

クロチアニジンおよびジノテフランに低感受性の アカヒゲホソミドリカスミカメの発生

石本 万寿広*・岩田 大介

Masuhiko ISHIMOTO and Daisuke IWATA:

Decrease in the susceptibility of the rice leaf bug *Trigonotylus caelestialium*
to clothianidin and dinotefuran in Niigata Prefecture

新潟県内の3地区から採集したアカヒゲホソミドリカスミカメについて、局所施用法により、ネオニコチノイド系のクロチアニジンとジノテフランに対する感受性を評価した。3地区の個体群のLD₅₀値は、クロチアニジンでは0.437~1.837 µg/g、ジノテフランでは0.371~0.519 µg/gで、いずれも感受性系統(クロチアニジン:0.214 µg/g、ジノテフラン:0.165 µg/g)に比べ明らかに高かった。さらに、クロチアニジンのLD₅₀値が最も高かった個体群を用いて、茎葉浸漬法による検定を行った。クロチアニジン水和剤の常用濃度(4,000倍希釈)での補正死亡率は48.9%で、感受性系統に比べ明らかに低く、ジノテフラン液剤の常用濃度(1,000倍希釈)での補正死亡率は98.1%で、感受性系統と違いはなかった。感受性低下の主因は、クロチアニジン剤またはジノテフラン剤の長年にわたる連用であり、クロチアニジン感受性は、実際の防除効果が劣るレベルであることが示唆された。

Key words: アカヒゲホソミドリカスミカメ, 薬剤抵抗性, クロチアニジン, ジノテフラン

緒言

アカヒゲホソミドリカスミカメ *Trigonotylus caelestialium* (Kirkaldy) は斑点米カメムシ類の主要種で、特に北海道や東北地域の日本海側、北陸地域で発生が多い。本種に対しては殺虫剤による防除が有効で、1~2回の散布が必要とされ(石本・永瀬, 2005; 石本, 2007a), 殺虫剤による防除が一般的に実施されている。これまで、多くの農業害虫で殺虫剤抵抗性の発達が確認されていて、その要因としては同一の殺虫剤あるいは同一系統の殺虫剤の連用とされている。アカヒゲホソミドリカスミカメでも、新潟県で有機リン系のMEPに対する抵抗性(石本, 2004)、山形県ではMPPに対する抵抗性が確認されている(吉村・越智, 2010)。新潟県では、近年、ジノテフラン剤やクロチアニジン剤などのネオニコチノイド系殺虫剤の使用が多く、10年以上連用されている地域も多い。このように、本種ではネオニコチノイド系殺虫剤に対する感受性低下が懸念されることか

ら、新潟県内の3地区で採集した個体群について、感受性を確認するための試験を行った。その結果、クロチアニジンおよびジノテフランに感受性が低いアカヒゲホソミドリカスミカメの発生が確認されたので報告する。

材料および方法

1. 供試虫

2019年5月に、新潟県新潟市西蒲区の1地区(以下、A地区)でアカヒゲホソミドリカスミカメ越冬後成虫を採集した。また、同年10月に新潟市南区の1地区(以下、B地区)および見附市の1地区(以下、C地区)で成虫を採集した。各地区の殺虫剤使用歴は第1表のとおりで、A地区は、広域防除でクロチアニジン剤が長年にわたり連用されている地区、B地区は、A地区と隣接する地区で、A地区とは殺虫剤使用歴が異なり、ジノテフラン剤の使用が多い地区である。C地区は、広域防除でジノテフラン剤を長年にわたり連用している地区である。い

第1表 各地区の共同防除における使用殺虫剤^{a), b), c)}

年次	A地区		B地区 ^{d)}	C地区
	1回目	2回目		
2005	エトフェンプロックス	ジノテフラン		クロチアニジン
2006	〃	〃		〃
2007	〃	クロチアニジン		〃
2008	〃	〃		〃
2009	〃	〃		〃
2010	〃	〃		ジノテフラン
2011	〃	〃		〃
2012	〃	〃		〃
2013	〃	〃		〃
2014	〃	〃	ジノテフラン	〃
2015	〃	〃	〃	〃
2016	〃	〃	〃	〃
2017	〃	〃	〃	〃
2018	〃	〃	〃	〃
2019	〃	〃	〃	〃

a) 新潟県農業共済組合連合会「高性能防除器具等による水稲病害虫防除実施成績書」より抜粋。

b) A地区：新潟市西蒲区の1地区，B地区：新潟市南区の1地区，C地区：見附市の1地区。

c) エトフェンプロックス：エトフェンプロックス乳剤，ジノテフラン：ジノテフラン液剤，クロチアニジン：クロチアニジン水和剤。いずれも無人ヘリコプターによる散布。2004年以前はネオニコチノイド系殺虫剤の使用はなし。

d) B地区の2013年以前は個人による防除のためデータなし。

れの地区でも，水田畦畔や農道のイネ科雑草が繁茂している場所で，捕虫網によりアカヒゲホソミドリカスミカメ成虫を採集した。

採集した成虫は，コムギ幼苗を餌として室内飼育した。飼育条件は25℃，16時間日長とした。試験には，羽化後5～10日の雌成虫を用いた。感受性系統として，2016年に長岡市長倉町の作物研究センター内で採集して累代飼育している系統（以下，感受性系統）を用いた。この系統も同じ方法で飼育し，供試した。A地区の個体群は飼育3世代目，B地区の個体群，C地区の個体群は飼育1世代目，感受性系統は飼育28世代目の成虫であった。

2. 検定方法

(1) 局所施用法

クロチアニジン標準物質（含量：99.0+%，和光純薬）またはジノテフラン標準品（含量：99.0+%，和光純薬）をアセトンで所定の濃度に希釈し，その希釈液0.25μlをマイクロアプリケーター（Arnold hand microapplicator, Burkard社）を用いて成虫の胸部背面に処理した。希釈液の濃度は4～5段階とし，1濃度当たりの処理個体数は約40頭とした。薬液を処理した成虫は，餌としてコムギ芽出し苗を入れたプラスチック製アイスクリームカップ（底面径7.6cm，上部径9.4cm，高さ

4.4cm）に約10頭ずつ収容し，底面に小孔をあけたプラスチック製ドリンクカップ（開口部径7.5cm，底面径5.5cm，高さ12cm）の開口部を下にして，アイスクリームカップに接続した。飼育条件は25℃，16時間日長とした。処理72時間後に生死を判定した。ピンセットで触れてもほとんど動かない個体は死亡個体に含めた。死亡率をもとにプロビット法により薬量・死亡率回帰直線とLD₅₀値を求めた。処理薬量は体重1g当たりの換算値を用い，アセトンのみを処理した対照区で死亡個体があった場合は，死亡率をAbbottの補正式で補正した。回帰直線の適合性は χ^2 検定により評価した。

(2) 茎葉浸漬法

ア. 供試虫

1で示した個体群のうち，A地区の個体群と感受性系統を供試した。

イ. 供試植物

プラスチック製の小型カップ（直径2.7cm，高さ2.2cm）に脱脂綿を詰め，水を含ませたのちに，予め一晩水に浸漬したコムギ種子5粒を表面に置床した。は種後は25℃の定温室に置き，は種5日後（本葉0.5～1葉期）の苗を供試した。

ウ. 供試薬剤

市販のクロチアニジン水溶剤（クロチアニジン含有

率：16%）とジノテフラン液剤（ジノテフラン含有率：10%）を用いた。これを4段階の濃度に希釈した。希釈には、展着剤（ポリオキシアルキレン脂肪酸エステル混合物）を添加した水（希釈倍数：5,000倍）を用いた。対照には展着剤添加水のみを用いた。

エ. 薬剤処理

コムギ苗の茎葉部に薬液に10秒間浸漬し、1時間程度風乾した。この苗に雌成虫8頭を放飼し、72時間後に生死を調査した。検定用の容器は(1)と同じ容器を用いた。試験は6反復で行った。各濃度について平均死亡率を求め、これをAbbottの補正式で補正した。

結果および考察

局所施用法による検定では、アカヒゲホソミドリカスミカメ雌成虫のクロチアニジンのLD₅₀値（抵抗性比）は、A地区が1.837 μg/g (8.6倍)、B地区が1.380 μg/g (6.4倍)、C地区が0.437 μg/g (2.0倍)で、いずれも感受性系統 (0.214 μg/g) より明らかに高かった（第2表）。また、各地区の個体群のジノテフランのLD₅₀値（抵抗性比）は0.371~0.519 μg/g (2.2~3.1倍)で、感受性系統 (0.165 μg/g) に比べ高かったが、地区間では差がなかった。このように、3地区のいずれの個体群も、感受性系統に比較し、クロチアニジン感受性とジノテフラン感受性が低かった。

石本 (2007c) は、新潟県内でクロチアニジン剤やジ

ノテフラン剤が普及する直前の2004年に、C地区に近い場所で採集したアカヒゲホソミドリカスミカメの個体群を用いて、これらの成分に対する感受性を評価している。クロチアニジン、ジノテフランのLD₅₀値 (95%信頼区間) は、それぞれ0.107 (0.093~0.123) μg/g, 0.145 (0.126~0.165) μg/gであった。また、2004年と2006年に、この他の5地区の個体群についてジノテフラン感受性を検定した試験では、そのLD₅₀値は0.091~0.129 μg/gであり、個体群間の違いはなかった。本試験で供試した感受性系統のクロチアニジン、ジノテフランのLD₅₀値 (95%信頼区間) は、それぞれ0.214 (0.184~0.249) μg/g, 0.165 (0.139~0.196) μg/gで、石本 (2007c) と比較し、ジノテフランでは違いがなかったが、クロチアニジンでは違いがあり、本試験で供試した感受性系統のLD₅₀値が高かった。したがって、ジノテフランについては、今回の供試系統を感受性系統としてみなせるが、クロチアニジン感受性は真の感受性個体群に比べ、やや低下している可能性が考えられる。

以上のように、局所施用法では、A地区個体群はクロチアニジン感受性が最も低かったが、この感受性のレベルが、実際の防除効果が低下するレベルかどうかは判断できない。そこで、この個体群を用いて、実際の殺虫剤使用場面に近い条件である茎葉浸漬法による検定を行った。クロチアニジン水溶剤の場合、感受性系統では2,000倍、4,000倍での補正死亡率は95.7%、100%で高かったが、A地区個体群では希釈倍率が高いほど死亡率

第2表 局所施用法によるアカヒゲホソミドリカスミカメ雌成虫のクロチアニジン、ジノテフランに対する感受性検定の結果

成分	検定年次	地区 ^{a)}	供試虫飼育世代	平均体重 (mg/頭)	回帰直線の傾き ^{b)}	LD ₅₀ 値 (μg/g) ^{c)}	抵抗性比
クロチアニジン	2019	A地区	第3世代	2.33	1.75*	1.837 (1.400-2.410)	8.6
		B地区	第1世代	2.92	1.45*	1.380 (1.047-1.820)	6.4
		C地区	第1世代	2.96	1.21*	0.437 (0.282-0.676)	2.0
	2004 ^{d)}	感受性系統	第28世代	2.20	3.73*	0.214 (0.184-0.249)	1.0
			第10世代			0.107 (0.093-0.123)	<1.0
ジノテフラン	2019	A地区	第3世代	2.33	2.15*	0.466 (0.361-0.601)	2.8
		B地区	第1世代	2.63	2.49*	0.519 (0.422-0.638)	3.1
		C地区	第1世代	2.71	2.22*	0.371 (0.299-0.459)	2.2
	2004 ^{d)}	感受性系統	第28世代	2.20	3.10*	0.165 (0.139-0.196)	1.0
			第10世代			0.145 (0.126-0.165)	<1.0

a) A地区：新潟市西蒲区の1地区、B地区：新潟市南区の1地区、C地区：見附市の1地区、感受性系統：2016年に作物研究センター内で採集し、室内で累代飼育した系統。

b) *はデータが回帰直線に適合していることを示す (χ^2 検定, $p < 0.05$)。

c) () は95%信頼区間。

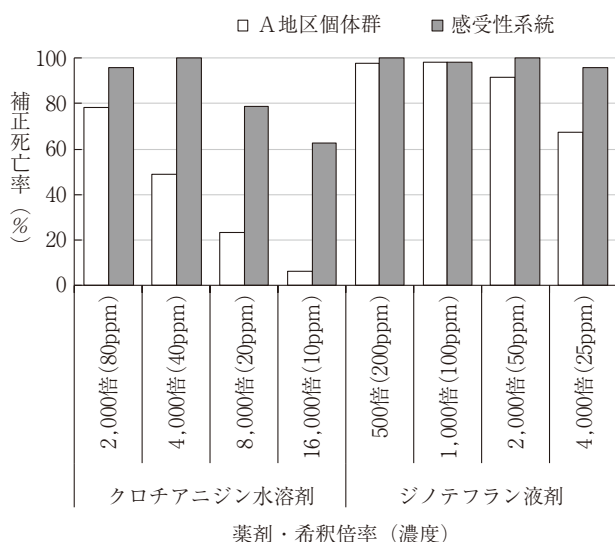
d) 2003年に見附市で採集し、室内で累代飼育した系統 (石本, 2007c)。

は低下し、4,000倍では48.9%であった（第1図）。このデータから推定されたA地区の個体群のLC₅₀値（95%信頼区間）は39.6（32.7~48.0）ppmで、これはクロチアニジン水和剤の登録上の希釈倍率（4,000倍希釈）での成分濃度（40ppm）とほぼ同じであった。ジノテフラン液剤の場合、感受性系統は500~4,000倍のいずれの希釈倍率（登録上の希釈倍率は1,000倍）でも補正死亡率が95%以上で高かったが、A地区個体群は4,000倍で67.5%に低下した。この結果から、A地区個体群のクロチアニジン感受性のレベルは、圃場での防除効果が低下する可能性が高いレベルであるが、ジノテフラン感受性のレベルは、実用上の防除効果は確保できるレベルと推察される。

殺虫剤抵抗性発達は、同一薬剤あるいは同一系統の薬剤を連用する場合に最も早いとされる（浜，1997）。アカヒゲホソミドリカスミカメのMEP抵抗性やMPP抵抗性の発達も、MEP剤、MPP剤の連用によると推察されている（石本，2004；吉村・越智，2010）。今回検定を行ったA地区では、クロチアニジン剤が年1回の使用で、12年（2018年まで）連用され、C地区ではジノテフラン剤が10年（2019年まで）連用されていた（第1表）。したがって、このような同一薬剤の長期の連用が感受性低下の主要因と推察される。一方、A地区では共

同防除でのジノテフラン剤の使用が少ないにも関わらずジノテフラン感受性が低く、また、C地区ではクロチアニジン剤の使用が少ないにも関わらずクロチアニジン感受性が低かった。これまで、カメムシ目の水稻害虫であるツマグロヨコバイ *Nephotettix cincticeps* Uhlerやトビイロウンカ *Nilaparvata lugens* Stålでは、有機リン系の薬剤間で交差抵抗性が確認され（尾崎・黒須，1967；Ozaki and Kassai, 1984）、アカヒゲホソミドリカスミカメの場合も、MEP抵抗性とMPP抵抗性が交差する可能性が指摘されている（石本，2004；吉村・越智，2010）。ネオニコチノイド系剤でも、ワタアブラムシ *Aphis gossypii* Gloverで、ジノテフラン剤とクロチアニジン剤の両剤に抵抗性を示す個体群が確認されている（松浦，2015）。これらのことから、アカヒゲホソミドリカスミカメでは、ジノテフランとクロチアニジン、それぞれに対する低感受性は交差している可能性が示唆される。B地区では2013年以前は個人防除であったため殺虫剤の使用実績は確認できないが、共同防除に限定すればA地区とB地区では殺虫剤の使用歴に大きな違いがある。この違いに関わらず、2地区の個体群のジノテフラン、クロチアニジンそれぞれのLD₅₀値に明瞭な違いはなかった。両地区は、水田が大部分を占める平坦地で、隣接している位置関係にあることから、A地区の感受性低下個体群がB地区に移入した可能性も考えられる。

クロチアニジン剤とジノテフラン剤は、アカヒゲホソミドリカスミカメに対する防除効果が特に高い（石本，2007a）。新潟県では、無人ヘリコプターを利用した広域防除（共同防除）が、水稻作付面積のおよそ50%で実施されている。共同防除では、出穂期やカメムシ発生量が異なる水田を一括して散布することから、殺虫剤には特に高い防除効果が求められるが、ジノテフラン剤は広域防除でも高い効果が認められている（石本，2007b；石本・岩田，2017）。これらのことから、県内ではカメムシ防除用の殺虫剤はジノテフラン剤に偏重し、この状態が長年続いている。今回のアカヒゲホソミドリカスミカメ採集地区のこれまでの感受性の推移は不明で、今後の感受性の変化の予測も困難であるが、ジノテフラン剤やクロチアニジン剤の使用は感受性をさらに低下させる可能性があり、これらの殺虫剤の使用は控えることが望ましい。また、県内の他の地区でも、クロチアニジンやジノテフランに対する感受性が低下している可能性があり、早急にモニタリングを行う必要がある。



第1図 茎葉浸漬法によるクロチアニジン水溶剤とジノテフラン液剤のアカヒゲホソミドリカスミカメ雌成虫に対する殺虫効果

補正死亡率は、6反復の平均値についてAbbottの式で補正した死亡率（対照の平均死亡率は2.1%）。クロチアニジン水溶剤の常用濃度は4,000倍、ジノテフラン液剤の常用濃度は1,000倍。

引用文献

- 浜 弘司 (1997) 農薬の作用特性と利用：害虫防除剤。植物防疫講座第3版－雑草・農薬・行政編－。日本植物防疫協会，東京，pp.212-247.
- 石本万寿広 (2004) アカヒゲホソミドリカスミカメの fenitrothion 抵抗性個体群の発生。応動昆48：348-352.
- 石本万寿広 (2007a) ネオニコチノイド系殺虫剤1回散布によるアカヒゲホソミドリカスミカメの防除技術第1報 圃場単位の防除技術。北陸病虫研報56：9-15.
- 石本万寿広 (2007b) ネオニコチノイド系殺虫剤1回散布によるアカヒゲホソミドリカスミカメの防除技術第2報 地域単位の防除技術。北陸病虫研報56：17-21.
- 石本万寿広 (2007c) アカヒゲホソミドリカスミカメの薬剤感受性。植物防疫61(4)：201-204.
- 石本万寿広・永瀬 淳 (2005) アカヒゲホソミドリカスミカメに対する薬剤散布適期。北陸病虫研報54：29-38.
- 石本万寿広・岩田大介 (2017) アカヒゲホソミドリカスミカメとアカスジカスミカメの混発における広域防除の効果。北陸病虫研報56：1-8.
- 松浦 明 (2015) 宮崎県におけるネオニコチノイド剤抵抗性ワタアブラムシの発生。植物防疫69(2)：92-96.
- 尾崎幸三郎・黒須泰久 (1967) ツマグロヨコバイにおける殺虫剤抵抗性。応動昆11：145-149.
- Ozaki, K. and Kassai, T. (1984) Cross resistance patterns in malathion- and fenitrothion-resistant strains of the rice brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stål. J. Pesticide Sci. 9：151-154.
- 吉村具子・越智昭彦 (2010) 山形県におけるアカヒゲホソミドリカスミカメのME PおよびMP Pに対する薬剤感受性。北日本病虫研報61：121-124.

(2020年10月15日受理)