

ハウス栽培のコマツナを低密度で加害するコナガに対する コナガサムライコマユバチの必要放飼比率

安部順一郎・浦野 知*・長坂幸吉**・高林純示***

Key words : *Plutella xylostella*, *Cotesia vestalis*, *Brassica rapa*, Release ratio, Biological control

目 次

I 緒 言	125	III 結 果	128
II 材料および方法	126	IV 考 察	129
1 供試昆虫	126	V 摘 要	130
2 放飼試験	126	引用文献	130
3 コナガサムライコマユバチによるコナガ 抑制効果の評価	127	Summary	132

I 緒 言

コナガサムライコマユバチ *Cotesia vestalis* (Kurdjumov) は、アブラナ科農作物の難防除害虫であるコナガ *Plutella xylostella* (Linnaeus) の幼虫の単寄生性内部捕食寄生者である。本種は、わが国では1962年以降、全国各地のアブラナ科野菜類^{7, 11, 12, 18, 20}やイヌガラシ(安部ら, 未発表)で確認されており、広く定着している天敵といえる。これまでに本種はコナガの生物的防除資材として、オーストラリア、南アフリカ共和国、ジャマイカ、アメリカ合衆国をはじめとする世界各国に導入され、永続利用を目的に大規模な露地栽培圃場で大量放飼されている¹⁵。これらの国々では、本種が定着した後にコナガによるアブラナ科野菜類の被害が減少しており¹⁶、本種がコナガの有望な生物的防除資材であることが示されている。

わが国でのアブラナ科野菜類の栽培は、キャベツ、

ハクサイ等の露地栽培とコマツナ、ミズナ、大阪シロナなどのハウス軟弱栽培に大きく二分され、近年は後者の栽培が拡大している。本研究では、後者の栽培においてコナガサムライコマユバチを接種的放飼し、コナガの増殖を抑制する方法を検討した。

アブラナ科軟弱野菜では、害虫に対する要防除密度と被害許容水準が低く、例えば、チンゲンサイでのコナガの要防除密度は0.1頭/株とされている⁵。そのため、ハウスでコナガサムライコマユバチの接種的利用を成功させるためには、作物上に少数のコナガ幼虫が散在する状態であっても、放飼されたコナガサムライコマユバチがそれらを発見して寄生し、増殖を抑制する能力を持っていなければならない。

コナガを抑制するために必要なコナガサムライコマユバチの放飼頭数は、羽化直後のコナガサムライコマユバチ成虫を放飼する場合、放飼後、給餌しない条件では、コナガ幼虫9頭に対してコナガサムライコマユバチの雌成虫1頭(放飼比率=1:9)で

(平成18年8月7日受付, 平成18年10月26日受理)

環境保全型野菜研究チーム

*九州沖縄農業研究センター

**中央農業総合研究センター

***京都大学生態学研究センター

あるが、放飼後、蜜源を給餌すると、コナガ幼虫68頭に対してコナガサムライコマユバチの雌成虫1頭(放飼比率=1:68)となり、放飼比率が低下する(浦野, 未発表)。しかし、この値は、室内実験のデータ⁹⁾をもとに推定したものであり、実用レベルの規模をもつビニールハウスでのコナガサムライコマユバチの必要放飼頭数は検討されていない。

本研究では、コマツナ栽培ハウスに蜜源を設置したうえで、コナガサムライコマユバチの放飼試験を行い、コナガを次世代まで抑制するために必要なコナガサムライコマユバチの放飼比率について検討した。

なお、本研究は、農業・生物系特定産業技術研究機構、生物系特定産業技術研究支援センターの異分野融合研究支援事業「天敵の行動制御による中山間地(京都府美山町)における減農薬害虫防除技術の開発」の成果である。

II 材料および方法

1 供試昆虫

供試したコナガは、2001年に京都府中北部(綾部市および南丹市美山町)で採集し、近畿中国四国農業研究センター野菜部(京都府綾部市、現在は近畿中国四国農業研究センター綾部研究拠点)において20℃, 13L:11Dの条件下で累代飼育した。成虫の産卵植物および幼虫の餌にはコマツナを用い、成虫には50%のハチミツ水溶液を給餌した。コナガサムライコマユバチは、2001年に京都府中北部(綾部市

および南丹市美山町)で採集し、近畿中国四国農業研究センター野菜部において20℃, 13L:11Dの条件下で累代飼育した個体群を供試した。飼育用の寄主にはコナガの幼虫を用い、成虫には50%のハチミツ水溶液を給餌した。

2 放飼試験

2004年から2005年にかけて、近畿中国四国農業研究センター野菜部青野圃場(京都府綾部市)の雨よけハウス(1.2a, 5.4×22.0×2.6m)2棟を使い、1棟を放飼区、1棟を無放飼区とした。試験は放飼比率を変えて3回実施した(第1表)。コナガおよびコナガサムライコマユバチの移出入を防ぐために、両ハウスの開口部には0.6mm目合いの防虫ネットを展張した。アブラナ科葉菜類の周年栽培を想定して、両ハウス内に2つの畝(畝A, 畝B)を作り、それぞれの畝でコマツナの播種日を16~25日ずらして栽培し(畝A, Bの順)、コナガの増殖過程を2世代以上観察できるようにした(第1表)。各畝は1938株あるいは2215株のコマツナが生育できるように栽植密度を調整した。畝Aでコマツナの本葉が1~2枚展開した時点でコナガの2齢幼虫を20株に1頭(0.05頭/株)の割合で接種した。

放飼区としたハウスでは、コナガの幼虫を接種した1~3日後にコナガサムライコマユバチを放飼し、無放飼区では放飼しなかった。放飼区、無放飼区ともコナガサムライコマユバチの給餌用の蜜源を1畝につき3つずつ設置した。蜜源は50%のハチミツ水溶液100mlを染み込ませた黄色スポンジ(6×

第1表 The dates of sowing, release of insects, and harvesting

Test no.	Years	Dates (Days after the release of DBM larvae)					
		Sowing ridge A	Release of DBM* larvae	Release of <i>C. vestalis</i>	Sowing ridge B	Harvesting ridge A	Harvesting ridge B
1	2004	15 Mar.	2 Apr.	5 Apr. (3)	9 Apr. (7)	26 Apr. (24)	14 May (42)
2	2004	6 Sept.	14 Sept.	15 Sept. (1)	22 Sept. (8)	1 Oct. (17)	25 Oct. (41)
3	2005	15 Mar.	2 Apr.	3 Apr. (1)	8 Apr. (6)	26 Apr. (24)	13 May (41)

*DBM: Diamondback moth

第2表 Abundances of plants, release number of DBM larvae and *C. vestalis*, and release ratios of *C. vestalis* to DBM larvae in the three experiments

Test No.	Total no. of plants		No. of the released DBM larvae	Initial density of DBM per plant	No. of released wasps	Release ratio
	Ridge A	Ridge B				
1	1938	1938	96	0.05	♀15:♂10	1:6.4
2	2215	2215	111	0.05	♀10:♂10	1:11
3	2215	2215	111	0.05	♀5:♂5	1:22

5×3.5cm)を黄色の台(20×20cm)に載せ、地表から50cmの高さになるようにハウス天井面から吊した。スポンジには3～4日に1回、50%のハチミツ水溶液40mlを補給し、常にコナガサムライコマユバチが採餌可能な状態を保った。放飼区でのコナガサムライコマユバチの放飼頭数は、第1回試験が♀15頭：♂10頭(コナガサムライコマユバチの雌成虫1頭に対してコナガ幼虫6.4頭の比率、放飼比率=1:6.4)、第2回試験が♀10頭：♂10頭(放飼比率=1:11)、第3回試験が♀5頭：♂5頭(放飼比率=1:22)とした(第2表)。供試したコナガサムライコマユバチは前日に羽化した成虫を用い、すべての試験で午前10時にハウス中央で放飼した。

各畝のコマツナは、本葉数が10枚程度に達した時点で全面一斉に収穫し、畝上に残渣が残らないようにした。収穫の際にはコナガおよびコナガサムライコマユバチの持ち出しがあった。この点は、実際の生産現場と同様である。なお、放飼区と無放飼区のハウスは試験ごとに入れ替えた。

週に1回の割合で、各畝のコマツナ150～300株のコナガの卵、幼虫、蛹の数をランダムに数えた。調査結果からコナガの株当たり密度を求め、ハウス内のコマツナの総株数を乗じてハウス内に存在するコナガの総個体数を推定し、コナガ個体群の変化を表した。

3 コナガサムライコマユバチによるコナガ抑制効果の評価

作物の栽培期間中に複数世代を経過する害虫の個体群動態を解析する際、定期的な密度調査データでは害虫の真のピーク時の個体数を把握することが難

しく、害虫の世代間の増殖率を正確に把握できない。また、害虫の世代が重なり合う場合は各世代を区別するのが難しいため、増殖率を算出できない。このような点を解消し、害虫の世代間増殖率を把握するため、本研究では松村・浦野⁶⁾が開発した「害虫個体数調査データから平均世代密度を計算するプログラム*」を用いて、各試験の放飼区と無放飼区におけるコナガの世代区分を行い、世代ごとに平均世代個体数を推定した。プログラムによる解析に必要なコナガの幼虫期間の発育零点および発育積算温度は、山田・川崎¹⁹⁾の実験データに基づき、それぞれ8.5℃、274.0日度とした。プログラムに入力する試験期間中のハウス内の日別の最低・最高気温は、試験ハウス内の地上20cmに簡易データロガー(商品名おんどとり、株式会社ティアンドディ)を設置し、1時間ごとに記録した気温を日ごとに集計して算出した。コナガサムライコマユバチによるコナガ個体群の増殖抑制効果は、放飼区および無放飼区のコナガの接種世代から最終世代にかけての平均世代個体数の増殖率を基準にして評価した。各試験の放飼区と無放飼区のコナガの増殖率を比較し、無放飼区より放飼区の増殖率が低ければ、コナガサムライコマユバチによるコナガ個体群の増殖抑制効果が働いたとみなした。また、放飼区でのコナガの増殖率が1以下か1に近い値であれば、コナガ個体群の増殖を次世代まで抑制したと判断した。

本研究では低密度のコナガを対象に放飼試験を実施しており、寄生率を把握するためにコナガの幼虫をサンプリングすると、コナガとコナガサムライコマユバチの両個体群の変動に大きな影響を及ぼすため、コナガのサンプリングは実施しなかった。その

代わりに、放飼区と無放飼区間のコナガの接種世代G₀から第1世代G₁への増殖率の差を寄生の寄与と仮定して、放飼個体による寄生率pを推定した。寄生率pは、以下のようにして求められる；

G₀世代からG₁世代への増加は、無放飼区、放飼区において

$$G_{c1} = G_{c0} R \quad (1)$$

$$G_{p1} = G_{p0} (1 - p) R \quad (2)$$

と表現される。ただし、G_{c0}、G_{c1}、G_{p0}、G_{p1}はそれぞれ無放飼区のG₀平均世代個体数とG₁平均世代個体数、放飼区のG₀平均世代個体数とG₁平均世代個体数である。Rは世代間増殖率を表す。

式(2)より、

$$p = 1 - (G_{p1} / G_{p0} R) \quad (3)$$

ここで、Rは式(1)に無放飼区のG_{c0}、G_{c1}の実測値を代入して求め、このRとG_{p0}、G_{p1}の実測値を式(3)に代入することにより、pを推定する。

※「害虫個体数調査データから平均世代密度を計算するプログラム」は、2006年7月28日現在、九州沖縄農業研究センターのホームページより無償でダウンロードすることができる。

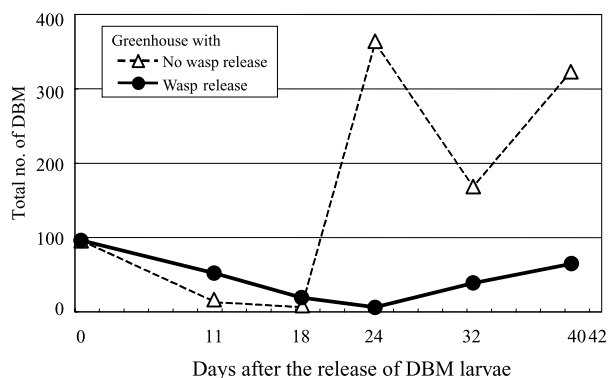
Ⅲ 結 果

各放飼試験の放飼区、無放飼区でのコナガの個体数の推移を第1-3図に、松村・浦野⁶⁾のプログラムを使って推定した平均世代個体数と接種世代から最終世代にかけての増殖率を第3表に示した。

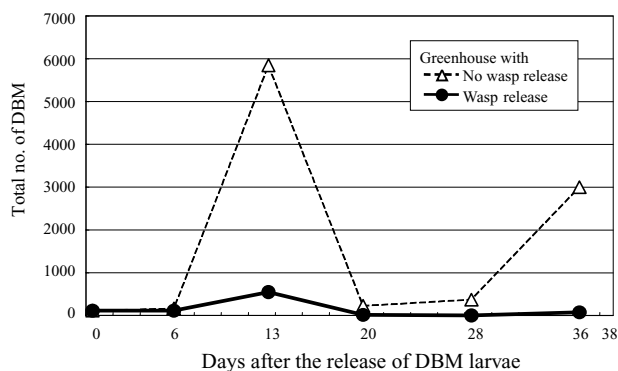
試験1で、コナガ幼虫96頭に対してコナガサムライコマユバチの雌成虫15頭を放飼した場合(放飼比率=1:6.4)、放飼区のコナガの個体数は、接種個体数の96頭を上回ることなく推移し、ピーク時(コナガ幼虫の接種40日後)でも65頭であった(第1図)。これに対し、無放飼区では、コナガの個体数はコナガ幼虫の接種24日後に接種個体数を上回り、362頭になった。接種世代G₀から最終世代G₂へのコナガの増殖率は、放飼区で0.8倍、無放飼区で5.5倍であった(第3表)。

試験2で、コナガサムライコマユバチの雌成虫10頭を放飼した場合(放飼比率=1:11)、放飼区ではコナガの個体数は、ピーク時(接種13日後)に

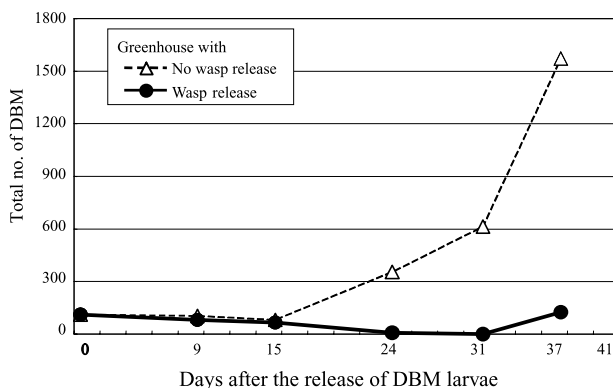
546頭となり、接種個体数を上回ったものの、畝Aの収穫(接種17日後)による持ち出しで個体数は減少し、G₂世代のピーク時(接種36日後)には74頭と接種個体数以下になった(第2図)。G₀からG₂へのコナガの増殖率は放飼区で0.2倍、無放飼区で6.6倍であった(第3表)。



第1図 Weekly changes in the total number of DBM in test 1. (Release ratio = 1 : 6.4)



第2図 Weekly changes in the total number of DBM in test 2. (Release ratio = 1 : 11)



第3図 Weekly changes in the total number of DBM in test 3. (Release ratio = 1 : 22)

第3表 Estimated growth rates of DBM and estimated parasitism rates by *C. vestales*

Test no.	No. of female wasps released	Treatments	Release ratio	G0	G1	G2	G2/G0	Percentages of parasitism
1	0	No wasp release	—	50	174	276	5.5	—
	15	Wasp release	1:6.4	72	27	57	0.8	89.1%
2	0	No wasp release	—	136	2636	901	6.6	—
	10	Wasp release	1:11	111	264	22	0.2	87.7%
3	0	No wasp release	—	109	485	1454	13.4	—
	5	Wasp release	1:22	93	29	110	1.2	93.1%

試験3で、コナガサムライコマユバチの雌成虫5頭を放飼した場合（放飼比率=1:22）、放飼区でのコナガ個体数は、ピーク時（接種37日後）には126頭と接種個体数を上回った（第3図）。しかし、無放飼区での増殖率が13.4倍であるのに対し、放飼区での増殖率は1.2倍であった（第3表）。

Ⅳ 考 察

ハウス栽培のコマツナを加害する低密度のコナガに対し、コナガサムライコマユバチを放飼比率1:6.4, 1:11, 1:22で放飼した区では、無放飼区と比較してコナガの増殖率が低下し、コナガサムライコマユバチによるコナガ個体群の増殖抑制効果が働いたと考えられた。また、放飼区ではコナガ個体数は接種個体数を大幅に上回ることなく低密度で推移し、実害のない程度に抑制できた。放飼区ではG₀からG₂への増殖率が0.2~1.2であったことから、コナガ個体群の増殖を次世代まで抑制できたと判断した（第3表）。これらの結果から、給餌条件下では、コナガ幼虫22頭に対し、コナガサムライコマユバチの雌成虫1頭の比率で放飼すれば、コナガの増殖を抑制できると考えられた。

コナガに対するコナガサムライコマユバチの必要放飼比率は、0.021m³（20×30×35cm）の容器内に両者を放飼した室内実験のデータ⁹⁾に基づき、無給餌の場合は1:9、蜜源を給餌する場合は1:68と推定されている（浦野、未発表）。本研究では、

放飼比率1:9よりも放飼頭数が少なくなる放飼比率1:11および1:22の放飼区でもコナガ個体群の増殖抑制に成功した。推定値よりも少ない放飼頭数でコナガの増殖抑制に成功した理由の一つとして、蜜源の設置によるコナガサムライコマユバチの繁殖力の増大が考えられる。コナガサムライコマユバチに限らず、多くの寄生蜂類で糖類の給餌が繁殖力を増大させるという知見が得られており^{1, 2, 3)}、寄生蜂類の防除効果を安定させるために蜜源が重要な役割を果たすと考えられる。しかし、蜜源の設置は天敵の繁殖力を増大させると同時に、害虫の繁殖力を増大させることもある。例えば、2%ショ糖水を給餌したコナガの雌成虫の生涯産卵数は、水のみを給餌した場合の1.3~1.4倍に増加する¹⁷⁾。そのため、生産現場で天敵の放飼に蜜源の設置を組み込むためには、害虫による蜜源の利用を制限する方法を検討する必要がある。本研究ではコナガサムライコマユバチと同様に、コナガも蜜源を利用できる状態であったが、コナガサムライコマユバチによるコナガ個体群の増殖抑制効果が増強されたと考えられる。

本研究では286m³のビニールハウスで試験を実施したが、試験1~3のいずれもコナガサムライコマユバチの寄生率は、およそ90%であった（第3表）。例えば、放飼比率1:22の試験3では、コナガの2齢幼虫111頭に対してコナガサムライコマユバチの雌成虫をわずか5頭放飼したにすぎない。コナガサムライコマユバチが寄生できるコナガ幼虫の齢期は主に2齢と3齢である⁴⁾。コナガの2齢から3齢期

の発育日数は18.1℃で6.7日, 20.4℃で6.0日である¹³⁾. 本研究の試験1, 2, 3のハウスの平均気温は, それぞれ19.6℃, 21.9℃, 18.4℃であった. そのため, 試験3 (放飼比率1:22)の放飼区では, 放飼した5頭のコナガサムライコマユバチが, 放飼後6~7日間にコマツナ2215株上に散在する111頭のコナガ幼虫の90%以上に寄生したと考えられる. このことから, 平均気温が20℃になる春期および秋期には, コナガサムライコマユバチは優れた寄主探索能力を持っていると考えられる.

コナガサムライコマユバチは, コナガに食害された寄主植物が放出する植食者誘導性植物揮発性物質 (herbivore-induced plant volatiles, 以下, HIPV と略)を手がかりにして寄主のコナガを探索すると考えられている¹⁴⁾. コナガ幼虫に餌としてキャベツを与えた場合, 15℃, 16L:8Dの条件下で摂食する葉面積は1齢が1.4~1.7mm², 2齢が2.6~2.9mm²である¹⁰⁾. 本研究ではコナガの2齢幼虫を接種した1~3日後にコナガサムライコマユバチを放飼したため, 放飼時点でのコマツナの食害面積は非常に小さかったと考えられる. しかし, コナガサムライコマユバチは, 葉面積の5%をコナガに食害された植物株にも誘引されることから (塩尻, 未発表), 本研究で放飼したコナガサムライコマユバチの成虫は, わずかな食害部位から放出されるHIPVを手がかりにして被害株を探索し, 低密度のコナガ幼虫に寄生できたと考えられる.

アメリカ合衆国ではすでにコナガサムライコマユバチが大量増殖され, 販売されている⁸⁾. 今後, 蜜源の設置を組み込んだコナガサムライコマユバチの放飼増強法あるいは保護利用法を開発する価値があると考えられる. アブラナ科植物由来のHIPVの中から, コナガサムライコマユバチに対する誘引活性のある物質が特定されており (高林, 投稿中), この物質を人工合成して圃場に設置することで, 圃場周辺からコナガサムライコマユバチを誘引してコナガを防除する天敵保護利用技術の開発が進められている. このような技術が確立されれば, 少数のコナガサムライコマユバチを常に圃場内に誘引することが可能となり, 恒常的にコナガの増殖を抑制できると考えられる.

V 摘 要

アブラナ科葉菜類を栽培するハウスにおいて, 低密度で存在するコナガの幼虫に対し, コナガサムライコマユバチを放飼し, コナガの増殖を抑制するために必要な放飼比率を検討した. 株当たり0.05頭のコナガ幼虫に対し, 放飼比率1:6.4, 1:11, 1:22でコナガサムライコマユバチを放飼したところ, いずれの放飼比率においても, コナガの増殖が抑制された. 放飼試験の結果から, 放飼比率1:22でも, コナガサムライコマユバチはコナガを次世代まで抑制できると考えられた.

引用文献

- 1) Jervis, M. A., N. A. C. Kidd, M. G. Fitten, T. Huddleston and H. A. Dawash 1993. Flower visiting by hymenopteran parasitoids. *J. N. Hist.* 27: 67-105.
- 2) Jervis, M. A. and N. A. C. Kidd 1996. Phytophagy. In *Insect Natural Enemies* (M. A. Jervis and N. A. C. Kidd eds.). Chapman and Hall, London, UK, p. 375-394.
- 3) Jervis, M. A., N. A. C. Kidd and G. E. Heimpel 1996. Parasitoid adult feeding behaviour and biocontrol - a review. *Biocontrol News and Information* 17: 11-22.
- 4) Kawaguchi, M. and T. Tanaka 1999. Biological characteristics of a larval endoparasitoid, *Cotesia plutellae* (Hymenoptera: Braconidae): Host stage preference, subsequent sex ratio of progeny and mate location of males. *Appl. Entomol. Zool.* 34: 213-221.
- 5) 河野 哲・足立年一・二井清友 1992. キャベツ, チンゲンサイにおけるコナガの経済的被害許容密度. 関西病害研報34: 101.
- 6) 松村正哉・浦野 知 2004. 害虫個体数調査データから平均世代密度を計算するプログラム. 九州農業研究66: 94.
- 7) Matsuura, M. 1977. Parasites of the diamond-back moth, *Plutella xylostella* (LINNAEUS), their species and seasonal fluctuations. *Bull.*

- Fac. Agric. Mie Univ. p. 45–51.
- 8) Mitchell, E. R., R. C. Tingle, R. C. Navasero-Ward and M. Kehat 1997. Diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae): Parasitism by *Cotesia plutellae* (Hymenoptera: Braconidae) in cabbage. Florida Entomol. 80 : 477–489.
 - 9) Mitsunaga, T., T. Shimoda and E. Yano 2004. Influence of food supply on longevity and parasitization ability of a larval endoparasitoid, *Cotesia plutellae* (Hymenoptera: Braconidae). Appl. Entomol. Zool. 39 : 691–697.
 - 10) 森下正彦・東勝千代 1990. コナガ幼虫の摂食量に及ぼす温度の影響. 日本応用動物昆虫学会誌34 : 169–171.
 - 11) 野田隆志・宮井俊一・山田 慎・小西和彦 1996. 盛岡市のキャベツ畑におけるコナガ幼虫及び蛹の寄生蜂の種類相と発生消長. 日本応用動物昆虫学会誌40 : 164–167
 - 12) 岡田利承 1989. キャベツ圃場におけるコナガの寄生蜂の種類とその寄生率の季節的消長. 日本応用動物昆虫学会誌33 : 17–23.
 - 13) Sarnthoy, O., P. Keinmeesuke, N. Sinchaisri and F. Nakasuji 1989. Development and reproductive rate of the Diamondback moth *Plutella xylostella* from Thailand. Appl. Entomol. Zool. 24 : 202–208.
 - 14) Shiojiri, K. 2000. Herbivore-species-specific interaction between crucifer plants and parasitic wasps (Hymenoptera: Braconidae) that are mediated by infochemicals present in areas damaged by herbivores. Appl. Entomol. Zool. 35 : 519–524.
 - 15) Talekar, N. S. and A. M. Shelton 1993. Biology, ecology, and management of the diamondback moth. Annu. Rev. Entomol. 38 : 275–301.
 - 16) Talekar, N. S. 1996. Biological control of diamondback moth in Taiwan - a review. Plant Prot. Bull. (Taiwan) 38 : 167–189.
 - 17) 植松秀男・野見山淳・橋爪政彦 1998. コナガにおける産卵能力の決定要因. 日本応用動物昆虫学会誌42 : 201–208.
 - 18) 植松秀男・山下 勉 1999. 慣行防除圃場におけるコナガとその寄生蜂の発生動向. 日本応用動物昆虫学会誌43 : 113–121.
 - 19) 山田偉雄・川崎健次 1983. コナガの発育, 産卵および増殖に及ぼす温湿度の影響. 日本応用動物昆虫学会誌27 : 17–21.
 - 20) 山田偉雄・山口泰治 1985. コナガの寄生性および捕食性天敵. 日本応用動物昆虫学会誌29 : 170–173.

Release ratio of *Cotesia vestalis* to Diamondback moth larvae
(*Plutella xylostella*) that suppresses the population growth
of Diamondback moth feeding *Brassica* leaf vegetables in a greenhouse

Junichiro ABE, Satoru URANO*, Koukichi NAGASAKA** and Junji TAKABAYASHI***

Summary

Release ratio of *Cotesia vestalis*, a braconid parasitoid of diamondback moth, *Plutella xylostella* (hereafter called, DBM), to suppress the population growth of its host to be less than one was evaluated in greenhouses of Komatsuna chinese mustard, *Brassica rapa*. The release ratios of adult female wasps to DBM larvae were 1 : 6.4 (Test 1), 1 : 11 (Test 2), and 1 : 22 (Test 3). Six yellow colored sponges soaked with 50% aqueous solution of honey were provided as food for *C. vestalis* at each test. In test 1 and 2, the population growth rates of DBM were suppressed to be less than one (0.8 and 0.2 respectively), whilst the rate was increased more than one in the greenhouses in which no wasps were released. In test 3, the population growth rate was slightly higher than one (1.2). The estimated incidence of parasitism of test 1, 2 and 3 were 89.1%, 87.7%, and 93.1%, respectively. We concluded that *C. vestalis* successfully suppressed the population growth of DBM over the two successive generations with the three release ratios.

Research Team for Sustainable Vegetable Production

*National Agricultural Research Center for Kyushu Okinawa

**National Agricultural Research Center

***Center for Ecological Research, Kyoto University