

小型環流ファンによる施設トマトの病害抑制技術

宮城県農業・園芸総合研究所 関根 崇行・相澤 まさき
せきね たかゆき あいざわ まさき

はじめに

農業施設内の環境制御技術については、施設の形状や換気、遮光等の報告がなされている（入江ら，1993；佐瀬，1995；石井，2002）。当研究所では、夏期高温時の施設内作業環境改善，冬春期の施設内温度ムラの解消による暖房費の節約等を目標に小型環流ファンを開発し，キク栽培施設内で試験を行った。その結果，上記の目標達成以外にも，キク白さび病の発生を著しく抑制できることが明らかとなった（相澤・関根，2005）。このことが，2004 年から 06 年の 3 か年にわたって小型環流ファンを利用した夏秋トマト病害抑制試験に取り組むきっかけとなった。

宮城県では，トマトはイチゴ，キュウリに次いで生産額の多い果菜類である。その多くが夏秋期の雨よけ栽培で生産されているが，トマト灰色かび病と葉かび病はいわゆる好湿性病害と言われ，梅雨期間中に急増し，甚大な被害を与えている。これら病害は，初発生後直ちに急増期を迎えることから薬剤散布のタイミングが難しく，また薬剤散布回数も多くならざるを得ない。

そこで，小型環流ファンを夏秋トマト栽培施設に取り入れることによる農薬節減栽培技術の開発を目指し，病害の抑制効果，農薬節減効果，およびその病害抑制の作用機作について検討を行った。ここでは，その概要を紹介するとともに今後の課題・展開等について述べる。

I 小型環流ファン

試験に用いた送風機は，市販の DC12V 小型ファン（商品名：DC Dyna Ace，三洋電機製）あるいは AC100V 小型ファン（商品名：MRS18V2-B，オリエンタルモーター製）とアルミダクト，塩ビエルボ，塩ビダクトホースを組み合わせることで製作したものである（図-1）。本機は，高さが 170 cm で下部から吸気し上部から送風（初速 3～5 m/s）する仕組みになっており，2 機向かい合わせに設置することにより，施設内に環流を発生させることができる（図-2）。以下に紹介する試験では，

この小型環流ファンを 2 機（1 組）/25 m² の割合で設置した場合に得られた結果である。

II 小型環流ファンによる夏秋トマトの病害抑制効果

1 抑制効果とファンの稼働時間

最初に，小型環流ファンを導入した場合のトマト地上部病害抑制効果について検討を行った。試験は，当所圃



図-1 小型環流ファン

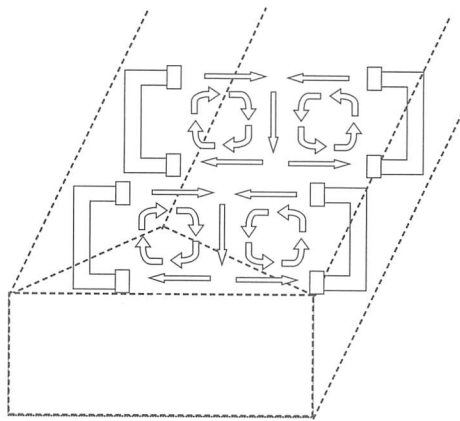


図-2 小型環流ファンによる環流の発生（関根ら，2005）

Suppression of Tomato Disease by Aeration Using Small Fan.
By Takayuki SEKINE and Masaki AIZAWA

（キーワード：小型環流ファン，環境制御，結露，トマト，灰色かび病，葉かび病，うどんこ病）

場の隣接するパイプハウス2棟(面積:約50m²)を用い、1棟には小型環流ファンを2機ずつ向かい合わせに4機設置した小型環流ファン区とし、別の1棟はファンを設置しない対照区とした。供試トマト品種は‘桃太郎8’で、2004年4月20日に株間50cm、2条千鳥に1区80株を定植した。小型環流ファン区のファンは梅雨入り前の5月28日(いずれの病害とも未発生の状態)から試験終了まで常時稼働させた。また、小型環流ファン稼働日以降はハウスの側窓を開放状態とした。

その結果、小型環流ファン区では小葉における灰色かび病および葉かび病、果実における灰色かび病とも1/2～2/3程度に抑制することができた(図-3、4)。一方、うどんこ病の発生は、発生最盛期(7月29日)で小型環流ファン区が6.9%、対照区が3.3%の発病小葉率となり、やや多くなる傾向が認められた。しかし、この程度の発生量は、防除が必要なレベルではなく、また、8月

以降の盛夏期には防除を行わなくても自然減少したことから、問題にはならないものと判断した。

2005年には、小型環流ファンの稼働時間の検討を行った。試験区は、2004年の試験と同様に常時稼働させた常時稼働区、18時から翌6時まで稼働させた夜間稼働区、ファンを設置しない対照区で比較検討を行った。その結果、灰色かび病は、小葉および果実とも常時稼働区、夜間稼働区とも対照区と比べ、発生最盛期でも2/3以下に抑えることができた。葉かび病は、夜間稼働区で対照区の半分程度に抑えられ、常時稼働区でも対照区に比べ抑制された。一方、うどんこ病については、発生最盛期(8月4日)の発病小葉率が対照区で0.7%であったのに対し、常時稼働区では26.6%と発生が著しかった。それに対し、夜間稼働区では6.9%の発生で、対照区よりも多い発生になったものの、常時稼働区に比べると少ない発生であった。このことから、小型環流ファンは夜間12時間のみの稼働で灰色かび病、葉かび病の発生が抑制できることが明らかとなった。また、夜間のみの稼働は常時稼働した場合よりうどんこ病の発生が少なく、また節電の観点からも望ましいと考えられた。

2 殺菌剤の削減効果

2004年に小型環流ファンを常時稼働した条件で、殺菌剤の削減効果についても検討を行った。耕種概要などは前節と同様で、小型環流ファンを設置した区と設置しない区において、両試験区の病害発生程度が同程度になるように適宜観察・調査を行い殺菌剤の散布を行った。その結果、表-1のような防除を行うことにより、両試験区とも収穫が終了する9月末までの病害発生を同程度に低く抑えることができた。小型環流ファンは灰色かび病、葉かび病の特に初発生期において、高い抑制効果を示す。このことは、病害初発生期における殺菌剤の散布タイミングの判断を容易にし、また少しでも病害発生が少ない段階での殺菌剤散布が可能になることから殺菌剤自体の防除効果も十分に引き出せる可能性も考えられる。

3 異なる送風方法との比較

宮城県内の夏秋トマト栽培施設の一部には、施設内の温湿度ムラの解消や作業性の改善、作物の生育促進など様々な目的で送風機を設置している。中には灰色かび病などの病害抑制を目的に導入している場合もあるが、病害抑制を実感できない栽培者も見受けられる。そこで、2006年には県内トマト栽培施設で広く採用されている送風機の設置方法を模して小型ファンを設置した施設(小型ファン区)と小型環流ファンを設置した施設(小型環流ファン区)における病害発生程度を、送風機未設置の施設(対照区)のそれと比較し、小型ファンと小型

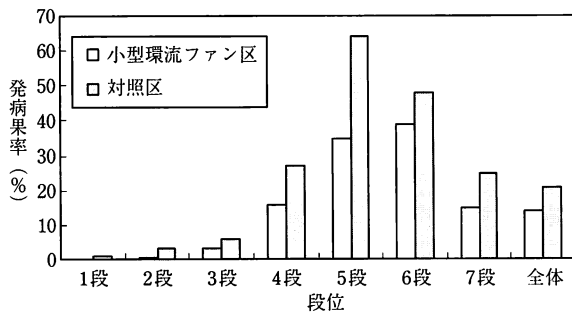


図-3 小型環流ファンがトマト灰色かび病の発生に与える影響(2004年)
無防除における発生果率(関根ら、2005を改変)。

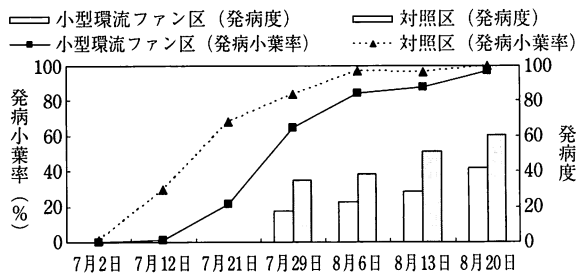


図-4 小型環流ファンがトマト葉かび病の発生に与える影響(2004年)

無防除における発生推移。発病度は7月29日以降、以下の指数に従って調査し算出した。指数は、0:発病なし、1:病斑面積率が小葉面積の25%未満、2:同25%以上50%未満、3:同50%以上75%未満、4:同75%以上。発病度=Σ(程度別発病小葉数×指数)×100÷(調査小葉数×4)(関根ら、2005を改変)。

表-1 殺菌剤削減試験における殺菌剤の散布 (2004 年)

試験区	7 月 21 日	7 月 26 日	8 月 9 日	8 月 16 日	8 月 26 日	9 月 2 日	化学成分数
小型環流ファン区	—	バチルス・ズブチリス水和剤 (0)	テトラコナゾール ME (1)	トリフルミゾール水和剤 (1)	—	—	2
対照区	ジエトフェンカルブ・チオファネートメチル水和剤 (2)	バチルス・ズブチリス水和剤 (0)	テトラコナゾール ME (1)	トリフルミゾール水和剤 (1)	イミノクタジンア ルベシル酸塩・フ エンヘキサミド水 和剤 (2)	アゾキシストロ ビン水和剤 (1)	7

()内は化学合成農薬としてカウントされる成分数。

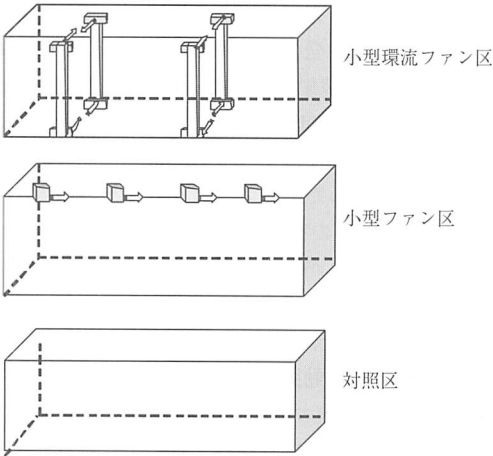


図-5 異なる送風方法との比較試験 (2006 年；関根ら，2007)

環流ファンの病害抑制効果を比較検討した。試験は、当所圃場の隣接するパイプハウス 3 棟（面積：約 50 m²）を用い、1 試験区/1 棟で行った（図-5）。供試トマト品種は「桃太郎 8」で、2006 年 4 月 28 日に株間 50 cm、2 条千鳥に 1 区 80 株を定植した。小型ファン区および小型環流ファン区のファンは梅雨入り前の 6 月 9 日（いずれの病害とも未発生の状態）から試験終了まで 18 時から翌 6 時まで稼働させた。また、小型環流ファン稼働日以降はハウスの側窓は常時開放した。

その結果、灰色かび病および葉かび病の発生は、小型環流ファン区<小型ファン区<対照区の順に多かったが、うどんこ病の発生は対照区<小型ファン区<小型環流ファン区の順に多くなった（関根ら，2007）。本試験の小型環流ファンおよび小型ファンの吹き出し口は、地上 170 cm 位置に設置している。一方、本発病調査は、トマト株の最下位葉から上位 15 葉（地上 1 m 程度）について行ったものである。トマト株の上層部分については比較検討できないが、少なくとも 1 m 以下の下層部分に関しては、小型環流ファンの送風方法は病害抑制に

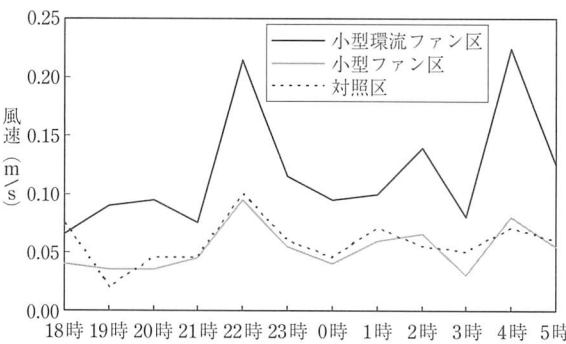


図-6 ファン稼働時の風速の変化 (2006 年 7 月 5 日)

有効であることが明らかとなった。本試験においては、地上 40 cm 位置に気流速度センサーを試験区ごとに 2 箇所設置し、風速の測定も行った。対照区≦小型ファン区<小型環流ファン区の順に気流が確保されていた。例として、灰色かび病急増期に当たる 7 月 5 日夜間の風速変化を示した（図-6）。

III 作用機作の検討

送風を利用した病害抑制に関しては、イネ（田口・百町，2006），キュウリ（金磯，2000），トマト（松浦，2004）等での報告がある。これらの既報を参考に、小型環流ファンの作用機作について、「結露抑制」、「孢子付着阻害」および「抵抗性誘導」の可能性について検討を行った。

(1) 結露抑制の可能性

結露は理論的には、植物体表面温度が露点を下回ったときに発生するものと考えられる。小型環流ファンの結露抑制効果について、施設内の気温、湿度、植物体表面温度から推定される結露発生状況について検討したところ、小型環流ファン区では対照区に比べ、結露が発生したと考えられる時間が少ないことが明らかとなった（図-7）。施設内作物の濡れは、被覆資材からの水滴落下、霧の発生、薬剤散布によるもの、植物体への結露に

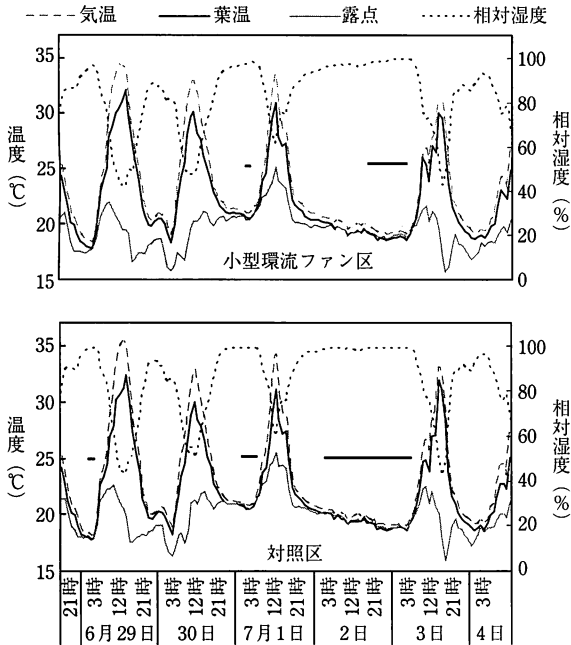


図-7 施設内温湿度、露点、葉温の推移（2006年）

図中の横棒は推定結露時間を示す。測定位置は地上約40 cmの位置で、葉温は葉裏の温度を測定した（関根ら，2007を改変）。

よるものが考えられる。このうち、前三者は目視による観察が容易であるが、結露による濡れは目視による観測は極めて困難である。岡田・鮫島（1986）は、葉面の熱収支の検討から、温室内作物に結露をもたらし環境条件について解析を行っており、作物の濡れを乾かす気流速として0.15～0.2 m/s程度が必要なることを推定している。小型環流ファンにより発生する施設内気流速は、測定位置にもよるが平均するとこの数値を下回ることから、本機は結露による濡れを乾かす効果よりも、結露を発生させない結露発生予防効果によるところが大きいものと推定している。また、本試験のように夏秋トマト栽培に小型環流ファンを導入した場合、施設内上下層間の温湿度ムラ解消効果は認められるが、施設全体としての温度や湿度はほとんど変化していない。しかし、植物体表面付近に形成される、いわゆる葉面境界層など微気象レベルでの検討は行っていない。今後、施設内環境制御による病害抑制を検討していくうえで、このような微気象レベルでの検討も欠かすことのできないものであり、測定装置の開発なども含めて検討していきたい。

（2）灰色かび病胞子の付着阻害

小型環流ファンを設置し18時から翌6時まで稼働した試験区とファンを設置しない対照区間で灰色かび病胞子の葉面および果面への付着量を灰色かび病菌選択培地（SBc培地）を植物体へ直接押しつける方法で調査した。

その結果、両試験区間で胞子の付着程度に差は認められなかった（関根ら，2007）。このことから、小型環流ファンの灰色かび病抑制の作用機作として、胞子の付着阻害の可能性は低いものと考えられた。しかし、植物体上での胞子の発芽阻害については今後検討する必要がある。

小型環流ファンによって施設内に発生する弱い環流では、胞子の付着阻害は認められなかったが、より強い風による胞子付着阻害の可能性についても検討した。ポット植のトマトを用いて気流速と葉面への灰色かび病菌胞子付着量について検討したところ、1.7 m/s程度の気流速によっても本菌胞子のトマト葉（表・裏）への付着阻害は認められなかった。

（3）抵抗性誘導

抵抗性誘導の可能性は、トマト葉における抗菌物質の生産性を調査したが、その可能性については判然としていない（関根ら，2007）。八木ら（2006）は、トマトに対し、風速1～4 m/sの送風処理を5日間行うことによりトマト根腐萎凋病抵抗性が誘導されることを報告している。しかし、小型環流ファンが発生させる風の流れはおおむね0.05～0.2 m/s程度のもので、人も注意しないと風の動きを感じないレベルのものである。抵抗性誘導の可能性については今後も詳細に検討する必要があるが、このような極微風を植物がストレスとして感じ取り、何らかの応答反応をする可能性は低いのではないかと推測している。

IV 今後の課題・展望

以上のように、小型環流ファンは、夏秋トマトの灰色かび病、葉かび病を1/2～2/3程度に抑制することが可能で、IPMの一手段として有効なものである。しかし、本機は30 m²あたりに1組（2機）程度設置する必要があり、小型の施設では利用価値が高いが、大型の施設では設置労力、コスト面から導入は難しい。そこで、当所では2007年から小型環流ファンの仕組みを応用した「送風機の対面送風による病害抑制試験」に取り組んでおり、大型施設でも容易に導入可能な環境制御システムの構築を目指している。

また、宮城県においては、送風設備の有無にかかわらず、ここ3、4年でトマトのうどんこ病が顕在化している。現在のところ、脂肪酸グリセリド乳剤やプロピレングリコール脂肪酸エステル乳剤などの殺虫殺菌剤に高い防除効果が認められていることもあり、発生はするものの大きな被害には至っていない。しかし、数年前と

違って施設内環境制御を考えるうえで無視できない病害になったことは間違いない。

送風による施設内環境制御は IPM の一手段であり、殺菌剤をはじめ、他の防除手段との組み合わせで大きな効果が期待できるものである。筆者らは、植物含有の香気成分による病害抑制効果についても検討しており (SEKINE et al., 2007), 送風による環境制御と併用した新しい技術の開発も目指していきたい。

お わ り に

送風を利用した施設内環境制御が、好湿性病害の抑制に有効であることは、現象面からの報告は見られるが、結露抑制など微気象面からの解明はなかなか進んでいない。これは、環境制御の試験にはある程度の大きさの施設が必要であり反復が取りにくいこと、精密な観測装置

が高価であることなどが考えられるが、なによりも植物体上の結露を直接観察、測定する方法が確立されていないことが大きい。今後は、より精密な測定装置による測定や測定方法の改善をふまえたうえで、微気象レベルでの各病害の発生生態についても検討していく必要がある。

引 用 文 献

- 1) 入江和己ら (1993): 植物防疫 47: 433 ~ 437.
- 2) 石井雅久 (2002): 農業技術 57: 222 ~ 226.
- 3) 金磯泰雄 (2000): 徳島農試研報 36: 37 ~ 45.
- 4) 岡田益己・島 良次 (1986): 農業気象 42: 51 ~ 55.
- 5) 松浦昌平ら (2004): 広島農技七研報 76: 11 ~ 17.
- 6) 佐瀬勘紀 (1995): 農業技術体系花卉編 3, 農文協, 東京, p. 509 ~ 512.
- 7) 関根崇行ら (2005): 北日本病虫研報 56: 44 ~ 47.
- 8) ———ら (2007): 同上 58: 46 ~ 53.
- 9) SEKINE, T. et al. (2007): J. Chem. Ecol. 33: 2123 ~ 2132.
- 10) 田口義広・百町満朗 (2006): 植物防疫 60: 224 ~ 228.
- 11) 八木祐介ら (2006): 日植病報 72: 321 ~ 322 (講要).

！ 近日発売！

「農薬概説 (2008)」

監修 農林水産省消費・安全局 農産安全管理課, 植物防疫課

独立行政法人 農林水産消費安全技術センター

B5 判 280 頁 定価 1,890 円 (本体 1,800 円) 送料 340 円

農薬取扱者が知っておかなければならない農薬に関する法令とその解説, 基礎知識についての詳細を掲載。

第 1 章 作物保護と農薬

- 1 作物保護の目的
- 2 病害虫と雑草による被害
- 3 病害虫・雑草による農作物の経済的損失
- 4 作物保護における農薬の位置づけ

第 2 章 植物防疫行政

- 1 農業と植物防疫
- 2 植物防疫行政の組織体制
- 3 病害虫発生予察事業
- 4 防除事業
- 5 農林水産航空事業
- 6 植物検疫

第 3 章 農薬行政

- 1 農薬行政の歴史
- 2 農薬行政の概況
- 3 農薬の登録
- 4 農薬の果たす役割
- 5 指導者の認定等

第 4 章 関係法令 解説

- 1 農薬に関わる法体系
- 2 農薬取締法解説
- 3 関係法令と動向
 - (1) 毒薬及び劇物取締法
 - (2) 食品安全基本法
 - (3) 食品衛生法
 - (4) 環境基本法
 - (5) 水質汚濁防止法
 - (6) 水道法
 - (7) 消防法
 - (8) 廃棄物の処理及び清掃に関する法律

第 5 章 農薬の一般知識

- 1 農薬の種類
- 2 農薬の特性
- 3 農薬の開発
- 4 農薬の生産と流通

第 6 章 施用技術

- 1 散布技術の基礎
- 2 施用 (散布) 方法

第 7 章 農薬のリスクと安全性評価

- 1 農薬のリスク
- 2 安全性評価
- 3 農薬リスクの実態

第 8 章 農薬の安全・適正使用

- 1 農薬使用者の責務
- 2 安全使用の基本事項
- 3 安全使用のための知識
- 4 使用上の諸注意
- 5 農薬散布時の飛散防止対策

第 9 章 病害虫・雑草とその防除

- 1 病 害
- 2 害 虫
- 3 雑 草
- 4 植物の生育調節

資 料

農薬取締法および関連する法令通知等