陰圧式強制換気温室におけるタバココナジラミに対する 天敵寄生蜂サバクツヤコバチの防除効果

杉山恵太郎・大石直記・西東 力*・守谷栄樹**

Keitaro Sugiyama, Naoki Ooishi, Tsutomu Saito* and Hideki Moriya**: Control of the whitefly *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) by using the parasitoid *Eretmocerus eremicus* (Hymenoptera: Aphelinidae) in a tomato greenhouse with a negative-pressure forced ventilation system

Summary

The whitefly *Bemisia tabaci* population was controlled in a tomato greenhouse with a negative-pressure forced ventilation (NFV) system by using the parasitoid *Eretmocerus eremicus* from August to November. The NFV system was used in combination with a fine mesh-sized insect-proof screen, and a wind speed velocity of approximately 1 m/s was used. Similar experiments were performed in a greenhouse with natural ventilation (NV). In September, the mean temperature in the NFV greenhouse was 0.9–1.6°C lower than that in the NV greenhouse. By early- and mid-November, the number of parasitoids and the rate of parasitism in the NFV greenhouse were comparable to that in the NV greenhouse. By mid- and late-October, the number of *B. tabaci* adults and nymphs in the NFV greenhouse were comparable to that in the NV greenhouse. These findings suggest that the searching behavior and the development of parasitoids were not affected by the ventilation and that *E. eremicus* can successfully control whiteflies in an NFV greenhouse.

緒 言

施設トマトでは、タバココナジラミ *Bemisia tabaci* が重要害虫で、吸汁による生育阻害、排泄する甘露による外観汚損、トマト黄化葉巻病ウイルス (*Tomato yellow leaf curl virus*: TYLCV) などのウイルスの媒介などの被害を引き起こし問題となっている^{7,10,14,18}。

タバココナジラミに対する化学的防除法は、殺虫剤抵抗性の発達により難しくなっているため¹²、天敵寄生蜂を利用した生物的防除法が検討されてきた²。国内では、サバクツヤコバチ *Eretmocerus eremicus*、チチュウカイツヤコバチ *E. mundus*、オンシツツヤコバチ *Encarsia formosa* の3種の天敵寄生蜂がコナジラミ類に対する生物農薬として登録されている。これらの寄生蜂は、施設の総合的病害虫管理 (IPM) の生物的防除資材として利用されている^{3,9,20}。

また、タバココナジラミの物理的防除法としては、0.4 mm 目合い以下の防虫ネットを温室の開口部に展開することにより、タバココナジラミの野外からの侵入を抑制し、TYLCV の発生も抑制することが明らかになっ

た^{1,11,13,16,19}。しかし、防虫ネットの目合いが細くなると夏季の温室内の気温が高くなり、作物の生育、着花、果実肥大等に影響し、作業能率の低下などの問題が生じることが指摘されている^{4,8,13,15}。温室内の気温を下げるために、遮光資材⁴、循環扇や換気扇が利用されている。

最近、換気量を従来の2倍に高め室内の昇温抑制効果を向上させた新しい強制換気システム (陰圧式強制換気システム) が開発され、静岡県内のトマト栽培に導入されている¹⁷。この温室の夏季の気温は、慣行の自然換気温室に比べ約2°C低く、トマトの蒸散効率が高まることから、生育、果実品質が向上する¹⁷。一方、温室には風速2 m/s程度の風が常に流れていることから、害虫や天敵の発生、行動などに影響があると考えられる。特にツヤコバチのように微小な天敵寄生蜂の利用にあたっては、風がハチの探索行動を妨げて、寄生率が低下し、防除効果が低下することが懸念される。

そこで、陰圧式強制換気システムに目合いの細かな防虫ネットを組み合わせた強制換気温室と自然換気温室において、タバココナジラミに対するサバクツヤコバチの

防除効果を比較し、新しいシステムの温室における天敵寄生蜂の利用技術の有効性の評価を行った。

材料および方法

1. 試験温室

試験は、2004年の8～11月に静岡県農林技術研究所内の隣接した同規模の2棟の温室（7.4 m×14.6 m×高さ4 m）内で行った。一方の温室を強制換気温室（NFV greenhouse）（Fig. 1, A）とし、陰圧式強制換気システムに目合いの細かな防虫ネットを組み合わせた。温室の北側に換気扇（フルタ電気（株）社製（TCW8944BF）、高さ0.7 m、換気扇の羽根の直径0.8 m）を3台、南側妻面に0.4 mm目合いの防虫ネットを張った吸入口を2つ（高さ0.8 m、0.8 m×0.8 m）設置した。温室内の出入り口は南側に設置し、内部に0.4 mm目合いの防虫ネットで覆った部屋を設け、外気が直接内部に入らないようにネットを開閉して出入りした。天窓と側窓には、1 mm目合いのネットを設置した。換気扇は、午前6時～午後6時の間は、室温が25℃以上の時に稼働するように設定し、換気扇の稼働時間帯は天窓と側窓は閉めた。温室内の気圧を約15 Pa、畝間の風速が約1 m/sになるように調節した。もう一方の温室は自然換気温室（NV greenhouse）（Fig. 1, B）とし、天窓、側窓に1 mm目合いの防虫ネットを展張した。2つの温室とも暖房はしなかった。

Fig. 1. Illustration of (A) a tomato greenhouse with a negative-pressure forced ventilation (NFV) system and (B) a tomato greenhouse with natural ventilation (NV).

2. 供試作物

2004年8月6日にトマト（品種：桃太郎ヨーク）をロックウールの細粒を培地とした3.5号ポットに植え点滴灌水栽培を行った。

3. 供試虫

タバココナジラミ バイオタイプ B は、2001年に研究所内のトマトから採取し、実験室内においてキャベツで累代飼育している個体群の成虫を試験温室に放飼した。放飼量は2004年9月9日に各温室に400頭（株あたり3.1頭）を2本の管瓶に分け温室の南北に静置し放虫した。放虫は夕方行い、管瓶を静置後翌日まで換気扇は止めた。タバココナジラミの天敵寄生蜂は、アリストライフサイエンス（株）のサバクツヤコバチ（エルカード）のマミーカードを使用し、9月16日、9月24日は各温室に3カード（株あたり1.4頭）、9月30日は温室あたり6カード（株あたり2.8頭）を、畝の中央部のトマトの葉柄にそれぞれ設置した。

4. 調査方法

各畝から2株（合計8株）について、上・中・下位の各複葉各1枚に寄生したコナジラミ成虫数、3～4齢幼虫数、寄生蜂が寄生したマミー数を調べ、株あたりの平均寄生数を算出した。11月2日に各畝12株（合計48株）について、タバココナジラミが原因で発生するトマトの葉のすす病の発病程度を次の4段階に分けて数え、発病指数： $100 \times \Sigma \text{発病程度} \times \text{発病株数} / (3 \times 48)$ を算出した。発病程度0：発生なし、1：一部の複葉に発生が見られる、2：複葉の半分程度に発生が見られる、3：複葉全体に発生が見られる。

屋外と各温室に温度計を設置し、調査期間中の温度を測定し、午前6時～午後6時の日中の気温を20分間隔で調べ、10日ごとの平均気温を計算した。

結果

日中の平均気温は、自然換気温室、強制換気温室、屋外の順に高く、強制換気温室の平均気温は自然換気温室に比べ0.2～1.6℃低かった（Fig. 2）。屋外の気温の高かった9月中の強制換気温室の平均最高気温は33.6～35.6℃で自然換気温室（35.9～36.4℃）に比べ低かった。

タバココナジラミの株あたり成虫数は、強制換気温室、自然換気温室でほぼ同じ推移を示し、9月16日以降両温室とも漸次増加し、自然換気温室では10月28日（株あたり66.9頭）に、強制換気温室では11月11日（40.3頭）にピークとなり、その後減少した（Fig. 3）。自然換気温室の成虫数は強制換気温室に比べ10月28日、11月16日、11月25日に有意に多かった（スチューデントのt検定、 $p < 0.05$ ）。

Fig. 2. Mean daytime (AM6~PM6) temperatures in the field, the greenhouse with a negative-pressure forced ventilation (NFBV) system, and the greenhouse with natural ventilation (NV).

Fig. 3. Number of *Bemisia tabaci* adults per plant in the greenhouse with a negative-pressure forced ventilation (NFBV) system and in the greenhouse with natural ventilation (NV). The bars represent standard error (SE), and the asterisks (*) indicate significant differences (Student's t-test, * $p < 0.05$).

タバココナジラミの幼虫も成虫とほぼ同様の推移を示し、9月23日、10月28日（自然換気温室では11月11日）、11月25日にピークが見られ、強制換気温室では10月28日に株あたり31.4頭で最大となり、自然換気温室では11月11日に61.3頭で最大となった。両温室のコナジラミ幼虫数に有意な差はみられなかった（Fig. 4）。

サバクツヤコバチによる寄生は、強制換気温室、自然換気温室のいずれも確認された。寄生数、寄生率は、9月30日以降増加し、自然換気温室の寄生数が強制換気に比べ11月16日、11月25日に有意に多かった（Fig. 5）（スチューデントのt検定、 $p < 0.05$ 、フィッシャーの正確確率検定、 $p < 0.01$ ）。

すす病の発生程度は、強制換気温室では「発生なし」の株が最も多く発病指数は18.1で、自然換気温室では「複葉全体に発生がみられる」株もあり発病指数は38.2と強制換気温室に比べ有意に高かった（Table 1）（ピアソンのカイ二乗検定、 $p < 0.05$ ）。

Fig. 4. Number of *Bemisia tabaci* nymphs per plant in the greenhouse with a negative-pressure forced ventilation (NFBV) system and in the greenhouse with natural ventilation (NV). The bars represent standard error (SE), and the asterisks (*) indicate significant differences (Student's t-test, * $p < 0.05$).

Fig. 5. (A) Number of parasitoids per plant and (B) rate of parasitism in the greenhouse with a negative-pressure forced ventilation (NFBV) system and in the greenhouse with natural ventilation (NV). The bars represent standard error (SE), and the asterisk (*) indicate significant differences (*: Student's t-test, $p < 0.05$; **: Fisher's exact test, $p < 0.01$).

考 察

害虫の侵入を防ぐための防虫ネットの目合いの細密化に起因する温室内の気温の上昇による、作物生育への影響や作業能率の低下などの問題^{4,8,13,15)}に対しては、自然換気に比べ夏季に約2°Cの昇温抑制効果が認められる強制換気温室が有効とされている¹⁷⁾。実際、本試験においても、強制換気温室の日中の平均気温は、特に野外の気温の高い9月でも自然換気温室に比べ0.9~1.6°C低かったことから（Fig. 2）、強制換気により昇温抑制が図られた。

Table 1. The number of plants with various grades of black sooty disease in the greenhouse with negative-pressure forced ventilation and in the greenhouse with natural ventilation

	Grade				Total	Occurrence index
	0	1	2	3		
Greenhouse with negative-pressure forced ventilation	30	10	8	0	48	18.1*
Greenhouse with natural ventilation	16	13	15	4	48	38.2

Grade 0: no occurrence of black sooty disease, 1: black sooty disease on less than half a leaf, 2: black sooty disease on half a leaf, 3: black sooty disease on the whole leaf.

Occurrence index = {[number of grade 3 plants × 3) + (number of grade 2 plants × 2) + (number of grade 1 plants)] ÷ (total number of plants × 3)} × 100

Asterisks (*) indicate significant difference (Chi-square test, $p < 0.05$).

強制換気温室のサバクツヤコバチの寄生数、寄生率は、自然換気温室と11月2日、11月11日までほぼ同等に推移したことから、この時期までは寄生蜂の探索行動、増殖に対する強制換気の影響はなかったと考えられる。その後の強制換気温室の寄生数、寄生率が自然換気温室に比べ低かった理由として、温室内の温度の低下により寄生蜂の探索行動、コナジラミや寄生蜂の幼虫の発育が抑制されたためと考えられる。この温度の低下は、10月以降換気による屋外の冷たい空気の大量の取り込みによる一時的な温度の低下によると思われる。

強制換気温室のタバココナジラミの成虫と幼虫の発生は、10月14日または10月28日まで自然換気温室と同程度であったことから、この時期まではタバココナジラミの増殖に対する強制換気の影響はなかったと考えられる。その後の強制換気温室のタバココナジラミの発生が自然換気温室に比べ少なかった理由として、10月以降温室内の気温の低下により、タバココナジラミの発育が抑制されたためと考えられる。

強制換気温室では、換気中の畝間の風速は1 m/s程度で、タバココナジラミ、サバクツヤコバチの畝間の移動に対して風の影響はあったと思われる。しかし、畝の中はほぼ無風で、株の周辺ではタバココナジラミ、サバクツヤコバチの飛翔が観察されたことから、これらに対する風の大きな影響はなかったと思われる。

タバココナジラミの密度は、すす病がいずれの温室でも確認されたことから十分に抑制されなかった。これまでのタバココナジラミに対するサバクツヤコバチのほ場試験では、サバクツヤコバチをポインセチア温室に毎週株あたり3頭を18週放飼²¹⁾、2.9頭と3.7頭の放飼⁶⁾、または1頭を14週間以上の放飼⁵⁾した結果、いずれも防除効果が認められた。これらの成功事例に比べると、本試験ではタバココナジラミの密度に対して、寄生蜂の放飼回数と株あたり放飼量(1.4頭を2回と2.8頭を1回)がと

もに少なかったため十分にコナジラミを抑制できなかったと考えられる。

本試験では、試験期間中農薬の散布は行わなかったが、タバココナジラミの密度を下げるためには、天敵と農薬を組み合わせる必要があると思われる。例えば、サバクツヤコバチを毎週株あたり1頭の放飼に加えIGR剤(アプロード)を2回散布した温室では高い防除効果がみられた²¹⁾。今後、強制換気温室でもコナジラミの発生密度が低い時の寄生蜂の防除効果や寄生蜂と農薬を組み合わせた防除効果の検証が必要である。

また、強制換気温室のすす病の発生が自然換気温室に比べ少なかった理由として、10月以降温度の低下によりコナジラミの吸汁活動や菌の発育の抑制、風により菌の付着が妨げられたことなどが考えられる。

これらの結果から、天敵寄生蜂の探索行動、増殖に対する強制換気の影響はなく、強制換気温室においても天敵寄生蜂はコナジラミの防除に有効である。季節によっては強制換気による温室内の気温低下によって天敵寄生蜂の活動が弱まる可能性があるが、それ以上にタバココナジラミに対しては強い影響があると考えられ、実用上の問題はないと思われる。タバココナジラミよりも低温に強いオンシツコナジラミに対する影響は、さらに検討が必要である。強制換気下での病害虫防除に関する研究事例は少なく、今後の詳細な調査や、施設トマトではコナジラミ類以外にハモグリバエ類、アザミウマ類などの害虫も発生するため、これら害虫を含めた防除体系の検証が必要である。

摘 要

風速1 m/s程度の陰圧式強制換気システムに防虫ネットを組み合わせた強制換気温室と自然換気温室において、タバココナジラミに対するサバクツヤコバチの防除効果を比較し、強制換気温室における天敵寄生蜂の利用

技術の有効性の評価を行った。強制換気温室の日中の平均気温は、9月でも自然換気温室に比べ0.9～1.6℃低く昇温抑制が図られた。強制換気温室のサバクツヤコバチの寄生数、寄生率は、自然換気温室と11月上・中旬までほぼ同等に推移した。また、強制換気温室のタバココナジラミの成虫と幼虫の発生は、10月中・下旬まで自然換気温室と同程度であった。これらの結果から、天敵寄生蜂の探索行動、増殖に対する強制換気の影響は小さく、強制換気温室においても天敵寄生蜂はコナジラミの防除に有効であると考えられた。

引用文献

- 1) 青木克典・下畑次夫・野村康弘 (1992) 関西病虫研報 34 : 55.
- 2) Gerling, D., Ò. Alomar and J. Arnò (2001) Crop Protection 20: 779-799.
- 3) 原田正剛・中野昭雄 (1999) 徳島農試研報 35 : 34-43.
- 4) 久富時男・藤本幸平 (1977) 施設果菜の温度管理. 施設園芸の環境と栽培 (位田藤久太郎編著). 誠文堂新光社, 東京, pp. 85-108.
- 5) Hoddle, M. S., R. G. Van Driesche, J. P. Sanderson and O. P. J. M. Minkenberg (1998) Bull. Entomol. Res. 88: 47-58.
- 6) Hoddle, M. S. and R. G. Van Driesche (1999) J. Econ. Entomol. 92: 811-824.
- 7) 飯田博之・北村登史雄・本多健一郎・水澤靖弥・鎌田 茂・大野 徹・広瀬拓也 (2009) 関西病虫研報 51 : 75-77.
- 8) 上遠野富士夫・河名利幸 (1996) 植物防疫 50 : 468-471.
- 9) 鹿島哲郎・野原 努・加藤史歩・富田恭範 (2008) 関東病虫研報 55 : 113-118.
- 10) Kato., K., M. Onuki, S. Fuji and K. Hanada (1998) Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. 64: 552-559.
- 11) 勝山直樹・福田富幸・越川兼行・田口義広 (2005) 岐阜農技研報 5 : 13-19.
- 12) 小林政信 (2007) 植物防疫 61 : 21-26.
- 13) 松浦 明・田村真理子・志摩五月 (2005) 九病虫研究会報 51 : 64-68.
- 14) Matsuura, S. and S. Hoshino (2009) Appl. Entomol. Zool. 44: 143-148.
- 15) 小川恭弘・内川敬介 (2004) 九病虫研報 50 : 72-76.
- 16) 大井田寛・津金胤昭・久保周子・草川知行・清水喜一・野々宮弘明・風戸治子・中臺敬子 (2007) 関東病虫研報 54 : 143-150.
- 17) 大石直記・守谷栄樹 (2004) 農耕と園芸 8 : 51-54.
- 18) Sugiyama, K., K. Matsuno, M. Doi, A. Tatara, M. Kato and Y. Tagami (2008) Appl. Entomol. Zool. 43: 593-598.
- 19) 杖田浩二・田口義広 (2006) 関西病虫研報 48 : 23-28.
- 20) Yano, E. (2004) J. Asia-Pacific Entomol. 7: 5-11.
- 21) Van Driesche, R. G., M. S. Hoddle, S. Lyon and J. P. Sanderson (2001) Biol. Control 20: 132-146.