

BT 剤のハスモンヨトウ防除効果に及ぼす 寄主植物の影響

元 株式会社クボタ ^{あさ} 浅 ^の 野 ^{しょう} 昌 ^じ 司

はじめに

昆虫病原細菌の1種、*Bacillus thuringiensis* の生産する殺虫性タンパク毒素 (δ -endotoxin) を有効成分とする微生物殺虫剤を、我が国では BT 剤と総称している。現在我が国では 20 種に近い製品が登録され、野菜、果樹、茶、芝、庭木などの害虫防除に利用されている。対象は、一部甲虫目のコガネムシを除けばすべてが鱗翅目昆虫に限られているが、諸外国では鱗翅目のほかに双翅目の蚊類や甲虫目のハムシ類の防除にも利用されている。

BT 剤は、ヒトを含めて動物に安全で、また天敵や環境への影響が少ない点から、現在有機栽培や減農薬栽培の害虫管理における代表的な生物農薬資材の一つとして広く利用されている (丸山, 2004)。しかし、BT 剤の殺虫活性は万能ではなく、その生物特性をよく理解して効果的に利用することが肝心である。特に、BT 剤は害虫の種類によって殺虫活性が大きく異なるので、使用に当たっては適用が認められている害虫名を確認する必要がある。また、適用が認められている鱗翅目害虫の中でも BT 剤に感受性の高いものと低いものがある。その中でハスモンヨトウ *Spodoptera litura* は BT 剤に感受性が比較的低い部類に入る。

最近、BT 剤のハスモンヨトウに対する防除効果が、作物の種類によって異なることが報告されている (長岡・井園, 1998)。その中でも、イチゴでの防除効果はトマト、ピーマン、キャベツに比べて低く、かつ効果にフレがあるとされた。長岡・井園 (1998) は、葉片浸漬法による室内試験でもハスモンヨトウに対する殺虫活性 (致死率) が検定に用いた寄主植物の種類によって異なり、イチゴやシソではキャベツに比べて低いことを示した。その後、及川ら (1999) も同様に葉片浸漬法で、イチゴとシソでの BT 剤の生物活性 (致死率と発育阻害率) がトマト、ピーマン、ナスより低いことを示した。その理由については現在まだ解明されていないが、ここでは BT 剤のハスモンヨトウに対する防除効果に及ぼす寄主

植物の影響について、いままで報告された試験結果を整理し、実際のハスモンヨトウ防除における BT 剤の効果的な使用について考えてみたい。

I 生物活性と幼虫齢期の関係

一般に、BT 剤の昆虫に対する殺虫活性は若齢幼虫ほど高く、齢が進むにつれて低下するといわれてきた。しかし、いままで報告された多くの事例をみると BT 剤の殺虫活性は昆虫の種類、BT 剤の種類あるいは検定の方法によっても異なり、大別すると (1) 齢期に対応する場合と、(2) 齢期に対応しない場合の 2 通りがある (浅野, 2004)。葉片浸漬法で試験用 BT 剤 (KM303) のハスモンヨトウ幼虫に対する生物活性と齢期との関係が調べられた (浅野ら, 2004)。その結果を表-1 に示した。表には 500 ~ 32,000 倍に希釈した BT 液 (湿展剤としてシルウェット L-77 を 0.025% 加用) に、浸漬処理したキャベツ葉を所定齢期の幼虫に 4 日間与えたときの致死率と発育阻害率を示した。致死率は齢が進むにつれて低下し、50% 前後の致死率を示す濃度でおおまかに比較すると、1 齢と 2 ~ 3 齢の間には 4 倍、1 齢と 4 齢の間には 8 倍、1 齢と 5 齢の間には 16 倍、1 齢と 6 齢の間には 32 倍以上の差が示された。この結果から、BT 剤のハスモンヨトウ幼虫に対する殺虫活性は齢が進むにつれて低下し、6 齢幼虫で最も低いことが示された。

同じ試験で表-1 の () 内に示した発育阻害率は、投与 4 日後の処理区と無処理区における生存幼虫の体重増加量の比較から求められた。発育阻害率は致死率と同様に 1 齢幼虫が最も高く、齢が進むほど低くなったが、

表-1 キャベツ葉を用いた葉片浸漬法による BT 剤 (KM303) のハスモンヨトウ幼虫に対する生物活性と齢期の関係

希釈 倍数	4 日後の致死率 (発育阻害率) % ^{a)}					
	1 齢	2 齢	3 齢	4 齢	5 齢	6 齢
500	—	99(99)	89(100)	92(100)	80(91)	39(92)
1,000	—	84(94)	93(99)	65(90)	49(87)	13(73)
2,000	100(100)	71(87)	70(99)	41(92)	29(61)	4(45)
4,000	88(92)	38(67)	51(96)	31(78)	22(54)	2(41)
8,000	69(84)	26(44)	—	—	—	—
16,000	54(61)	10(34)	—	—	—	—
32,000	23(38)	—	—	—	—	—

^{a)} 供試虫数は 1 区に 50 ~ 250 頭。

Influence of Host Plant on Effectiveness of *Bacillus thuringiensis* (BT) Products Against the Common Cutworm, *Spodoptera litura*.
By Shoji ASANO

(キーワード: BT 剤, *Bacillus thuringiensis*, 生物農薬, 微生物殺虫剤, ハスモンヨトウ, 寄主植物)

致死率に比べる齢間の差は少なく、80%前後の発育阻害率を示す濃度でおおまかに比較すると、1 齢と 2～4 齢の間には 2～4 倍、1 齢と 5～6 齢の間には 8 倍の差が示された。

以上 BT 剤のハスモンヨトウ幼虫に対する致死活性や発育阻害活性はいずれも若齢幼虫で最も高く、齢が進むにつれて低くなったが、その度合は評価する活性でも異なり、発育阻害活性は致死活性に比べて齢間の差が少なく、特に 6 齢幼虫では致死活性が低くても発育阻害活性は比較的高く、生存幼虫の発育量や摂食量が著しく抑制されていることがうかがえた。

II 生物活性に及ぼす検定時の寄主植物の影響

BT 剤 (KM303) のハスモンヨトウ幼虫に対する生物活性 (致死活性と発育阻害活性) に及ぼす寄主植物の影響について、1 齢および 3 齢幼虫と 4 種類の寄主植物葉を用いて葉片浸漬法で調べられた (浅野ら, 2004)。その結果を表-2 に示した。試験は時期を変えて 2 通りの組み合わせで行われた。試験 A ではキャベツ、イチゴおよびトマトで比較された結果、3 日後の致死率は 1 齢および 3 齢幼虫のいずれもトマトで最も高く、ついでキャベツで、イチゴでは最も低かった。試験 B ではキャベツ、イチゴおよびシソで比較された結果、キャベツで最も高く、イチゴとシソでは低かった。表-2 の () 内に示した 3 日後の発育阻害率は致死率に比べると寄主植物間の差は少なかったが、試験 A では 1 齢および 3 齢幼虫でいずれもトマトとキャベツで高く、イチゴで低かった。試験 B では齢期によって傾向が異なり、1 齢幼虫ではキャベツで高く、イチゴとシソで低かったが、3 齢幼虫では 3 種の寄主植物間で大差がなかった。このことから、BT 剤のハスモンヨトウ幼虫に対する生物活性は検定植物の種類のほか、幼虫齢期や評価する活性 (致死活性や発育阻害活性) によっても異なることが示された。

表-2 BT 剤 (KM303) のハスモンヨトウ 3 齢幼虫に対する生物活性に及ぼす寄主植物葉の影響

希釈 倍数	3 日後の致死率 (発育阻害率) % ^{a)}					
	試験 A			試験 B		
	キャベツ	イチゴ	トマト	キャベツ	イチゴ	シソ
300	—	15(40)	—	74(73)	47(66)	22(80)
1,000	26(86)	1(23)	60(78)	48(72)	11(57)	6(66)
3,000	3(74)	0(12)	23(71)	13(62)	5(53)	7(55)
10,000	6(53)	—	4(69)	12(42)	3(42)	6(34)

^{a)} 供試虫数は 1 区に 100～250 頭。

III 生物活性に及ぼす検定前の寄主植物の影響

BT 剤 (KM303) のハスモンヨトウに対する生物活性に及ぼす検定前に与えた寄主植物の影響について、1 齢および 3 齢幼虫を用いて調べられた (浅野ら, 2004)。試験は検定前に与えた植物と検定時に用いた植物について、キャベツおよびシソを用いた 4 通りの組み合わせで行われた。表-3 には、検定時に処理葉を与えた 4 日後の致死率および発育阻害率を示した。その結果、1 齢および 3 齢幼虫を用いた試験では検定前に与えた寄主植物の種類にかかわらず、検定時にキャベツ葉を用いた区の致死率がシソ葉を用いた区のそれに比べ常に高いことが示された。発育阻害率でも同様な傾向が示されたが、致死率に比べるとその差は少なかった。表-3 の結果から BT 剤のハスモンヨトウに対する生物活性 (致死活性および発育阻害活性) に及ぼす寄主植物の影響は検定前に与えたもの (BT 剤無処理葉) の影響は少なく、検定時に用いたもの (BT 剤処理葉) の方が影響の大きいこと、つまり、BT 剤のハスモンヨトウ幼虫に対する生物活性は、トキシンを摂取したときの寄主植物の種類に大きく影響されることが示された。

IV 生物活性に及ぼす植物要因の検討

BT 剤のハスモンヨトウ幼虫に対する生物活性に及ぼす寄主植物の影響は、上述したように検定に用いた齢期や評価する活性 (致死率や発育阻害率) でも異なることが示されたが、要約すると (1) 検定に用いた寄主植物の種類によって異なること、(2) 検定前に与えた寄主植物の影響は少ないこと、(3) 生物活性が低くなる寄主植物にはイチゴとシソが上げられるが、ほかにバラやダイズでも同様に低いことが確認されている (長岡, 私信)。このように、BT 剤のハスモンヨトウ幼虫に対する生物活性に寄主植物の何らかの要因が影響すると考

表-3 BT 剤 (KM303) のハスモンヨトウ 3 齢幼虫に対する生物活性に及ぼす検定前および検定時の寄主植物葉の影響

希釈 倍数	1 日前および検定時の植物葉と 4 日後の致死率 (発育阻害率) % ^{a)}			
	キャベツ および キャベツ	キャベツ および シソ	シソ および キャベツ	シソ および シソ
300	100(100)	33(81)	97(100)	13(70)
1,000	98(98)	13(71)	73(95)	10(70)
3,000	37(87)	7(53)	20(78)	7(36)

^{a)} 供試虫数は 1 区に 30～50 頭。

えられる。植物要因について今まで検討された結果を、下記にその概要を示した。

浸漬処理によるBT液の葉面付着量が、種々の寄主植物葉で調べられた(長岡ら, 未発表)。試験は1,000倍に希釈したBT液に展着剤「新グラミン」の5,000倍を加用して、これに浸漬した植物葉の処理前後の重量差から生葉重g当たりの付着液量(ml)が比較された。その結果、トマト(0.46 ml/g)で最も多く、ついで、シソ(0.35 ml/g)、イチゴ(0.22 ml/g)、レタス(0.18 ml/g)およびキャベツ(0.08 ml/g)の順で、キャベツで最も少なかった。トマトとキャベツの間には約6倍の差があった。しかし、殺虫活性の低いイチゴやシソでの葉面付着量が特に少ない傾向はなく、殺虫活性が高いキャベツで最も少ないことから、BT剤の殺虫活性の差異を葉面の薬液付着量の差で説明することはできないと考えられた。

ハスモンヨトウの摂食量と寄主植物の関係が調べられた(及川ら, 1999)。試験は、トマト、イチゴ、シソ、ピーマンおよびナスの新鮮葉をハスモンヨトウ3齢幼虫に4日間与えたときの摂食葉重量(mg)で比較された。その結果、摂食量はイチゴで最も少なく、ついでトマト、ナス、ピーマンおよびシソの順で、シソで最も多かった。摂食量の最も少ないイチゴと最も多いシソの間には、約3倍の差があった。殺虫活性の低いイチゴで摂食量が少なかったことはBT剤の活性が低い理由の一つと考えられたが、他方、同様に殺虫活性の低いシソで摂食量が多かったことから、BT剤の殺虫活性の相違を摂食量の差異で全部を説明することはできないと考えられた。MAEDA and HARE (1993)は、シロイチモジヨトウ *Spodoptera exigua* で嗜好性の良いセロリー品種は悪い品種に比べ摂食量が多いことから、処理したBT剤摂取量も多くなると予想したが、実際の殺虫活性は逆に前者で低かったことから、植物の影響は摂食量以外にあると述べている。

寄主植物葉の水分含量が、乾燥前後の葉重量の差から調べられた(長岡ら, 未発表)。その結果、水分含量率は67~93%の範囲にあり、少ないものからバラ(67%)、イチゴ(69%)、シソ(80%)、トマト(82%)、キャベツ(86%)およびレタス(93%)の順であった。水分含量の少ない植物でBT剤の殺虫活性が低い傾向はあるが、活性の低いシソと活性の高いトマトの差はわずかであり、BT剤の殺虫活性の相違を水分含量率の差異だけで説明することはできないと考えられた。

新鮮葉の磨砕液のpHおよびその緩衝能が、7種の寄主植物について調べられた(長岡ら, 未発表)。生葉2.5gを蒸留水100 ml中で磨砕した液のpHは5.6~7.0とやや酸性であった。この磨砕液のpH緩衝能について

100 mlあたりに0.5N NaOHを100 μ lずつ滴下しながら、pH10に到達するのに必要な滴定量で比較された。キャベツでのpH緩衝能を1としたときの相対値でみるとバラやイチゴでは5~6倍、ついでナスやダイズで3倍高かったが、トマトやシソはキャベツと同等かやや低かった。殺虫活性の低い寄主植物の中、バラ、イチゴおよびダイズのpH緩衝能は比較的高かったが、シソでは低かったこと、殺虫活性の高い寄主植物の中、ナスでは高いがキャベツで低いことから、BT剤の殺虫活性の相違を寄主植物葉のpH緩衝能だけで説明することはできないと考えられた。ちなみに、市販BT剤7種類の500~1,000倍液のpHはいずれもやや酸性で5.24~6.73の範囲にあった。

植物葉中に存在するBT剤の殺虫活性を阻害する物質について予備的検討がなされた(浅野, 未発表)。試験はイチゴとトマトの凍結乾燥葉粉末を調製して、それぞれの100 mgを人工飼料(ASANO et al., 1993)20 gに添加して、ハスモンヨトウ1齢幼虫に与えて生物活性(致死率)が無添加区のそれと比較された。その結果、両者間に特に差が認められなかった。この試験は人工飼料に乾燥葉粉末を添加する方法で行われたこと、飼料に添加した葉粉末量が適当であったかどうかの再検討は必要と思われるが、この試験では寄主植物葉にBT剤の殺虫活性を強く阻害する物質の存在は特に確認されなかった。しかし、植物に含まれるタンニンがBT剤の殺虫活性を阻害することがマイマイ *Porthetria dispar* で報告されているし(APPEL and SCHULTZ, 1994)、植物葉の磨砕液や抽出液には *Bacillus* 菌に対して抗菌作用のあることが報告されているので(KUSHNER and HARVERY, 1962)、BT剤の殺虫活性を阻害する植物成分については今後さらに検討が必要と考えられる。

V ハスモンヨトウ防除への効果的利用

元来、ハスモンヨトウはBT剤に対する感受性の低い昆虫と考えられてきた(佐野, 1974; 浅野ら, 1973)。現在市販されているBT剤の多くは、コナガやアオムシなどの野菜害虫の防除を目的に開発された製剤が多く、ハスモンヨトウに適用のないBT剤も多い。また、ハスモンヨトウに適用のある製剤でも、他の鱗翅目害虫に比べると使用濃度が濃い場合が多い。さらに、BT剤を用いたハスモンヨトウの防除において問題を複雑にしているのは、作物の種類によってBT剤の防除効果に違いが生じることである。上述したように、室内試験でも寄主植物葉の種類によって殺虫活性が異なることが確認された。この問題に対する本質的な対策はその理由の解明から始めなければならないが、現時点ではまだ解明が進

表-4 BT 剤 (KM303) のハスモンヨトウ 3 齢幼虫に対する生物活性と温度の関係

希釈 倍数	4 日後の致死率 (発育阻害率) % ^{a)}					
	キャベツ		シソ		イチゴ	
	25℃	30℃	25℃	30℃	25℃	30℃
500	88(97)	100(100)	17(75)	63(96)	25(76)	75(97)
1,000	84(97)	100(100)	7(65)	54(92)	13(82)	82(75)
2,000	46(95)	84(98)	9(63)	40(80)	—	—
4,000	14(86)	40(88)	1(38)	28(81)	—	—

^{a)} 供試虫数は 1 区に 50 ~ 150 頭。

んでいないので、今後の研究成果に待たねばならない。

BT 剤のハスモンヨトウ防除に適用のある作物について、室内試験で活性の低かったイチゴやシソにおいても日本植物防疫協会による公的な野外試験などではその防除効果が確認されているので、ハスモンヨトウに対する防除効果があることには問題はないが、同時にこれらの作物においては他の作物に比べて防除効果にフレの生じることを考慮に入れておく必要がある。防除効果変動する要因についてはまだ解明されていないので、現時点では少なくとも BT 剤の一般的な生物特性に基づいた効率的の使用を心がけることが肝要である。

ハスモンヨトウに対する効果的使用を BT 剤の生物特性から考えてみると、(1) ハスモンヨトウに対する適用濃度を厳守すること、(2) 散布時期は感受性の高い若齢 (1 ~ 3 齢) 幼虫を対象に行うこと、(3) ハスモンヨトウの BT 剤感受性は温度が高いほど高くなること

がキャベツ、イチゴおよびシソで同様に示されている (表-4 参照)。それゆえ、散布はできるだけ温度の高いときに行うこと、(4) BT 剤の残効性は比較的短いことを考慮して、発生密度の多いときには 2 週間おきに連続して散布すること、(5) BT 剤の防除効果は幼虫密度の減少以外に食害程度 (被害) を重視すること、(6) BT 剤の防除効果の低いことが知られている作物 (イチゴ、シソ、バラ、ダイズ等) については、散布後の防除効果の確認と場合によっては BT 剤以外の対応も念頭に入れることが大切である。

最後に、BT 剤によるハスモンヨトウの防除に及ぼす寄主植物の影響についてはその原因解明が今後必要であり、それに基づく解決策が計られることになるが、一方、ハスモンヨトウに害虫に対して現在より殺虫活性のより高い新規な菌株を探索し、より優れた BT 剤の開発が基本的な対応策になるであろうことを付け加えておきたい。

引用文献

- 1) APPEL, H. M. and J. C. SHULTZ (1994) : J. Econ. Entomol. 87 : 1736 ~ 1742.
- 2) 浅野昌司 (2000) : 茨城県病害虫研報 39 : 1 ~ 6.
- 3) ——— (2004) : 応動昆 48 : 261 ~ 274
- 4) ———ら (1973) : 同上 17 : 91 ~ 96.
- 5) ———ら (2004) : 同上 48 : 307 ~ 314
- 6) ASANO, S. et al. (1993) : Appl. Entomol. Zool. 28 : 513 ~ 524.
- 7) KUSHNER, D. J. and G. T. HARVERY (1962) : J. Insect Pathol. 4 : 155 ~ 184.
- 8) MAEDA, T. and J. D. HARE (1993) : Environ. Entomol. 22 : 432 ~ 437.
- 9) 丸山 威 (2004) : 植物防疫 58 : 467 ~ 473.
- 10) 長岡広行・井園佳文 (1998) : 九病虫研報 44 : 76 ~ 78.
- 11) 及川雅彦ら (1999) : 関東東山病虫研報 46 : 89 ~ 92.
- 12) 佐野利男 (1974) : 植物防疫 28 : 195 ~ 201.

新しく登録された農薬 (17.1.1 ~ 1.31)

掲載は、種類名、登録番号：商品名 (製造業者又は輸入業者) 登録年月日、有効成分：含有量、対象作物：対象病害虫：使用時期および回数等。ただし、除草剤・植物成長調整剤については、適用作物、適用雑草等を記載。(登録番号：21468 ~ 21471) 下線付きは新規成分。

「殺虫剤」

●エチプロール粉剤

21470 : キラップ粉剤 DL (バイエルクロップサイエンス)
2005/01/17

エチプロール : 0.50%

稲 : ウンカ、カメムシ類 : 収穫 14 日前まで : 2 回以内 : 散布

●エチプロール水和剤

21471 : キラップフロアブル (バイエルクロップサイエンス)
2005/01/17

稲 : ウンカ類、カメムシ類 : 収穫 14 日前まで : 2 回以内 : 散布、りんご : アブラムシ類、モモシクイガ、キンモンホソガ : 収穫 21 日前まで : 2 回以内、茶 : チャノキイロアザミウマ : 収穫 7 日前まで : 1 回

「殺菌剤」

●ボスカリド水和剤

21468 : カンタスドライフロアブル (BASF アグロ)
2005/01/17

21469 : 日曹カンタスドライフロアブル (日本曹達)
2005/01/17

ボスカリド : 50.0%

大粒種ぶどう : 灰色かび病 : 収穫 7 日前まで : 3 回以内、いちご、トマト、なす、きゅうり : 灰色かび病、きゅうり : 菌核病 : 収穫前日まで : 3 回以内、たまねぎ : 灰色かび病 : 収穫前日 : 3 回以内、あずき : 灰色かび病 : 収穫 7 日前まで : 3 回以内、いんげんまめ : 灰色かび病、菌核病 : 収穫 21 日前まで : 2 回以内