

無加温促成栽培イチゴにおけるバンカー法を用いた 天敵寄生蜂コレマンアブラバチ利用技術の検証

西野 実, 北上 達*

要 旨

無加温の促成栽培イチゴにおいて、バンカー法を用いたコレマンアブラバチ放飼によるワタアブラムシ防除効果を検証するとともに、コレマンアブラバチへの高次寄生¹⁾の回避方法についても検討した。コレマンアブラバチ放飼の効果が発揮される温度範囲よりも低い温度条件で試験を実施したが、バンカー上でコレマンアブラバチは維持、増殖でき、ワタアブラムシに対し高い防除効果が認められた。その効果は、コレマンアブラバチを7日間隔3回放飼した時の防除効果と同等であり、バンカー法を用いることにより、放飼回数を減らし、コスト低減が可能と考えられた。また、コレマンアブラバチへの高次寄生の回避方法として、バンカーを設置する高さや、設置する時期を検討したが、いずれの方法でも、高次寄生を回避することはできなかった。

キーワード：バンカー法；コレマンアブラバチ；ワタアブラムシ

緒 言

ワタアブラムシ *Aphis gossypii* Glover はイチゴの主要害虫であり、吸汁等の直接加害による被害とともに、高密度に増殖すると排泄物やすず病によりイチゴ果実が汚れる被害をもたらすこともある。ワタアブラムシの防除には効果が高く、受粉昆虫に対して影響が少ないアセタミプリド剤、チアクロプリド剤等が使用されてきた。しかし、三重県の促成栽培イチゴでは、ハダニ類防除にチリカブリダニ *Phytoseiulus persimilis* の利用が普及しており、アセタミプリド、チアクロプリドの両剤は、チリカブリダニの生育ステージによっては悪影響を与える¹⁾。そのため、ワタアブラムシの防除には、これらの殺虫剤以外の手段が必要となっている。

一方、ワタアブラムシの寄生蜂であるコレマンアブラバチ *Aphidius colemani* (Viereck) は生物農薬として登録されており、効果的に使用するためには、ワタアブラムシの発生初期から1~2週間間隔で3回程度の放飼を行うことが基本とされてきた²⁾。複数回放飼を行うことで、放飼適期を捉えやすく、放飼期間中はコレマンアブラバチ密度を維持できるため有効な方法である。しかし、コレマンアブラバチを購入するコストが高く、現状では受け入れられにくい技術となっている。

矢野³⁾は、害虫以外で天敵の寄主となる昆虫の着生した植物を、温室内に持ち込んで天敵を供給する方法として「バンカー植物法」を紹介している。また、トマトのオンシツコナジラミ *Trialeurodes vaporariorum* に対して、あらかじめ別の温室でトマトにオンシツコナジラミを発生させ、そこに天敵であるオンシツツヤコバチ *Encarsia formosa* を十分寄生させた後、このトマトを本圃に持ち込む方法⁴⁾もバンカー植物法の一つとされている。長坂、大矢⁴⁾は、広義の「バンカー植物法」と「バンカー法」を区別し、「バンカー法」とは(1)栽培施設において、(2)害虫の発生前から、あるいは作物の生育初期から、(3)天敵の代替餌あるいは代替寄主(ただし、作物の害虫とはならないもの)と、(4)その寄主植物(ただし、作物の病害虫の発生源とはならないもの)とともに、(5)天敵を導入し、3者の関係を維持することにより十分量の天敵を継続的に供給するシステム(banker plant system)として定義しており、これらの条件を満たすことで十分な防除効果が得られるとしている。

コレマンアブラバチに関しては、ムギ類をバンカー植物に、ムギクビレアブラムシ *Rhopalosiphum padi*(L.)を代替宿主として組み合わせたバンカー法による放飼方法の有効性が確認されており^{2,4)}、国内では技術者向けの技術マニュアルも作成

* 三重県病害虫防除所

されている³⁾。しかし、三重県の土耕栽培のイチゴは無加温で栽培するほ場もあることから、冬季のハウス内温度はコレマンアブラバチの生育適温以下に低くなるため、そのような低温条件下でもバンカーでコレマンアブラバチ密度が維持でき、防除効果が発揮できるかどうか検証する必要がある。また、コレマンアブラバチのバンカー法は、コレマンアブラバチに寄生する高次寄生蜂の寄生率が高いと機能しなくなる⁴⁾ことから、バンカーを利用する際には、バンカーでの高次寄生蜂の発生に注意を払う必要がある。

本試験では、無加温のイチゴ栽培ほ場においてバンカー法によるコレマンアブラバチの防除効果を確認し、生産現場への普及性を検証するとともに、高次寄生蜂による防除効果の低下を防ぐためのバンカーの設置位置と設置時期を検討した。

材料および方法

1 供試天敵およびバンカー

コレマンアブラバチは、生物農薬として販売されているコレマンアブラバチ製剤（商品名：アフィパール アリスタライフサイエンス社）を用いた。放飼密度は標準的な1回放飼あたり1頭/m²とした。なお、コレマンアブラバチ製剤を入手した時点で、容器内に必要頭数の成虫が羽化していない場合は、製剤を室温で保管し、マミーから成虫を羽化させた後、必要頭数の成虫を放飼した。

コレマンアブラバチ密度を維持、増殖する目的で設置したバンカーには、代替宿主としてムギクビレアブラムシを、バンカー植物としてオオムギ（商品名：てまいらず）を用いた。ムギクビレアブラムシは市販されている天敵補助資材（商品名：アフィバンク アリスタライフサイエンス社）を用いた。オオムギはワグネルポット等に約10粒播種し、播種21日後に、バンカー設置予定のイチゴ栽培ハウス内に移動させた後、ムギクビレアブラムシを接種し増殖させた。コレマンアブラバチの放飼は、ムギクビレアブラムシ接種後、21日以上経過してから行った。オオムギはムギクビレアブラムシ密度が高すぎると生育が悪化するので、試験途中で別途ポット栽培したオオムギを追加で導入した。

2 試験1：バンカー法による防除効果の検証

農業研究所内のパイプハウス（45 m²）4棟を用いて2005年9月から2006年4月にかけて実施した。ハウス内にはイチゴ（品種：サンチーゴ）を2005年9月16日に120株定植し、無加温無電照で栽培した。試験区は1処理にハウス1棟を用い、コレマンアブラバチ無放飼でアブラムシ類無防除の「無放飼区」、コレマンアブラバチを2005年11月18日に1回放飼した「1回放飼区」、2005年11月18日、26日、12月3日の3回放飼した「3回放飼区」、バンカ

ーを導入し2005年11月18日に1回放飼した「バンカー放飼区」の4試験区を設けた。コレマンアブラバチの放飼密度は1回放飼あたり45頭/区とした。バンカー放飼区には、1/5,000 ワグネルポットで栽培したオオムギを2005年10月25日に2ヶ所設置し、同日にムギクビレアブラムシを接種した。2006年1月11日には、別途1/5,000 ワグネルポットで栽培したオオムギを、ムギクビレアブラムシは接種せずに、既存のバンカーの隣に設置した。

いずれの試験区においてもマルチ被覆時（2005年10月15日）にアセタミプリド粒剤を処理した以外は、アブラムシ類を対象とした化学合成殺虫剤による防除は行わなかった。

調査は各試験区から均一に抽出した24株の、異なる葉位の3小葉/株についてヘッドルーペ（倍率：×6）を用いて見取りし、ワタアブラムシの無翅態虫数および、コレマンアブラバチ成虫が未脱出のワタアブラムシマミー数を計数し、寄生率を算出した。調査は原則として7日間隔で実施した。また、3回放飼区とバンカー放飼区でイチゴ株上にマミーが少なくなった時期（2006年3月24日）に、両区で維持されているコレマンアブラバチによる防除効果を調査するため、ワタアブラムシを寄生させたキュウリ苗（9cmポット、設置時3葉）をトラップとして各ほ場に設置した。キュウリ苗トラップは各ほ場2ヶ所に設置し、設置7日、12日、14日後に株あたり2葉のワタアブラムシ無翅態虫数とマミー数を調査し、寄生率を算出した。寄生率の算出にあたっては、調査時点でマミー化していないワタアブラムシ数（a）とマミー化したワタアブラムシ数（b）により、寄生率（%）= 100 × (b / (a + b)) として算出した。なお、算出した寄生率は、調査時点で既にコレマンアブラバチは寄生しているが、マミー化していないワタアブラムシ個体は未寄生として扱われる“見かけの寄生率”であるため、防除効果を過小評価した数値である。

バンカー放飼区内の温度を計測するため、温度データロガー（ティアンドディ社製）をハウス中央部の畝上に設置した。ハウス内の温度調整は側窓を開閉することで行い、12月から2月下旬までは原則として側窓を遮蔽したままとした。また、内張り等の温度維持対策は行わなかった。

3 試験2：高次寄生を回避するバンカー設置方法の検討

試験1と同様に、農業研究所内のパイプハウス（45 m²）4棟を用い、2006年9月27日に120株定植したイチゴ（品種：サンチーゴ）を、無加温無電照で栽培して試験を実施した。

バンカーの設置時期については、2006年11月3日にバンカーを設置した「11月設置」と、2006年12月23日に設置した「12月設置」の処理を設け、バンカーの設置位置については、地上1.3mの高さにバンカーを設置した「高設置」と、畝間の通路上に直接バンカーを設置した「低設置」の処理を設けた。試験区にはバンカー設置時期と設置位置の2つの処理を組み合わせ、**「11月・高設置区」「11月・低設置区」「12月・高設置区」「12月・低設置区」**の4区を設定し、1試験区にハウス1棟を割り当てた。なお、11月設置、12月設置ともにバンカー設置当日にコレマンアブラバチ成虫を放飼した。また、高設置区のバンカーは、プラスチック製のハンギングプランターにオオムギを約10粒播種して栽培し、ハウス天井から吊るして設置した。低設置区のバンカーは試験1と同様に1/5,000ワグネルポットで栽培したオオムギを用い畝間の通路に設置した。いずれの試験区においてもマルチ被覆時(2006年10月15日)にアセタミプリド粒剤を処理した以外は、アブラムシ類を対象とした化学合成殺虫剤による防除を行わなかった。

調査は各区のバンカーからマミーを採集して行った。マミーの採集は2007年2月8日、3月17日、4月27日に行い、採集したマミーをマイクロチューブ

結果

1 試験1：バンカー法による防除効果の検証

本試験では、無加温のイチゴ栽培ハウスで試験を実施したため、12月以降の栽培環境は低温条件となった(図1)。

試験期間中、すべての試験区でワタアブラムシが自然発生した(図2)。無放飼区では12月下旬からワタアブラムシが発生し、3月下旬以降に密度が増加した。1回放飼区は、コレマンアブラバチ放飼時にワタアブラムシの発生が認められず、放飼40日後の12月28日調査時に発生が確認された。ワタアブラムシの密度は2月中旬から急増し3月には高密度となった。試験期間中にマミーは確認できず、コレマンアブラバチ放飼による防除効果は認められなかった。3回放飼区では、放飼期間中にワタアブラムシの発生が認められ、3回目放飼の7日後にはマミーが確認された。その後、コレマンアブラバチの寄生率が高まるとともに、ワタアブラムシ密度は減少し、2月中旬以降は低密度で維持された。3月以降の調査では、ワタアブラムシもマミーもほとんど確認されなかった。バンカー放飼区では、コレマンアブラバチ放飼時にワタアブラムシの発生は認められず、放飼47日後にあたる2006年1月4日調査時に初確認された。しかし、ワタアブラムシが低密度のうちに、コレマンアブラバチの寄生率が高まり、ワタアブラムシは増加するこ

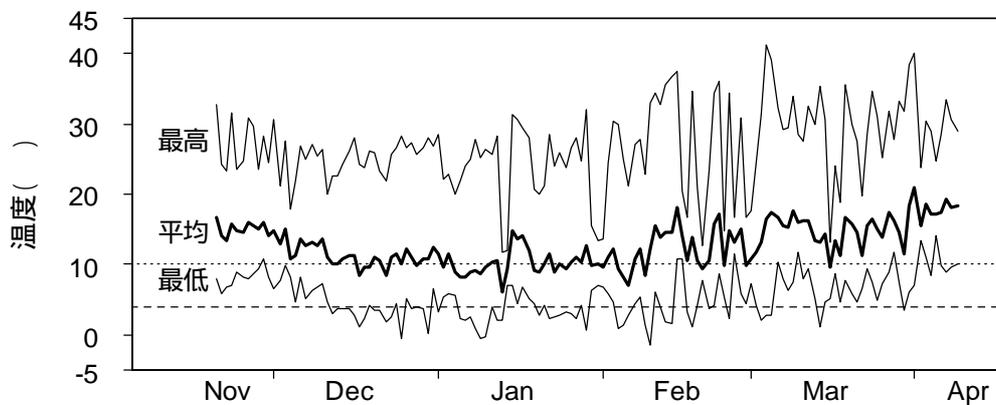


図1 バンカー放飼区の温度推移(2005~2006年)
 最高:日最高温度,最低:日最低温度,平均:日平均温度
:コレマンアブラバチ増殖可能温度の下限値(10℃)
 -----:コレマンアブラバチ生存可能温度の下限値(4℃)

に入れ、25 16L8D 条件の人工気象器内で成虫を羽化させた後、羽化個体が高次寄生蜂かどうか判別し、コレマンアブラバチ羽化数(c)と高次寄生蜂羽化数(d)により、高次寄生率(%) = $100 \times (d / (c + d))$ を算出した。未羽化のマミーなど、判別ができなかった個体は不明として取り扱い、高次寄生率の算出には用いなかった。

となく抑制された。3月以降、イチゴではワタアブラムシ、マミーとも確認できなかった。なお、バンカー上でのマミーの発生は、12月上旬には確認され、バンカー上で増加したが、2006年1月中旬にはオオムギの生育が弱りマミー数も減少した。1月下旬にはバンカー上で新しいマミーが散見されるようになり、2006年2月14日には1月11日に追加設置した新しいバンカーにマミーが確認できた。以降、試験終了時までバンカー上でマミーは確認された。また、2005年12月16日と2006年2月14日にバンカーからマミーを採集し、25 16L8D 条件

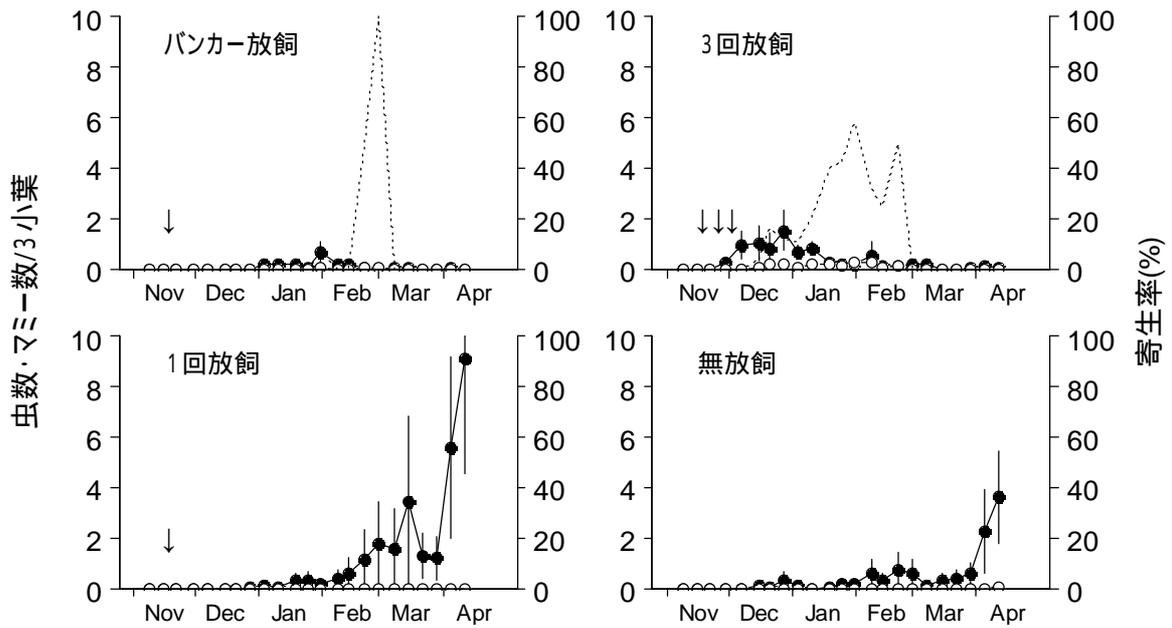


図2 イチゴ葉でのワタアブラムシとコレマンアブラバチマミーの密度推移（2005～2006年）
 ○：ワタアブラムシ無翅態虫 ●：コレマンアブラバチマミー - - - -：寄生率
 ↓：コレマンアブラバチ放飼日 エラーバーは標準誤差を示す

で羽化させたところ、マミーからはコレマンアブラバチ成虫の羽化が確認された。

キュウリ苗のトラップ調査では、両区ともに設置12日後にマミーが認められた(表1)。キュウリ苗上のワタアブラムシに対するコレマンアブラバチの寄生率は、設置12日後でバンカー放飼区：10.8%(n=316)，3回放飼区：3.4%(n=442)，設置14日後にはバンカー放飼区：56.6%(n=166)，3回放飼区：9.4%(n=329)となり、設置12日後、14日後ともに両区の寄生率に差が認められた(Fisher's exact test, p<0.01)。

2 試験2：高次寄生を回避するバンカー設置方法の検討

本試験では、11月・高設置区のみでワタアブラムシ

の自然発生が認められ、他の試験区では2007年2月3日にワタアブラムシを人為的に接種したが増殖せず、試験期間中は低密度のままであったため、各区の防除効果を確認できなかった。また、ワタアブラムシの自然発生が認められた11月・高設置区では、コレマンアブラバチの寄生により、ワタアブラムシ密度は低く抑制されたが、バンカー直下のイチゴ株がバンカーのムギクビレアブラムシからの排泄物により汚れる被害が出た。

各試験区のバンカーからマミーを採集したが、未羽化個体が多く見受けられ、未羽化個体では高次寄生の有無が判別できなかった。そのため、高次寄生の判別に用いたマミー数は少なかったが、全ての試験区で高次寄生蜂の羽化が確認された(表2)。

表1 バンカー放飼区と3回放飼区に設置したキュウリ苗上のワタアブラムシに対するコレマンアブラバチ寄生率の比較（2005～2006年）

試験区	調査対象	キュウリ苗トラップ設置後日数							
		当日		7日後		12日後		14日後	
		個体数 ¹⁾	寄生率 (%) ²⁾						
バンカー 放飼	ワタアブラムシ a	344	0	406	0	282	10.8	72	56.6
	マミー b	0		0		34		94	
3回放飼	ワタアブラムシ a	319	0	468	0	427	3.4	298	9.4
	マミー b	0		0		15		31	
Fisher's exact test ³⁾		ns		ns		**		**	

¹⁾ 4葉(2葉×2株)あたりの個体数 ²⁾ 寄生率(%) = 100 × (b/(a+b))

³⁾ Fisher's exact test により **:有意差あり(p<0.01), ns:有意差なし

表2 採集したバンカーのマミーから羽化した高次寄生蜂の割合(2006~2007年)

試験区	採集日	採集数	羽化個体数			高次寄生率 ¹⁾ (%)
			コレマンアブラバチ c	高次寄生蜂 d	不明 ²⁾	
11月・高設置	2/8	23	19	1	3	5.0
	3/17	10	2	3	5	60.0
	4/27	18	16	0	2	0.0
11月・低設置	2/8	13	5	1	7	16.7
	3/17	25	4	8	13	66.7
	4/27	28	9	8	11	47.1
12月・高設置	2/8	23	16	1	6	5.9
	3/17	7	7	0	0	0.0
	4/27	25	20	0	5	0.0
12月・低設置	2/8	18	16	1	0	5.9
	3/17	8	6	0	2	0.0
	4/27	14	8	3	3	2.3

¹⁾ 高次寄生率(%) = $100 \times (d / (c+d))$ ²⁾ 未羽化個体等の同定・識別が不可能な個体

また、初回の採集日である2月8日に採集したマミーからも、高次寄生蜂の羽化が認められた。羽化した高次寄生蜂はヒメバチ科の一種 *Alloxysta* sp. が主体であった。

考 察

コレマンアブラバチの生存可能な温度範囲は約4~32℃、増殖可能な温度範囲は約10~30℃とされており、効果を発揮できる温度範囲は20~30℃とされている⁹⁾。試験1のバンカー放飼区の温度は、12月から3月にかけて最高温度はおおむね20℃を超えているものの、平均温度はコレマンアブラバチの増殖可能温度を下回る日も多く、また、一時的にはあるが最低温度が生存可能温度を下回ることもあり、コレマンアブラバチ放飼による防除効果を発揮させるためには不適当な温度環境であったと考えられた(図1)。

バンカー放飼区、3回放飼区では、調査期間中、ワタアブラムシを低密度に抑制できた(図2)。コレマンアブラバチ放飼によりワタアブラムシに対し高い防除効果が得られ、1回しか放飼していないバンカー放飼区でも3回放飼区と同等の効果が得られたと考えられた。

1回放飼区とバンカー放飼区では、ワタアブラムシが発生していない時期にコレマンアブラバチを1回放飼したが、防除効果が認められたのはバンカー放飼区のみで、バンカーを設置しなかった1回放飼区では防除効果は認められなかった(図2)。1回放飼区ではワタアブラムシ密度が高まってもマミーが認められなかったことから、放飼したコレマンアブラバチは、寄主を見つけることができず死亡あるいはハウス外に分散し、ハウス内に定着できなかったと推察された。一方、バンカー放飼区では、設置したバンカーでコレマンアブラバチ密度を維持、増殖でき、ワタアブラムシも防除できたことから、バンカーが有効に機能していたことが示唆された。

ワタアブラムシを接種したキュウリ苗トラップの調査では、バンカー放飼区が3回放飼区よりも寄生率が高い傾向が認められた(表1)。3月以降、両区のイチゴ上でのワタアブラムシ密度は非常に低く、調査で観察できないレベルであったことから、3回放飼区では、ワタアブラムシ密度が減少したことにより、コレマンアブラバチの密度も低下したと推察された。一方、バンカー放飼区では、イチゴ株上にワタアブラムシがいなくても、コレマンアブラバチはバンカー上の代替寄主に寄生し、増殖できた。このことから、ワタアブラムシ低密度条件でも、ハウス内のコレマンアブラバチ密度は低下しておらず、キュウリ苗トラップの寄生率が高まったと考えられた。このことは、3月以降、側窓等を解放する時期に、ハウス外からワタアブラムシの侵入がある条件でも、バンカーでコレマンアブラバチを維持しておくことにより、低密度のうちにワタアブラムシ密度を抑制できる可能性を示唆している。

バンカー法によるコレマンアブラバチの利用は、国内のナス、キュウリ、ピーマンなどの果菜類の栽培施設ですでに利用されている技術である。しかし、促成栽培イチゴでは、冬期に加温する高設栽培での報告²⁾はあるが、土耕栽培等で行われている、内張りをし二重被覆したうえで加温しない栽培での有効性の評価は行われていない。今回の試験は、二重被覆も行わず無加温で実施しており、コレマンアブラバチの能力を発揮するには、より不利な温度条件であったと考えられたが、バンカー放飼区、3回放飼区で防除効果が認められた。また、バンカー放飼区では、11月18日にコレマンアブラバチを放飼した以降、4月の調査終了時までバンカー上でコレマンアブラバチを維持できた。このことから、三重県の平坦部の気象条件であれば、無加温でもバンカー法によるコレマンアブラバチの利用は可能と考えられた。ただし、コレマンアブラバチの効果が発揮できる温度範囲は20~30℃で、この温度範囲の持続の長さが

効果を左右する⁵⁾ことから、無加温ほ場で使用する際には、内張等により二重被覆を行うなどして、20～30の温度範囲をなるべく長く維持することが望ましい。また、バンカーをハウス中央部等の比較的溫度が低くならない場所に設置することも重要と考えられる。

試験2では、コレマンアブラバチへの高次寄生を回避するためにバンカーを設置する時期と設置する高さについて検討したが、高次寄生は回避できなかった(表2)。2月に採集したマミーからも高次寄生蜂が羽化していることから、冬期であってもバンカーに高次寄生蜂が侵入し、効果が低下するリスクがあることが考えられた。今後は、高次寄生を回避するバンカー管理技術とともに、高次寄生蜂によりバンカーの機能が低下した際に、代替で使用する防除技術についても検討する必要があると考えられた。

天敵製剤を利用した害虫防除技術を生産現場に普及させるには、天敵の放飼適期の判断、天敵利用のコスト等が重要な課題として考えられる。特に天敵放飼の時期、密度、放飼回数は、その効果に強く影響する⁶⁾とされており、天敵放飼適期の判断は、防除効果に影響する大きな要因となっている。コレマンアブラバチも含め、天敵を適正なタイミングで放飼するためには、ハウス内の害虫の発生密度をモニタリングしながら、天敵の放飼時期を決定する必要がある。しかし、生産者が害虫の発生調査をおこない、害虫の密度に合わせて適切な放飼時期を決定することは困難である。バンカー法ではワタアブラムシが発生していない条件でも、コレマンアブラバチ密度が維持され、ワタアブラムシに防除効果を発揮できるため、栽培前にスケジュールを組んで利用することも可能で、生産者にも利用しやすいと考えられる。

バンカー法を利用する際には、コレマンアブラバチ：約6,800円/10a(アフィパール1本,2009年現在,消費税込み)とともに、バンカー作成のためのムギクビレアブラムシ：約5,500円/10a(アフィバンク1箱,2009年現在,消費税込み)、オオムギ種子：約11円/10a(品種：てまいらず 5g鉢×5ヶ所)、プランター：約750円/10a(150円鉢×5ヶ所)等の

資材費が合計13,061円/10aかかる。これは、コレマンアブラバチの一般的な使用方法である7日間隔3回放飼の資材費：約20,400円/10a(アフィパール3本,2009年現在,消費税込み)と比較すると、より低コストとなるため、コレマンアブラバチを利用する際には、バンカー法を利用した方が低コスト化を図る上でも有効である。ただし、殺虫剤による防除資材費：約1,700円/10a(アセタミプリド水溶剤 2,000倍希釈×200リットル,1回散布)と比較すると7.7倍程度高い。コレマンアブラバチのバンカー放飼を生産現場に普及させるためには、資材費のコストをより一層削減する必要がある。

引用文献

- 1) 浜村徹三・篠田徹郎(2004):3種カブリダニに悪影響のない薬剤の選択,関西病虫害研究会,46,63-65.
- 2) 松尾尚典(2003):バンカープラントによるイチゴのワタアブラムシ防除,植物防疫,57,369-372.
- 3) 長坂幸吉(2005):アブラムシ対策としての「バンカー法」技術マニュアル(技術者用),(独)農業・生物特定産業技術研究機構,1-21.
- 4) 長坂幸吉・大矢慎吾(2003):バンカー植物の活用,植物防疫,57,505-509.
- 5) 日本植物防疫協会(2006):生物農薬+フェロモンガイドブック,2006(社)日本植物防疫協会編,東京,71-83.
- 6) Stacey, D.L. (1977), 'Banker' plant production of *Encarsia formosa* Gahan and its use in the control of glasshouse whitefly on tomatoes, *Plant Pathology*, 26, 63-66.
- 7) 矢野栄一(2003):天敵 生態と利用技術,養賢堂,東京,85-87.

Control of *Aphis gossypii* Using Banker Plants for
Aphidius colemani in Greenhouses without Heating System for Strawberry.

Minoru NISHINO and Tooru KITAGAMI

Abstract

In greenhouses without heating system for strawberry, we evaluated controlling effect of the cotton aphid *Aphis gossypii* Glover using banker plants for *Aphidius colemani* and tried to develop a method of avoiding hyperparasitism in *A. colemani*. Though investigations were carried out under low temperature conditions, *A. colemani* populations were maintained on banker plants, and controlled cotton aphid populations. The controlling effect of banker plants system was as high as that of three times release of *A. colemani*. Banker plants system decreased the release frequency of *A. colemani* and the cost of releasing. To develop a method of avoiding hyperparasitism on *A. colemani*, we tried to determine proper releasing time (November on December) and proper places for banker plants (placed high on low). However, no way succeeded in avoiding perfectly hyperparasitism.

[Key words: Banker plant system, *Aphidius colemani*, *Aphis gossypii* Glover]

