についても、その多くが著しい効力不足に陥っている(表-2, 3)。こうしたことは本種の薬剤防除が困難を極めている生産現場の現状と符合する。以上のことから考えて、ナモグリバエは薬剤抵抗性を発達させつつあるとみてよさそうである。

なお、マラソンに対して感受性が低い点については、有機リン剤が普及し始めた1950年代に既に防除効果が低かったこと(関口・円城寺, 1958)、また薬剤抵抗性が未発達とみられるナスハモグリバエもマラソンに対して感受性が低いことなどから、これらのハモグリバエはもともとマラソン感受性が低かったものと考えられる。

4 海外の状況

ナモグリバエは世界に広く分布しているが、薬剤試験についてはインドを中心としたアジアからの報告が多い。そのなかでジメトエートの有効性を認めた報告が目立つ(WANG and YAN, 1986; MAVI and SINGH, 1988; GOEL and KUMAR, 1992; MEHTA et al., 1995)。このほか、アセフェート(WANG and YAN, 1986)、クロルピリホス(VERMA et al., 1980; KHAJURIA and SHARMA, 1995)、MPP(VERMA et al., 1980)、チオメトン(KAKAR and DOGRA, 1977)、チオジカルブ(SINGH et al., 1988)、モノクロトホス(KHAJURIA and SHARMA, 1995; KUMAR et al., 1998)、ベンゾエピン(AL-AZAWI, 1966)、各種合成ピレスロイド(WANG and YAN,

1986; GOEL and KUMAR, 1992; SRIVASTAVA and SRIVASTAVA, 1998)なども有効とされている。一方、マラソン、DDVP、DEP、NAC(AL-AZAWI, 1966)、メソミル(WANG and YAN, 1986)などは効果が低いとされている。ジメトエートが比較的高い効力を示す点については、我が国のナモグリバエと一致する。

II リサーチエンス

1 薬剤散布と寄生蜂の関係

薬剤を散布すると害虫がかえって増えてしまうことがある。この現象はリサーチエンスと呼ばれている(RIPPER, 1955)。例えば、マメハモグリバエの発生圃場でメソミル剤(TRUMBLE and TOSCANO, 1983; TRUMBLE, 1985)や合成ピレスロイド剤(西東ら, 1993; 西東ら, 1996)を散布すると、薬剤抵抗性であるマメハモグリバエは生き残り、天敵(寄生蜂)だけが排除されてしまう。その結果、マメハモグリバエは野放し状態となって多発生する。

ナモグリバエの多発生もリサーチエンスに起因することが示唆されている。表-4は、サヤエンドウ栽培農家の3圃場からつるを採集し、そこから羽化したナモグリバエおよび寄生蜂の個体数と薬剤散布後日数の関係を調べた結果である。薬剤散布翌日に採集したサンプル1からはつる1m当たり500頭ものナモグリバエが羽化しており、これは生産現場における本種の多発生を物語っている。また、薬剤散布12日後に採集したサンプル2からはナモグリバエと寄生蜂の双方が相当数羽化してい

表-2 ナモグリバエ、マメハモグリバエおよびナスハモグリバエの幼虫に対する各薬剤の効力

供試薬剤 ^{a)}	希釈 倍数	死亡率 (%)			
		ナモグリバエ ^{b)} (Sarro, 2004)		マメハモグリ バエ ^{c)} (西東 ら, 1982)	ナスハモグリ バエ ^{c)} (西東, 1988)
		静岡 個体群	鹿児島 個体群		
有機リン剤					
マラソン乳剤 (50%) [*]	1,000	1	6	0	10
PAP乳剤 (50%) [*]	1,000	1	19	7	100
アセフェート水和剤 (50%)	1,000	65	68	41	100
ジメトエート乳剤 (50%)	1,000	87	100	3	100
イソキサチオン乳剤 (50%)	1,000	100	100	100	
カーバメート剤					
BPMC乳剤 (50%)	2,000	2	5	5	
メソミル水和剤 (45%)	1,000	14	20	0	10
合成ピレスロイド剤					
エトフェンプロックス乳剤 (20%)	1,000	4	49	8	
ベルメトリン乳剤 (20%) [*]	3,000	5	22	2	
トラロメトリンフロアブル (1.4%) [*]	1,500	26	72	15	
ネオニコチノイド剤					
チアメトキサム水溶剤 (10%) ^{****}	2,000	6	15		
イミダクロプリド水和剤 (10%)	1,000	6	20	0	
クロチアニジン水溶剤 (16%)	2,000	12	40		
ニテンピラム水溶剤 (10%) ^{****}	1,000	37	71		
マクロライド剤					
ミルベメクチン乳剤 (1%)	1,000	97	98	0	
スピノサド水和剤 (25%)	2,500	100	100	100 ^{d)}	
エマメクチン安息香酸塩乳剤 (1%) ^{***}	2,000	100	100	100 ^{d)}	
IGR 剤					
フルフェノクスロン乳剤 (10%)	2,000	1	20	80	
テブフェノジドフロアブル (20%)	1,000	2	14	17	
クローフルアズロン乳剤 (5%)	2,000	6	16	14	
ルフェヌロン乳剤 (5%)	1,000	8	81		
シロマジン液剤 (8.3%)	1,000	100	100	99 ^{e)}	12 (100) ^{e)}
その他					
カルタップ水溶剤 (75%) ^{*, **}	1,500	99	99	100 ^{f)}	
ピメトジン水和剤 (25%)	2,000	3	8		
クローフェナビルフロアブル (10%)	2,000	100	100		
フィプロニルフロアブル (4.4%)	2,000	100	100		
対照 (水)		3	8	0	8

a) *: サヤエンドウのナモグリバエの登録剤, **: レタスのナモグリバエの登録剤, ****: 粒剤はレタスのナモグリバエに登録がある. b) 処理7日後の死亡率. c) 処理4日後の死亡率, 薬剤の希釈倍数はすべて1,000倍. d) 西東 (未発表), e) シロマジン水和剤 (75%), () 内は処理7日後の死亡率. f) カルタップ水溶剤 (50%).

る。これに対し、薬剤散布約1か月後に採集したサンプル3および4からはごく少数のナモグリバエと多数の寄生蜂が羽化している。薬剤散布後の日数が短いほどナモ

グリバエの密度は高く、寄生蜂の密度は低いというこの調査結果は、通常、ナモグリバエは寄生蜂の働きによって低密度に抑え込まれているが、薬剤を散布すると寄生

表-3 ナモグリバエおよびマメハモグリバエの幼虫の薬剤感受性

供 試 薬 剤 ^{a)}	LC ₅₀ 値 (成分 ppm)			
	ナモグリバエ			マメハモグリバエ (西東ら, 1992 ; 西東, 1997)
	北海道個体群 (戸川・水越, 1998)	静岡個体群 (Saito, 2004)	鹿児島個体群 (Saito, 2004)	
有機リン剤				
マラソン乳剤 (50%)*		> 2,500	> 2,500	
PAP乳剤 (50%)*	2,503.3	> 2,500	1,690	
アセフェート水和剤 (50%)		314	317	707
ジメトエート乳剤 (50%)		139	56.8	
イソキサチオン乳剤 (50%)	87.8	31.2	10.8	33
合成ピレスロイド剤				
ベルメトリン乳剤 (20%)*	797.3	> 2,000	349	
トラロメトリンフロアブル (1.4%)*		> 70	13.9	
マクロライド剤				
スピノサド水和剤 (25%)		2.79	1.05	
エマメクチン安息香酸塩乳剤 (1%)**		0.158	0.046	0.78
IGR 剤				
ジフルベンズロン水和剤 (23.5%)	23,969.5			
フルフェノクスロン乳剤 (10%)	173.6	288	151	2.8
シロマジン液剤 (8.3%)		9.17	2.21	3.0 ^{b)}
その他				
カルタップ水溶剤 (75%)*, **	267.6	149	51.0	236 ^{c)}
クロルフェナビルフロアブル (10%)		6.73	4.20	
フィプロニルフロアブル (4.4%)		0.462	0.378	

^{a)} * : サヤエンドウのナモグリバエの登録剤, ** : レタスのナモグリバエの登録剤. ^{b)} シロマジン水和剤 (75%).
^{c)} カルタップ水溶剤 (50%).

表-4 サヤエンドウのつるから羽化したナモグリバエと寄生蜂^{a)}

サン プル	圃場	最終の薬剤散布から つるの採集までの日数 (最終散布の薬剤)	羽化個体数 (つる 1 m 当たり)		寄生蜂の 寄生率 (%) {100y/(x + y)}
			ナモグリバエ (x)	寄生虫 ^{b)} (y)	
1	A	1 (PAP 乳剤)	544	29.0	5.1
2	A	12 (ベルメトリン乳剤)	192	129	40.2
3	B	27 (PAP 乳剤+ベルメトリン乳剤)	0.96	212	99.5
4	C	30 (PAP 乳剤+ベルメトリン乳剤)	2.17	348	99.4

^{a)} Saito (2004), つるの採集は 2002 年 5 月に静岡県東伊豆町および河津町で行った. ^{b)} 寄生蜂の優占種は, カムリヒメコバチ *Hemiptarsenus varicornis* (サンプル 1), *Chrysocharis pubicornis* (サンプル 2, 3), イサエアヒメコバチ *Diglyphus isaea* (サンプル 4).

蜂という「たが」がはずれて多発生することを示している。薬剤散布によって崩壊した天敵相が復元するまでに1か月程度を要するとみられるが、西東ら(1996)はマメハモグリバエの天敵相においても薬剤の影響が消失するまでに約1か月かかるとしている。

リサージェンスを起こす害虫には、①薬剤抵抗性が高い、②有力な天敵が存在している、③発育期間が短いといった共通点がある。これら共通点はナモグリバエにも当てはまる。すなわち、薬剤抵抗性についてはマメハモグリバエに匹敵するほど高く(表-2, 3)、天敵については多種類の寄生蜂が存在し(KAMIJO, 1978; TAKADA and KAMIJO, 1979; 下元, 2002)、ナモグリバエ密度の抑制に重要な役割を果たしている(表-4)。発育期間についても1世代約14日(25℃)と短い(水越・戸川, 1999)。

2 温暖化とリサージェンスの関係

我が国の気温は100年でおよそ1℃の割合で上昇しているが、特に1990年以降は顕著な高温が集中している(気象庁のホームページ <http://www.data.kishou.go.jp/climate/>)。こうした気候の温暖化がナモグリバエのリサージェンスを助長している可能性がある。

桐谷(1997)によると、発育零点(T_0)が低く、有効積算温度(K)も小さい昆虫ほど温暖化によって世代数が増加する。例えば、平均気温が2℃上昇した場合、年間の世代数はアブラムシ類(T_0 : 5.8℃, K : 137日度)で5世代、アザミウマ目(T_0 : 10.7℃, K : 169日度)で3世代、ハエ目(T_0 : 7.8℃, K : 290.8日度)で2世代それぞれ増加するという。ただし、こうした昆虫とその寄生者の T_0 と K を比較すると、 T_0 は同等か寄生者のほうが高いが、 K はアブラムシ類を除いて寄生者のほうが小さく、このため温暖化が進んでも寄主と寄生者の同調性は保たれるだろうという(桐谷, 1997)。すなわち、寄主と寄生者の関係に限ってみれば、計算上は害虫の密度はほとんど上昇しないことになる。

さて、ナモグリバエと気温上昇の関係を考えてみると、本種は発育零点(6.0℃)が低いうえ、有効積算温度(270.2日度)も小さいため(水越・戸川, 1999)、温暖化の影響を極めて受けやすいといえる。しかも、農地では薬剤散布によってナモグリバエの寄生蜂が排除される結果、寄主と寄生者の同調性は崩壊し、ナモグリバエだけが増え続けることになる。1990年代以降の急速な温暖化はナモグリバエのリサージェンスに拍車をかけている可能性がある。

おわりに

これまで述べてきたように、近年におけるナモグリバ

エの多発生は、直接的な原因として登録薬剤の効力不足、間接的な原因としてリサージェンスがあげられる。リサージェンスについては、気候の温暖化がさらに激しいものになっている可能性がある。

最後に、防除対策について若干触れてみたい。ナモグリバエが問題となっているのは、露地栽培あるいはトンネル栽培の作物である。このため、飛来防止策には限界があり、生物農薬(寄生蜂)の放飼にも期待がもてない。対策は薬剤防除が主体となろうが、その際、ナモグリバエがリサージェンスを起こす害虫であることを忘れてはならない。いうまでもなく、ほかの害虫を防除する際にも本種のリサージェンスに留意する必要がある。農薬登録上、必ずしも的確な薬剤を選択できない現状にあるが、収穫物に被害が及ぶレタスのような作物ではナモグリバエに対して効果の高い薬剤を、また収穫物に被害がでないサヤエンドウのような作物では寄生蜂に対して影響の小さい選択的薬剤を選択するのが合理的といえよう。

引用文献

- 1) AL-AZAWI, A. F. (1966) : J. Econ. Entomol. 59: 859 ~ 864.
- 2) 千葉武勝 (1983) : 北日本病虫研報 34: 50 ~ 52.
- 3) 円城寺定男 (1952) : 植物防疫 6: 276.
- 4) GOEL, I. and S. KUMAR (1992) : Indian J. Ent. 54: 411 ~ 414.
- 5) KAKAR, K. L. and G. S. DOGRA (1977) : Indian J. Agri. Sci. 47: 405 ~ 407.
- 6) KAMIJO, K. (1978) : Kontyu 46: 455 ~ 469.
- 7) KHAJURIA, D. R. and J. P. SHARMA (1995) : Indian J. Agri. Sci. 65: 381 ~ 384.
- 8) 桐谷圭治 (1997) : 農業環境技術研究所資料 21: 1 ~ 72.
- 9) KUMAR, J. et al. (1998) : Himachal J. Agri. Res. 24: 79 ~ 84.
- 10) MAVI, G. S. and S. SINGH (1988) : J. Insect Sci. 1: 61 ~ 64.
- 11) MEHTA, P. D. et al. (1995) : ibid. 8: 116 ~ 117.
- 12) 水越 亨・戸川 浩 (1999) : 北日本病虫研報 50: 169 ~ 172.
- 13) 中田正彦・後藤 操 (1967) : 日本病虫研報 18: 20.
- 14) NARAYANA, M. L. and H. P. SAXENA (1984) : Indian J. Ent. 46: 248 ~ 249.
- 15) PARRELLA, M. P. et al. (1984) : California Agriculture 38(1 ~ 2) : 22 ~ 23.
- 16) RIPPER, W. E. (1955) : Ann. Rev. Ent. 1: 403 ~ 438.
- 17) 西東 力 (1988) : 関東病虫研報 35: 168 ~ 170.
- 18) ——— (1997) : 同上 44: 239 ~ 240.
- 19) SAITO, T. (2004) : Appl. Entomol. Zool. 39: 203 ~ 208.
- 20) 西東 力ら (1992) : 応動昆 36: 183 ~ 191.
- 21) ———ら (1993) : 関東病虫研報 40: 233.
- 22) ———ら (1996) : 応動昆 40: 127 ~ 133.
- 23) 澤田正明 (1986) : 関東病虫研報 33: 208 ~ 209.
- 24) 関口計主・円城寺定男 (1958) : 植物防疫 12: 216 ~ 218.
- 25) 下元満喜 (2002) : 四国植防 37: 51 ~ 58.
- 26) SINGH, O. P. et al. (1988) : Indian J. Ent. 48: 372 ~ 374.
- 27) SRIVASTAVA, A. and A. SRIVASTAVA (1998) : Indian J. Plant Protec. 26: 46 ~ 48.
- 28) TAKADA, H. and K. KAMIJO (1979) : Kontyu 47: 18 ~ 37.
- 29) 戸川 浩・水越 亨 (1998) : 北日本病虫研報 49: 121 ~ 123.
- 30) TRUMBLE, J. T. (1985) : Agric. Ecosystems Environ. 12: 181 ~ 188.
- 31) ——— and N. C. TOSCANO (1983) : Can. Ent. 115: 1415 ~ 1420.
- 32) VERMA, R. S. et al. (1980) : Indian J. Ent. 42: 824 ~ 826.
- 33) WANG, C. and S. YAN (1986) : J. Agric. Res. China 35: 118 ~ 128.