

施設栽培コマツナのコナガの防除対策

井口雅裕¹

和歌山県農業試験場

Control of Diamondback Moth, *Plutella xylostella* (Linnaeus) on Komatsuna in Wakayama

Masahiro Iguchi¹

Wakayama Agricultural Experiment Station

緒 言

和歌山市では主に施設栽培ショウガの後作として7~10月に、名草地区で6ha、河西地区で18ha、合計24haでコマツナが施設で栽培され、夏季の貴重な収入源となっている(井口, 2018)。しかし、現地では2014年頃からコナガ *Plutella xylostella* (Linnaeus) の発生が多くなり、コナガ幼虫の食害によるコマツナの品質低下や収量減少といった被害が問題となっていた。そこで、和歌山市特産の施設栽培コマツナの安定生産のため、2017~2019年度に和歌山県農林水産業競争力アップ技術開発事業でコナガの防除対策の確立に取り組んだ。

コナガは古くからアブラナ科野菜の重要害虫で(山田, 1977)、暖地では一般的に春から初夏にかけて発生のピークがみられ、夏季に著しく減少し、秋季は少発生で経過する、若しくは秋季にも多発して春と秋の二山型の消長を示す(山田, 1977; 田中, 1993)。一方で、コナガの発生活長は寄主作物の作付状況に影響されることも指摘されている(山田, 1977)。これまでコナガの季節消長については、コマツナにおける東京都での報告(河合, 1979; 伊賀, 1985)、和歌山市内のキャベツ・ハクサイ栽培地域における森下ら(1995)による報告や病害虫防除所による調査事例(和歌山県農作物病害虫防除所, 2016など)はあったが、和歌山市のコマツナ栽培地域における発生実態は不明であった。そこで、現地でのコナガの季節消長を明らかにするため、名草地区と河西地区において性フェロモントラップによるコナガ雄成虫の誘殺状況を調査した。また、名草地区ではコマツナ栽培ハウスの周辺で秋冬ダイコンと春ダイコンが大面積で栽培されており、このダイコン栽培ほ場がコナガの発生源になっている可能性が考えられたため(井口, 2018)、春ダイコン栽培ほ場でのコナガの発生状況を調査した。

研究開始前の2016年当時はコマツナのコナガの基幹防除薬剤としてジアミド系のクロラントラニリプロール剤とフルベンジアミド剤が使用されていたが、これらの薬剤を散布してもコナガを防除できない事例が認められていた(楯本私信)。2013年頃からジアミド剤に対する感受性が低下したコナガ個体群が日本各地で見つかったことから(清水ら, 2014; 福田・林川, 2014; 井上ら, 2015)、当該地域のコナガにおいてもジアミド剤に対する感受性低下が疑われた。コナガは薬剤抵抗性が極めて発達しやすい害虫であり(浜, 1990; 足立・山下, 1994)、これまでも様々な種類の

¹現在：和歌山県果樹試験場

殺虫剤に対して抵抗性を発達させてきた（園田，2015）．限りあるコナガ防除薬剤をできるだけ長く有効に活用していくためには，殺虫剤抵抗性管理が極めて重要である（山本，2012）．それには，作用機構が異なる数種の薬剤のローテーション使用（浜，1990；宮田・呉，2010）を基本とし，そのうえで，他の複数の防除技術や方法を組み合わせることが有効である（浜，1990；足立・藤富，1995；島，2017）．そこで，本研究では薬剤以外の防除技術として，合成性フェロモン剤を利用した交信攪乱法と防虫ネットを利用して成虫の侵入を防止する物理的防除法について検証し，施設栽培コマツナにおけるコナガの総合的な防除対策を検討した．

材料および方法

1. 和歌山市のコマツナ栽培地域におけるコナガの発生状況

1) コナガの季節消長

2017年6月～2019年12月の期間，和歌山市の名草地区2か所（いずれも和歌山市布引），河西地区2か所（和歌山市松江1か所，湊1か所）にコナガ発生予察用フェロモントラップ（性フェロモン剤はサンケイ化学株式会社製ルアーを使用）を以下のとおり設置した．厚さ19cmのコンクリートブロックを2個重ね，その上（地上高38cm）に粘着式トラップ（SEトラップ，サンケイ化学株式会社製）を固定した．性フェロモン剤と成虫捕獲用粘着板は毎月1回交換した．調査は，概ね1週間隔で誘殺された雄成虫を数えた．数え終わった雄成虫は調査のたびにピンセットを用いて粘着板から除去した．なお，名草地区のトラップは，後述する交信攪乱試験の無処理区のフェロモントラップと兼ねた．

2) 周辺のダイコン栽培ほ場におけるコナガの発生状況

2018年5月24日に，名草地区（和歌山市布引）の春ダイコン栽培ほ場において，任意に選んだ5ほ場について1ほ場あたり20株のダイコンの茎葉に生息する幼虫と蛹の個体数を調べた．春ダイコンは3月中旬頃に播種され，調査時は収穫期であった．

2. 交信攪乱法によるコナガの防除

試験は名草地区（和歌山市布引，紀三井寺）で2018年と2019年に行った．コマツナ栽培ハウスが多く集まっている区域を処理区（7.0ha）とし，処理区以外を無処理区（約130ha）とした（図1）．2018年は7月30日に，2019年は8月1日に，交信攪乱用性フェロモン剤（アルミゲルア・ダイアモルア剤，商品名「コナガコン-プラス」ロープ状製剤，信越化学工業株式会社）を10a当たり20mの割合で合計1,400m，処理区の外周部（図2）に，支柱を利用して地上高約50cmに設置した．

1) 交信攪乱効果の確認

各区2か所の露地ほ場にフェロモントラップを設置し（設置方法は「1. 1) コナガの季節消長」と同じ．無処理区のフェロモントラップはコナガの季節消長の調査と兼ねた．），2018年は5月1日（処理90日前）～12月26日（処理149日後）の期間，2019年は5月1日（処理92日前）～12月27日（処理148日後）の期間，1週間隔で雄成虫誘殺数を調査した．各トラップの性フェロモン剤と成虫捕獲用粘着板は毎月1回交換した．なお，各々のトラップは互いに300m以上離れていた．



図1 試験区の概略図(2019年)



図2 処理区の交信攪乱剤設置場所(2019年)

— 線部に設置

また、無処理区のすべてのトラップは処理区から400m以上離れていた。各区の処理前3か月間(両年とも5月1日～7月25日)の誘殺数と処理後3か月間(2018年は7月30日～10月30日, 2019年は8月1日～11月2日)の誘殺数から次式により補正誘引阻害率を求めた。

$$\text{補正誘引阻害率(\%)} = 100 - \frac{\text{処理区の処理後の誘殺数}}{\text{処理区の処理前の誘殺数}} \times \frac{\text{無処理区の処理前の誘殺数}}{\text{無処理区の処理後の誘殺数}} \times 100$$

2) 防除効果の確認

2019年のみ調査を行った。各区1か所の露地ほ場において、コマツナ(品種:いなむら)を2作連続で栽培した。栽培概要は表1のとおり。作付面積は2m²(1m×2m)で、株間10cm×10cmとして本葉4枚期の苗200株を定植した(苗は農業試験場内で128穴セルトレイに播種して育てた)。コナガ以外の害虫の発生を抑えるために、コナガに影響が小さい農薬(井口, 2018; 表9)を使用した。1作目は9月19日と10月4日に、2作目は10月17日, 31日, 11月14日に、全株(200株。欠株がある場合は残存する194~199株)を対象に害虫に葉を食害された株数を調べた。害虫が見つかった場合は害虫の種名を記録し、コナガが見つかった場合は幼虫と蛹の個体数を調査した。

表1 露地ほ場におけるコマツナの栽培概要(2019年)

	播種日	定植日	農薬使用歴
1作目	8月6日	9月5日	9月4日 クロラントラニプロールフロアブル(100倍)灌注 9月19日 シペルメトリン乳剤(2,000倍)散布
2作目	9月5日	10月4日	9月25日 クロラントラニプロールフロアブル(100倍)灌注 10月3日 クロラントラニプロールフロアブル(100倍)灌注 10月17日 シペルメトリン乳剤(2,000倍)散布

3. 防虫ネットを利用したコナガの防除

1) コナガ成虫が通過できない目合いの検討（室内実験）

供試虫は、2017年5月26日に和歌山市布引の茎ブロッコリーおよびコマツナから幼虫を採集し、室内（25℃、16L8D）で餌としてパクチョイを与えて継代飼育した第2世代のコナガ成虫（雌雄混合）を用いた。供試資材は、日本ワイドクロス株式会社製の2種類の防虫ネット「防虫サンサンネット EX2000」（目合い1mm）と「防虫サンサンネット N7000」（目合い2mm）とした。なお、「防虫サンサンネット N7000」の目合いはメーカーカタログ値では2mmであるが、実測値は約2.5mmであった。

直径90mm、高さ55mmの円筒形プラスチック製容器の天面のフタの中央に直径70mmの穴を開け、供試資材を展張した（図3）。2017年7月7日12:00に供試虫30頭を容器内に入れ、フタをした。気温25℃で照明を点灯した人工気象器内に静置し、18:00（6時間後）に容器外に脱出した成虫を数えた。

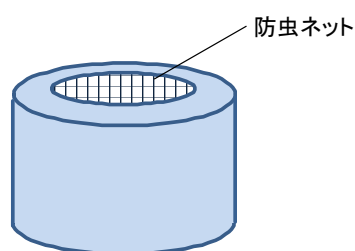


図3 実験に使用した容器

2) 施設開口部への防虫ネット展張によるコナガの防除効果

試験は2019年10～11月に和歌山市湊の現地生産者ほ場（ビニルハウス）で行った。3ハウスを用いて2mmネット区、1mmネット区、無処理区を設定した。2mmネット区と1mmネット区は隣接しており、無処理区はそれらから直線で約300m離れていた。試験区の概要を表2に示す。いずれのビニルハウスにも天窗・谷窓は設置されていなかった。現地生産者によって10月上旬にコマツナ（品種：なつき）が播種され、農薬散布が慣行に従って実施された。

コマツナの播種日より前に、2mmネット区には「防虫サンサンネット N7000」（目合い2mm）を、1mmネット区には「防虫サンサンネット EX2000」（目合い1mm）をビニルハウスの側窓に展張した。10月11日～11月11日の期間、フェロモントラップを各区1か所、地上高50cmに設置し、7～10日間隔でコナガ雄成虫誘殺数を調べた。参考として、ハウスの外（2mmネット区ハウスと1mmネット区ハウスの間の通路）に同様にフェロモントラップを設置して調査した。また、10月28日、11月11日、11月20日にコマツナ1,200株についてコナガ幼虫による食害の有無を調べ、被害株率を算出した。

表2 防虫ネットの試験を実施した試験区の概要（2019年）

	ハウスの大きさ		コマツナの栽培概要				農薬散布歴	
	高さ	面積	播種日	畝幅	条数	株間	(W:水和剤, SP:水溶剤, E:乳剤)	
2mmネット区	400cm	10a	10月1日	60cm	2条植え	5cm	10月26日 BT(W)、アセタミプリド(SP)、メタフルミジン(W)	
1mmネット区	400cm	12a	10月9日	60cm	2条植え	5cm	11月10日 BT(W)、アセタミプリド(SP)、メタフルミジン(W)	
無処理区	375cm	18a	10月1日	90cm	4条植え	5cm	10月15日と26日 エマメクチン安息香酸塩(E)	

3) 防虫ネット展張が施設内の気温に及ぼす影響

防除効果試験の1mm ネット区と無処理区において、ハウス中央の地上高50cmに温度測定データロガー「おんどり Jr. TR-52i」（株）ティアンドデイ）を設置し（放射除け無し、センサー部が露出）、10月11日00:00から10月31日23:30まで気温を観測して30分間隔で記録した。参考として、ハウスの外（2mm ネット区ハウスと1mm ネット区ハウスの間の通路）の気温を同様に観測して記録した。これらの観測値から、日最高気温、日最低気温、日平均気温を求めた。

結 果

1. 和歌山市のコマツナ栽培地域におけるコナガの発生状況

1) コナガの季節消長

調査期間中のコナガ雄成虫誘殺数の推移を図4に示した。誘殺数は年次変動が大きく、2017年は多く、2018年は少なく、2019年はやや多かった。また、誘殺数は地域間差も大きく、名草地区は河西地区より多かった。誘殺消長も地域間差があり、名草地区は1～5月にやや多く6月に最も多くなるのに対して、河西地区は1～3月に多く、5～6月は減少した。両地区とも7～8月は少なく経過したが、名草地区は9月以降に、河西地区は10月以降に再び増加して12月までやや多かった。

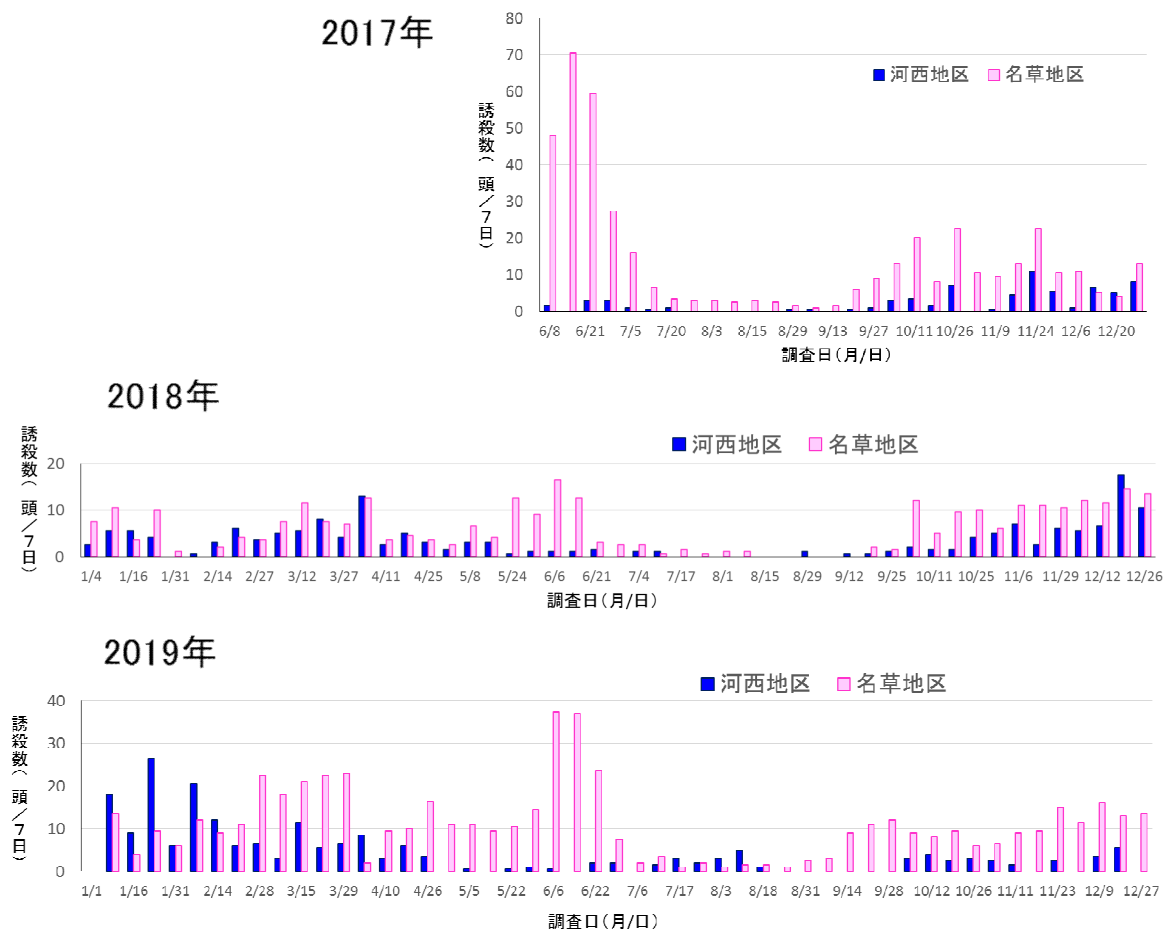


図4 フェロモントラップによるコナガ雄成虫誘殺数の推移
(各地区2か所平均)

2) 周辺のダイコン栽培ほ場におけるコナガの発生状況

春ダイコン栽培ほ場に生息していたコナガの幼虫と蛹は、5ほ場合計（100株）で計163頭（平均1.63頭/株）であった。

2. 交信攪乱法によるコナガの防除

1) 交信攪乱効果の確認

2018年は、処理前の3か月間（5月1日～7月25日）のトラップ2基合計誘殺数は、無処理区が148頭、処理区が257頭で、処理区のほうが多かった（図5）。処理から3か月間（7月30日～10月30日）のトラップ2基合計誘殺数は、無処理区が96頭であったのに対し、処理区は3頭と少なかった。処理区の補正誘引阻害率は98.2%であった。処理後4か月目からは処理区の誘殺数が増え始め、2か月間（10月31日～12月26日）のトラップ2基合計誘殺数は、無処理区が168頭、処理区が160頭であった。

2019年は、処理前の3か月間（5月1日～7月25日）のトラップ2基合計誘殺数は、無処理区が341頭、処理区が477頭で、処理区のほうが多かった（図6）。処理から3か月間（8月1日～11月2日）のトラップ2基合計誘殺数は、無処理区が163頭であったのに対し、処理区は9頭と少なかった。処理区の補正誘引阻害率は96.1%であった。処理後4か月目からは処理区の誘殺数が増え始め、2か月間（11月3日～12月27日）のトラップ2基合計誘殺数は、無処理区が175頭、処理区が91頭であった。

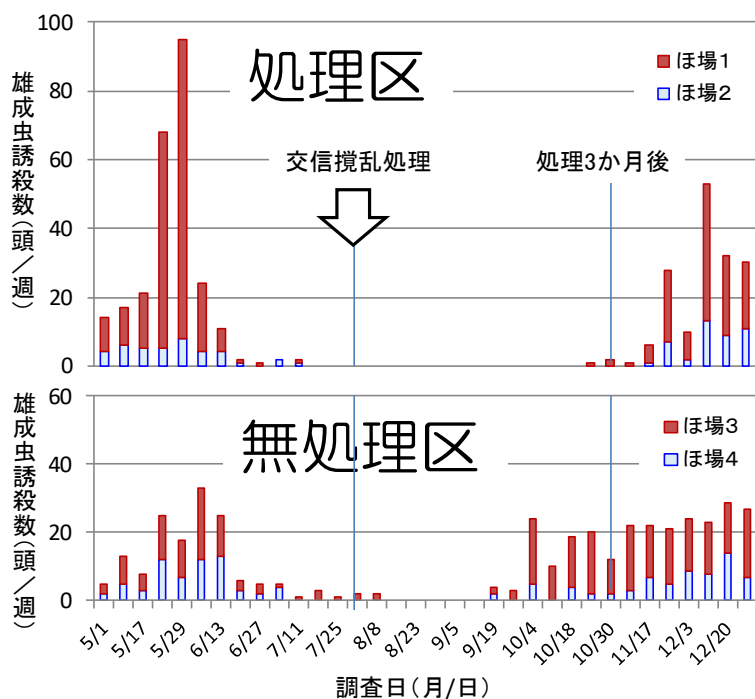


図5 性フェロモン剤処理によるコナガの交信攪乱効果(2018年)

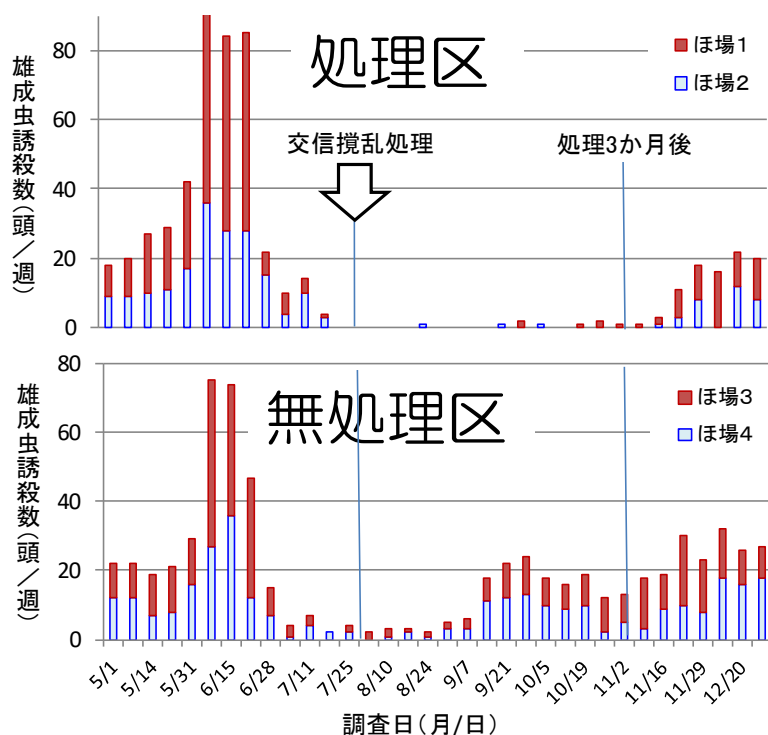


図 6 性フェロモン剤処理によるコナガの交信攪乱効果(2019年)

2) 防除効果の確認

露地栽培コマツナ 1 作目は、害虫による被害株率、コナガ幼虫・蛹数とも、処理区は無処理区より少なかった(表 3)。10月4日は調査期間中コナガの発生が多くなったが、被害株率、コナガ幼虫・蛹数とも、処理区は無処理区の 30%未満であった。2 作目における害虫による被害株率は、10月17日、31日は処理区と無処理区でほとんど差がなかった。コナガの発生が認められず、他の害虫も見つからなかったが、コナガ以外の害虫種による被害と思われる(表 4)。11月14日は、処理区のほうがコナガの発生が多く、被害株率も高かった。

表 3 露地栽培コマツナにおける被害株率とコナガの幼虫・蛹数(2019年)

1) 1作目 (定植:2019年9月5日)						
	害虫による被害株率(%)		100株あたりコナガ幼虫・蛹数(頭)			
	9月19日	10月4日	9月19日	10月4日		
処理区	1.0	24.0	0	1.50		
無処理区	19.6	80.9	1.51	5.15		

2) 2作目 (定植:2019年10月4日)						
	害虫による被害株率(%)			100株あたりコナガ幼虫・蛹数(頭)		
	10月17日	10月31日	11月14日	10月17日	10月31日	11月14日
処理区	4.5	16.0	43.5	0	0	2.00
無処理区	5.0	13.5	29.9	0	0	0.51

表4 露地栽培コマツナで見つかった害虫種

1) 1作目 (定植:2019年9月5日)

	9月19日	10月4日
処理区	—	コナガ, ハイマダラノメイガ, ウワバ類
無処理区	コナガ, バッタ類	コナガ, ハイマダラノメイガ

—は害虫なし.

2) 2作目 (定植:2019年10月4日)

	10月17日	10月31日	11月14日
処理区	— z	— y	コナガ
無処理区	—	— z	コナガ

—は害虫なし.

z 食害痕からハムシ類による被害と思われる

y 食害痕からハムシ類による被害およびバッタ類による被害と思われる

3. 防虫ネットを利用したコナガの防除

1) コナガ成虫が通過できない目合いの検討 (室内実験)

「防虫サンサンネット N7000」を展張した容器から脱出した成虫は5頭で、脱出率は16.7%であった(表5)。「防虫サンサンネット EX2000」を展張した容器から脱出した成虫はなかった。

表5 防虫ネットを通り抜けたコナガ成虫数

供試資材(商品名)	目合い ^z	供試虫数	脱出虫数	脱出率
防虫サンサンネット EX2000	1mm	30頭	0頭	0%
防虫サンサンネット N7000	2mm	30頭	5頭	16.7%

^z メーカーカタログ値

2) 施設開口部への防虫ネット展張によるコナガの防除効果

フェロモントラップによるコナガ雄成虫誘殺数は、無処理区が著しく多かった(表6)。2mm ネット区は毎回1~32頭が誘殺され、1mm ネット区は全く誘殺されなかった。コナガ幼虫による被害株率は、10月28日は無処理区で32.1%、2mm ネット区で8.5%、1mm ネット区で0%であった(表7)。1mm ネット区では収穫直前の11月20日まで被害株率が0%のままであった。

表6 フェロモントラップによるコナガ雄成虫誘殺数(2019年)

単位:頭

	調査日			
	10月18日	10月25日	11月1日	11月11日
2mmネット区	1	10	32	6
1mmネット区	0	0	0	0
無処理区	85	70	203	145
ハウスの外(参考)	3	5	7	3

フェロモントラップ設置期間:2019年10月11日~11月11日

表 7 コナガ幼虫によるコマツナの被害(2019 年)

	被害株率(%)		
	調査日		
	10月28日	11月11日	11月20日
2mmネット区	8.5	2.9	—
1mmネット区	0	0	0
無処理区	32.1	—	—
調査株数: 1,200株	—は調査なし		

3) 防虫ネット展張が施設内の気温に及ぼす影響

1mm ネット区と無処理区の日最高気温を比較すると、1mm ネット区のほうが高い日は9日、無処理区のほうが高い日は10日であった(図7)。しかし、調査期間中の日最高気温の平均は、1mm ネット区が無処理区より0.29℃高かった(表8)。つまり、1mm ネット区が高い日のほうが無処理区が高い日より両者の差が大きい傾向があった。日最低気温は1mm ネット区と無処理区で差がなかった。日平均気温は、調査期間中の平均は1mm ネット区が無処理区より0.19℃低かったが、両者はほぼ同じように推移した。

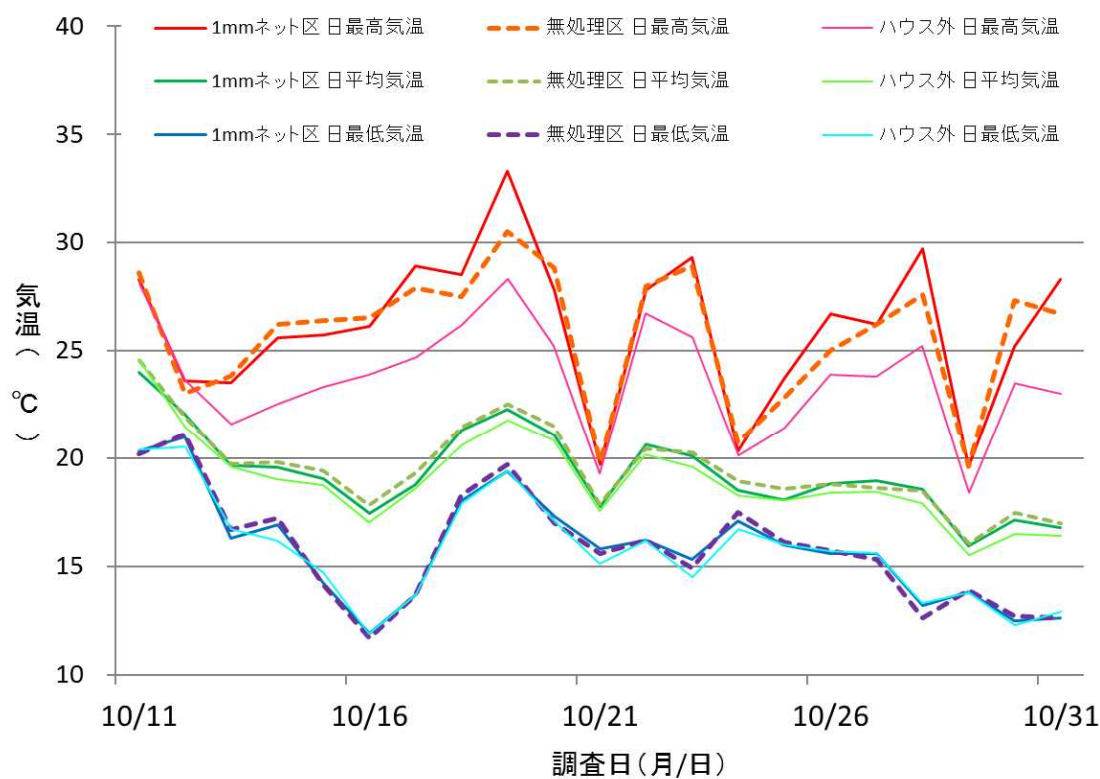


図 7 側窓への防虫ネット展張がハウス内の気温に及ぼす影響
(2019 年 10 月 11 日 00:00~10 月 31 日 23:30)

表8 防虫ネットを展張したハウス内における調査期間中の気温の平均

単位: °C

	1mmネット区	無処理区	差	ハウス外(参考)
日最高気温の平均	26.09	25.80	0.29	23.73
日最低気温の平均	15.84	15.85	0.00	15.74
日平均気温の平均	19.35	19.54	-0.19	19.00

調査期間:2019年10月11日~10月31日

考 察

コナガは薬剤抵抗性害虫のエリートである(浜, 1992)。わが国では1970年代に有機リン剤に対する抵抗性が顕在化したのに続き、次々と各種の殺虫剤に抵抗性を発達させて(浜, 1990; 森下, 1998; 諫山ら, 2004)、1990年代半ば頃には既存の殺虫剤のほぼ全てに抵抗性を発達させるに至った(園田, 2015)。その後、防除効果の高い様々な新規殺虫剤の上市により一時的に発生量が減少していたが(園田, 2015)、2013年以降に全国各地でジアミド系殺虫剤の殺虫効果が低下した個体群が確認されはじめ(清水ら, 2014; 福田・林川, 2014; 井上ら, 2015; 飯村・吉田, 2016など)、コナガは再び難防除害虫として問題となっている(園田, 2015)。名草地区と河西地区のコマツナで発生しているコナガ個体群も、筆者が実施した検定によりジアミド系のクロラントラニリプロール剤とフルベンジアミド剤の殺虫効果が低いことが明らかとなり、これらの地区における近年のコナガ被害の増加はジアミド剤に対する抵抗性発達が一因であると推察された(井口, 2018)。さらに、ジアミド剤のほかにも殺虫効果の低い剤が多く、コマツナで使用できる殺虫剤の中でコナガに対して防除効果が期待できる薬剤は作用機構で分類すると4グループしかないことも明らかになった(井口, 2018; 井口, 2019; 表9)。薬剤抵抗性の発達を抑えるためには作用機構が異なる薬剤をローテーション使用することが有効であり(浜, 1990; 宮田・呉, 2010)、IRACではさらに害虫の世代も考慮した世代間ローテーション(世代間連用を避けるブロック式ローテーシ

表9 コマツナで使用できる²主要農薬のコナガ3齢幼虫に対する殺虫効果

薬剤の作用機構 ¹	薬剤名 ^x ()は農薬の名称	w 適用	調査年		
			2017 河西 ^v	2017 名草	2018 名草
3A	シベルメリンE		×	×	
5	スピネトラムSC	有	◎	◎	
	スピノサドWDG	有	◎	◎	○
6	エマメクチン安息香酸塩E	有	◎	◎	○
	レピメクチンE	有	○	×	
	BT(エスマルクDF)	有	○	○	
11A	BT(チューンアップWDG)	有	◎	◎	◎
	BT(フローバックDF)	有			◎
13	クロルフェナビルF	有	×	×	
15	フルフェノクスロンE	有	×	×	
18	クロマフェノジドF		×	×	
22B	メタフルミゾンF	有	○	×	
28	クロラントラニリプロールF	有	×	×	×
	フルベンジアミドWDG	有	×	×	
UN	ピリダリルF	有	◎	○	

効果 (補正死亡率)

◎ 高 (90%以上)
○ 中 (70~90%)
× 低 (70%未満)

² 作物名「野菜類」、「非結球あぶらな科葉菜類」または「こまつな」に適用がある(FAMIC農薬登録情報、2020年12月現在)¹ IRACの分類コードで示す^x 希釈倍数は農薬の実用濃度。末尾のEは乳剤、F・SCはフロアブル剤、DFはドライフロアブル剤、WDGは顆粒水和剤を示す^w 有は適用病害虫の中にコナガが含まれる^v 河西、名草はその地区で採集した個体群

井口(2018)、井口(2019)より作成

ン)を提唱している(島, 2017)。しかしながらコナガは世代が明確に分かれておらず、暖地では世代が重なり合って各態の個体が混ざって生息している(山田, 1977; 山田・川崎, 1983)。このため、世代間連用を避けるためには、1世代は25℃条件下で約16日(山田・川崎, 1983)であることから考えると、同一作用機構の薬剤の散布間隔を32日(16日×2)程度以上あける以外に方法がない。4グループの薬剤を1グループ1回ずつ、8日以上の間隔で順番に繰り返し散布すれば世代間ローテーションは可能であるが、突発的にコナガ幼虫が発生しても散布間隔を短縮できないし、農薬の使用時期(収穫前使用日数)の制約もあるので現実的には難しい。さらに、4グループのうちスピノサド剤とエマメクチン安息香酸塩剤はすでに感受性低下が認められている(井口, 2019)。したがってコマツナではコナガの薬剤抵抗性対策として、物理的防除法などを組み合わせた総合的な防除体系を実践し、本種の発生量を減らして薬剤防除回数そのものを削減する必要がある(浜, 1990; 足立・藤富, 1995; 山本, 2019)。

本研究ではまず、和歌山市のコマツナ栽培地域におけるコナガの発生実態を明らかにするため、名草地区と河西地区においてフェロモントラップによりコナガ雄成虫の発生状況を調査した。名草地区は河西地区より誘殺数が多く、また、河西地区は1~3月に多く5~6月は減少するのに対し、名草地区は6月に最も多くなった。コマツナの作付期間である7~10月は、両地区とも7~8月は少ないが、名草地区は9月以降、河西地区は10月以降に増加することがわかった。コナガの発生量や季節消長は、その地域のアブラナ科作物の作付状況に影響される(山田, 1977; 森下ら, 1995)。名草地区はダイコン産地でもあり、9月中旬~翌年2月に秋冬ダイコンが約36haで、3月~6月に春ダイコンが約4haで作付けされる(わかやま農業協同組合調べ)。7~10月はコマツナが作付けされているので、名草地区ではほぼ周年アブラナ科作物が存在している。一方、河西地区はコマツナ以外のアブラナ科作物はほとんど作付けされていない。したがって、名草地区のコナガの発生量が河西地区より多いのは、名草地区がダイコン産地であるためと考えられた。そのことを確認するために春ダイコンにおける5月下旬のコナガ幼虫・蛹の生息密度を調べたところ、1株あたり1.63頭であった。春ダイコンの栽植密度(約8,000株/10a; 和歌山県農林水産部, 2018)と作付面積(約4ha)から推定すると、この時期の名草地区には約52万頭のコナガ幼虫・蛹が生息している。このことから、名草地区では春ダイコンでコナガが大量に増殖することが明らかになった。そして、名草地区のコナガ誘殺数が6月に多いのは春ダイコンで増殖したコナガが飛来するためと考えられた。

次に、化学殺虫剤以外の防除技術として2つの方法を検討した。1つ目は、合成性フェロモン剤を利用した交信攪乱法である。フェロモントラップを利用して交信攪乱効果を確認したところ、処理後3か月間の補正誘引阻害率は96.1~98.2%であった。「コナガコン-プラス」の交信攪乱効果は3~4か月持続すると言われているが(静岡県病虫害防除所, 2020; 山形県病虫害防除所, 2016)、効果の持続期間は気温などの気象条件に影響される(小川, 1990)。本試験においては3か月後まで十分な効果が認められ、4か月目の途中で効果が切れた。したがって、交信攪乱用性フェロモン剤「コナガコン-プラス ロープ状製剤」10a当たり20mを8月1日頃に処理すると、コナガに対して処理3か月後まで高い交信攪乱効果があると考えられた。

交信攪乱法による防除効果を実証するためには、ほ場における幼虫の発生や被害程度を調査するべきである(高井・若村, 1993)。しかし、現地ほ場では化学殺虫剤による慣行防除が実施されているため、防除効果を判定することは困難である(大林, 1993; 高井・若村, 1993)。そこで、2019年の試験では露地ほ場において化学殺虫剤による影響が小さい条件でコマツナを栽培し、交信攪乱

処理によるコナガの防除効果を調査した。その結果、コナガの発生が最も多かった10月4日における処理区の幼虫・蛹数は無処理区の30%未満であった。このことから、名草地区では交信攪乱法で雌雄の交尾率を低下させることによって、次世代以降のコナガの発生および被害を低く抑えることができると考えられた。なお、11月14日は処理区のほうがコナガの発生が多く被害株率も高かったが、これは処理日から105日経過しており交信攪乱効果が切れていたためと推察される。

交信攪乱法による防除が可能な最低面積は、対象害虫の種類、発生密度、気象条件、地形などによって異なる(小川, 1990)。交信攪乱法は一般に、処理面積が大きいほど高く安定した効果が得られる(若村, 1990; 田付, 1996)。処理面積が小さい場合は、処理区内での交信攪乱効果が高くても、処理区外で交尾した雌が飛来して産卵するので防除効果が低下するからである(若村, 1993; 田付, 1995)。このため、シロイチモジヨトウでは10ha以上が望ましく(高井, 2000)、対象害虫によっては50haの面積が必要な場合もある(小川, 1990)。しかしコナガは幸いなことに、好適な生息環境では成虫の分散範囲が極めて限定的であり(Roux et al., 2007)、処理面積が3ha以上あれば安定した防除効果が認められている(大林ら, 1989; 大林, 2000)。ただし、海岸付近など風が強い場所は空中のフェロモンが失われやすいので防除効果が得られにくいという指摘もある(大林ら, 1989; 若村, 1993; 田付, 1996)。名草地区は海沿いに位置するので海風によるフェロモン濃度の低下が懸念されたが、本研究では2か年とも7haの処理面積で高い交信攪乱効果が認められた。したがって、当該地区では7ha程度に処理すると防除効果が得られると考えられた。

交信攪乱法は複数の生産者が地域ぐるみで取り組む必要があるが(若村, 1990)、地域全体のコナガの密度を低下させることはコマツナ栽培だけでなく、その後続く秋冬ダイコン栽培、春ダイコン栽培においてもコナガによる被害を低減させるという効果が期待できる。さらに、「コナガコンプラス」はオオタバコガとヨトウガにも適用があり、これら害虫の同時防除効果も期待できる。

化学殺虫剤以外の防除技術の2つ目として、防虫ネットを利用した物理的防除法について検討した。室内実験において、コナガ成虫は目合い2mm(実測2.5mm)の防虫ネットは通過できたが、目合い1mmの防虫ネットは通過できなかった。長坂ら(2014)も室内実験を行い、コナガ成虫は目合い1mmの防虫ネットで通過を阻止できると報告している。実際に現地生産者ほ場のビニルハウスにおいて側窓開口部に防虫ネットを展張すると、目合い2mmではハウス内でコナガの発生と被害が認められたが、目合い1mmでは認められなかった。以上のことから、目合い1mmのネットはコナガ成虫の施設内への侵入防止効果が高く、コマツナでの幼虫の発生と被害を抑えることができると考えられた。目合い1mmの防虫ネットは、カブラハバチ、ダイコンハムシ、モンシロチョウ、ウワバ類、ヨトウ類、ハイマダラノメイガなどの成虫の通過も阻止するので(長坂ら, 2014; 長坂, 2016)、コナガ以外の多くの害虫も同時に防除できる。一方、ナモグリバエ、キスジノミハムシ、アブラムシ類有翅虫は目合い1mmの防虫ネットを通過する(長坂ら, 2014)。また、ハスモンヨトウは防虫ネットにも卵塊を産み付けるため、ふ化した幼虫が容易にネット目合いを通過して侵入する(福井, 2001; 中野ら, 2006)。これらの害虫のハウス内での発生に注意する必要がある。

側窓に防虫ネットを展張すると通気性が低下し、施設内が高温になって作物の生育に影響を及ぼすことが懸念される(田中, 1993; 上遠野・河名, 1996; 田中, 1999)。そこで、目合い1mmの防虫ネットの展張が施設内の気温に及ぼす影響を検討した。防虫ネットを展張しても、日最低気温と日平均気温はほとんど影響を受けなかった。しかし、日最高気温は防虫ネットを展張しない場合と比べてやや高くなる傾向があったことから、施設開口部へ防虫ネットを展張すると、日中の高温時の気温が少し高くなると考えられた。今後、防虫ネット展張がコマツナの生育に及ぼす影響を明ら

かにすることが重要である。また、今回の調査時期は10月中旬～下旬であったことから、夏季に再調査し、高温期における防虫ネット展張による影響についても明らかにする必要がある。

最後に、和歌山市の施設栽培コマツナにおけるコナガの総合的な防除体系について提案したい。名草地区の施設はパイプハウスが多い。ハウス高が低いパイプハウスに防虫ネットを展張するとハウス内が高温になりやすいので、防虫ネットの利用は困難である（上遠野・河名，1996）。一方で名草地区はコマツナ栽培施設が比較的密集しているため、交信攪乱法が有効である。交信攪乱処理の時期については、できるだけコナガの発生密度が低い時期から開始することが重要とされている（若村，1993；田付，1996）。名草地区では7月から段階的にコマツナの播種が始まるが、コナガは7月～8月は少発生で経過し9月になるまで増加しないので、交信攪乱処理は8月1日頃がよいと考える。この時期に処理すると、コマツナの作付が終了する10月末まで交信攪乱効果が持続する。また、コマツナ栽培ハウス周辺では9月中旬から10月上旬にかけて秋冬ダイコンが播種される。秋冬ダイコンの生育初期はコナガの被害が問題となるので、この時期まで交信攪乱による防除効果が持続するならばダイコン生産者からも費用面での協力が得られやすく、地域ぐるみでの取り組みにつながる。交信攪乱処理をしても、周辺でのコナガの発生密度が高くなるとフェロモン処理だけでは幼虫の発生を抑えきれない場合もあるので的確な薬剤処理との組み合わせが必要である（大林ら，1989）。名草地区では8月末まではコナガ発生密度が低いので薬剤散布回数を少なめに抑え、9月以降はコナガ発生量に応じて徐々に薬剤散布回数を増やす。

河西地区は市街地の中にコマツナ栽培施設が点在しているため、ある程度まとまった面積で地域ぐるみの処理を必要とする交信攪乱法は不適である。しかし、河西地区のコマツナ栽培施設はハウス高が高く、ハウス容積も大きい鉄骨ハウスや連棟パイプハウスが多い。このような施設では側窓に目合い1mmの防虫ネットを展張しても施設内の気温への影響は比較的小さいので、防虫ネットを利用した物理的防除法が適している。コナガを施設内に入れたいために、防虫ネットはコマツナの作付前に展張しておくこと、防虫ネット展張前にはコナガ幼虫が生息しているおそれがあるコマツナ残さやアブラナ科雑草を徹底して除去しておくこと（長坂，2016）、施設の出入口等にすき間を作らないように注意すること（長坂，2016）が重要である。そして、コマツナ作付中に施設内でコナガが発生した場合は薬剤防除を実施する。河西地区は10月以降にコナガの発生が増えるので、この時期は特に発生に注意し初期防除に努める。

施設栽培コマツナのコナガの防除対策では、限りある有効薬剤をできるだけ長く活用していく必要があり、そのためには殺虫剤抵抗性管理が不可欠である。交信攪乱法または防虫ネット利用による物理的防除法によりコナガの発生量を減らして薬剤の散布間隔を長くし、薬剤の世代間ローテーション使用に努めることが重要である。

摘 要

和歌山市の施設栽培コマツナにおけるコナガの防除対策として、コナガの発生状況を調査するとともに、合成性フェロモン剤を利用した交信攪乱法と防虫ネットを利用して成虫の侵入を防止する物理的防除法について検証し、総合的な防除対策を検討した。

1. フェロモントラップによる雄成虫誘殺数は、名草地区は河西地区より多かった。名草地区は1～5月にやや多く6月に最も多くなるのに対して、河西地区は1～3月に多く、5～6月は減少した。両地区とも7～8月は少なく経過したが、名草地区は9月以降に、河西地区は10月以降に

再び増加して12月までやや多かった。

2. 名草地区のコナガの発生量が河西地区より多いのは、名草地区がダイコン産地であるためと考えられた。
3. 交信攪乱用性フェロモン剤「コナガコン-プラス ロープ状製剤」10a当たり20mを8月1日頃に7haに処理すると、コナガ成虫に対して処理3か月後まで高い交信攪乱効果があり、コナガの発生および被害を抑えることができると考えられた。
4. コマツナ栽培施設の側窓開口部に目合い1mmの防虫ネットを展張するとコナガ成虫の侵入防止効果が高く、コナガの発生および被害を抑えることができると考えられた。
5. 施設栽培コマツナのコナガの防除対策は、交信攪乱法または防虫ネット利用による物理的防除法によりコナガの発生量を減らし、薬剤の世代間ローテーション使用に努めることが重要である。

現地調査ではコマツナ生産者の皆様に快くご協力いただいた。また、和歌山県海草振興局農林水産振興部農業水産振興課の塩崎博史氏・村上豪完氏・衛藤夏葉氏、わかやま農業協同組合南部営農センターの楢本智司氏・手平康介氏、同西部営農センターの富上大介氏に多大なご協力をいただいた。交信攪乱試験の実施に当たっては信越化学工業株式会社の川崎裕一氏から有益なご助言を賜った。厚く御礼申し上げる。

引用文献

- 足立年一・藤富正昭. 1995. コナガ防除の現状と問題点. 植物防疫. 49: 173-177.
- 足立年一・山下賢一. 1994. コナガのキチン合成阻害剤に対する感受性低下. 応動昆. 38: 194-196.
- 福田 健・林川修二. 2014. 鹿児島県内におけるコナガのジアミド系殺虫剤に対する感受性低下. 九病虫研会報. 60: 75-78.
- 福井俊男. 2001. イチゴハウス栽培におけるハスモンヨトウ幼虫の行動. 関西病虫研報. 43: 51-52.
- 浜 弘司. 1990. コナガの薬剤抵抗性の現状と対策. 関東病虫研報. 37: 1-4.
- 浜 弘司. 1992. 害虫はなぜ農薬に強くなるか - 薬剤抵抗性のしくみと害虫管理 -. 189pp. 農山漁村文化協会. 東京.
- 伊賀幹夫. 1985. コナガの発生消長と生命表. 応動昆. 29: 119-125.
- 井口雅裕. 2018. 和歌山市の施設栽培コマツナにおけるコナガに対する各種薬剤の殺虫効果. 関西病虫研報. 60: 103-105.
- 井口雅裕. 2019. 和歌山市のダイコン・コマツナ栽培地域のコナガに対する各種薬剤の殺虫効果. 関西病虫研報. 61: 157-159.
- 飯村茂之・吉田雅紀. 2016. 岩手県におけるコナガのジアミド系およびマクロライド系殺虫剤に対する感受性. 北日本病虫研報. 67: 166-168.
- 井上麻里子・岡部 克・小河原孝司. 2015. 茨城県におけるコナガに対するジアミド系薬剤を含む主要薬剤10種の殺虫効果. 関東病虫研報. 62: 141-143.
- 諫山真二・小川正臣・笠松紀美. 2004. 兵庫県神戸市岩岡におけるコナガ (*Plutella xylostella* L.) の各種薬剤に対する感受性の変遷. 応動昆. 48: 337-343.
- 上遠野富士夫・河名利幸. 1996. 施設野菜害虫の物理的防除法 - 被覆資材 -. 植物防疫. 50: 468-471.

- 河合省三. 1979. 江東地域におけるコマツナ害虫の季節的変動. 関東病虫研報. 26 : 114-115.
- 宮田 正・呉 剛. 2010. コナガの殺虫剤抵抗性研究の過去・現在・未来. 農薬誌 35 : 555-561.
- 森下正彦. 1998. 和歌山県御坊市におけるコナガの薬剤感受性の変動. 応動昆. 42 : 209-213.
- 森下正彦・東勝千代・矢野貞彦. 1995. 和歌山県におけるコナガの発生生態と多発要因. 和歌山県農試研報. 15 : 25-32.
- 長坂幸吉. 2016. アブラナ科葉菜類の害虫侵入阻止に有効な防虫ネットの目合い. 農耕と園芸 : (9)25-28.
- 長坂幸吉・光永貴之・後藤千枝. 2014. アブラナ科葉菜類の主要害虫の侵入阻止に有効な防虫ネットの目合い. 関東病虫研報. 61 : 132-136.
- 中野昭雄・田中昭人・後藤昭文. 2006. 露地栽培コマツナにおける防虫ネットのトンネル被覆による各種害虫の侵入阻止効果. 四国植防. 41 : 33-39.
- 小川欽也. 1990. 昆虫フェロモン交信攪乱剤の害虫防除への利用. 化学と生物. 28 : 295-303.
- 大林延夫. 1993. 各論 コナガ. 性フェロモン剤等使用の手引き. pp.62-65. 日植防. 東京.
- 大林延夫・清水喜一・岩田直記・永田健二. 1989. 性フェロモンによるコナガの防除. 植物防疫. 43 : 325-328.
- 大林延夫. 2000. コナガ. フェロモン剤利用ガイド. pp.84-87. 日植防. 東京.
- Roux, O., M. Gevrey, L. Arvanitakis, C. Gers, D. Bordat, L. Legal. 2007. ISSR-PCR: Tool for discrimination and genetic structure analysis of *Plutella xylostella* populations native to different geographical areas. Mol. Phylogenet. Evol. 43: 240- 250.
- 島 克弥. 2017. 世代間ローテーションを基礎とした新たな殺虫剤抵抗性管理戦略と IRAC の活動. 植物防疫. 71 : 675-681.
- 清水 健・大谷 徹・河名利幸・遠藤正樹. 2014. 千葉県産コナガ個体群のジアミド系殺虫剤に対する感受性. 関東病虫研報. 61 : 137-140.
- 静岡県病害虫防除所. 2020. 令和 2 年度静岡県農薬安全使用指針・農作物病害虫防除基準. <http://www.s-boujo.jp/kihon/file/02kouri/0203.pdf> (2020 年 12 月アクセス)
- 園田昌司. 2015. アブラナ科作物の害虫コナガの殺虫剤抵抗性 -海外の事例を中心に-. 農業および園芸. 90 : 446-455.
- 高井幹夫. 2000. シロイチモジヨトウ. フェロモン剤利用ガイド. pp.90-94. 日植防. 東京.
- 高井幹夫・若村定男. 1993. フェロモン剤防除における効果の判定. 植物防疫. 47 : 503-507.
- 田中 寛. 1993. コナガ -おもしろ生態とかしこい防ぎ方-. 118pp. 農文協. 東京.
- 田中尚智. 1999. 耕種的防除法・資材 寒冷紗など (被覆, 障壁). pp.987-992. 農業総覧病害虫防除・資材編 10. 防除資材便覧. 農文協. 東京.
- 田付貞洋. 1995. 性フェロモンの利用: 今後の展望と問題点. 北日本病虫研報. 46 : 1-5.
- 田付貞洋. 1996. フェロモンの特性と利用技術. 植物防疫. 50 : 464-467.
- 若村定男. 1990. 鱗翅目昆虫性フェロモンの実用化 その現状. 日本農芸化学会誌. 64 : 1734-1737.
- 若村定男. 1993. 性フェロモン防除法の適用条件. 植物防疫. 47 : 499-502.
- 和歌山県農林水産部. 2018. 農業経営モデル指標. 362pp. 和歌山県.
- 和歌山県農作物病害虫防除所. 2016. 病害虫発生予察事業年報. <https://www.pref.wakayama.lg.jp/prefg/070300/071400/boujyosyo-yosatsujyohou.html> (2020 年 12 月アクセス)
- 山田偉雄. 1977. コナガの発生生態. 植物防疫. 31 : 202-205.

- 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. 応動昆. 27 : 17-21.
- 山形県病害虫防除所. 2016. オオタバコガの交信かく乱剤による防除方法. 病害虫防除所技術情報. https://agrin.jp/ufile/7/42/23390/image1_file0116021809304617115.pdf (2020年12月アクセス)
- 山本敦司. 2012. 持続的な害虫制御に向けた殺虫剤抵抗性マネジメントの課題. 日本農薬学会誌. 37 : 392- 398.
- 山本敦司. 2019. 殺虫剤抵抗性管理 農業生産現場への普及の取組み. 植物防疫. 73 : 766-773.