

特集：施設環境制御と病害防除〔1〕

施設環境制御による果菜類灰色かび病の防除

兵庫県立中央農業技術センター
 大阪府立農林技術センター
 和歌山県農業試験場
 鳥取県園芸試験場

いり
入
お
か
岡
ま
す
増
さ
佐

え
江
だ
田
だ
田
こ
古

かず
和
き
よ
清
よし
吉

み
己
つ
嗣
ひ
彦
い
さ
む
勇

はじめに

1973年の第一次石油ショック以降、園芸作物の施設栽培ではエネルギーの節減のために多重被覆や低温管理などが定着化し、好湿性病害の灰色かび病が恒常的に多発生しやすい環境にある。しかも、最近では施設野菜の作付けが排水不良の水田転換畑に広がるに従い、その被害は一層増大している。一方、灰色かび病に対するこれまでの防除の実態としては薬剤への依存度が高く、多発生環境下のために薬剤が過用されてきた。その結果、灰色かび病に卓効を示すベンズイミダゾール系薬剤やジカルボキシイミド系薬剤は、使用され始めてすぐに耐性菌が出現し、防除効果は激減した。薬剤耐性菌の普遍化は、多湿環境とともに灰色かび病の難防除化の要因となってきた。

このような状況をもとに、灰色かび病に対する発生抑制効果の向上と安定化を目指して、耕種的及び物理的な手法などを複合化した防除技術を検討した。ここでは、それらの中で施設の環境制御による防除技術を抜粋して、試験結果の概要を紹介する。

灰色かび病の発生環境要因としては、相対湿度と結露などによる植物体の濡れが大きな割合を占めている(手塚ら, 1983; 我孫子, 1992)。本試験では、最近開発された資材も利用して発病環境の改善と灰色かび病の発生抑制効果について、慣行の使用資材や栽培管理との比較によって明らかにした。

なお、本試験は「地域重要新技術開発促進事業(平成2年度～4年度)」として実施したもので、兵庫県がトマト、大阪府がナス、和歌山県がミニトマト、エンドウ、鳥取県がイチゴを担当した。

I 施設の被覆資材

多湿で発生する病害を抑制するために、施設の被覆資

材として防滴性あるいは防霧性のポリ塩化ビニルフィルム(以下、ビニルフィルムと略記)などが多く使用されているが、その性能は十分とはいえない。最近開発された流滴性資材や透湿性資材などを使用して、発病環境の改善を図った。

1 防曇・流滴性シート(外張り)

トマトの促成栽培で外張りの屋根面に防曇・流滴性シートを用い、防霧性のビニルフィルムと比較した。供試した資材は、流滴性能をもつジアセテート樹脂を張り合わせたポリカーボネート波状シート(ユーピロンファイン、以下、防曇シートと略記)で、界面活性剤を混和した従来のフィルムとは全く異質の素材である。

まず、防滴性についてみると、朝方でビニルフィルムにはまだ水滴が大量に付着している状態でも、防曇シートでは全く結露していないようにみえる(口絵写真a)。これは、防曇シート面の結露水が膜状に広がるとともに、シート面に沿って流下するため(図-1)、屋内での水滴の落下を阻止する。農薬の付着調査用紙を使って水滴の落下を午前10時から1時間調査した結果、ビニルフィルムでは10.4個/100 cm²の落下跡が認められたが、防曇シートは皆無であった。

また、防曇シートを使用したハウス内の夕方から翌朝までの相対湿度は、晴天時にはビニルフィルムより最大10%低く推移した。この湿度差は、主として天井面の結

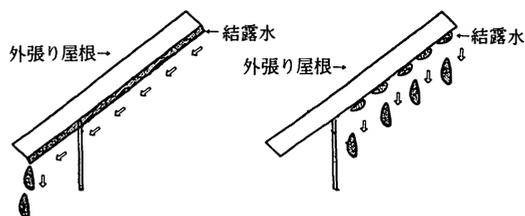


図-1 外張り天井面の結露状態と水滴の落下状態

左：防曇・流滴性シート(結露水は膜状となり、屋外に排出)

右：ビニルフィルムなど(結露水は滴となり、屋内に落下)

Control of Gray Mold (*Botrytis cinerea* PERSON) of Fruit Vegetables by Conditioning Environment in Green House.

By Kazumi IRIE, Kiyotsugu OKADA, Yoshihiko MASUDA and Isamu SAKO

露水の屋外への排出によるものと考えられる。天井面を流下する結露水を屋外で樋によって集め、その量を測定した。その結果、排水量は天候や気温によって一定ではないが、ハウス面積 100 m² 当たり 5.1~15.3 l/日にも及び、このシートが一種の除湿機の役割を果たしたものとみなされる。

そして、防曇シートにおける灰色かび病の発生は、発病葉率では対照のビニルフィルムの 40%、同様に発病花率では 30% にそれぞれ抑制された。培地暴露法による空中の捕そく菌量もビニルフィルムの 3~38% にすぎなかった。

2 保温性強化フィルム(外張り)

保温性強化ビニルフィルムは赤外域の光線透過率を 10% 前後に抑え、断熱性を向上させた被覆資材である(内藤, 1988)。イチゴの促成栽培で、保温性強化ビニルフィルム(ハウスホット)を外張りに、ポリオレフィン系透水性フィルムを内張りに用いた。保温性強化ビニルフィルムは夜間の温度が対照の外張り・防霧性ビニルフィルムより 1~2°C 高く推移し、収穫の開始も 6 日早く、収量は 12% 増となった。灰色かび病の発生は 2 か年の試験とも保温性強化ビニルフィルムが少なく、特に収穫前期において防霧性ビニルフィルムとの差が大きかった。なお内張りとの組み合わせでは、外張り・保温性強化ビニルフィルムと内張り・防霧性ビニルフィルムのハウスが最も低い発病果率を示し(表-1)、収量は外張り・防霧性ビニルフィルムの 19% 増となった。このように灰色かび病の発生抑制や収量の増加は、夜温を高く維持し、相対湿度を低下させたことが影響していると考えら

表-1 被覆資材によるイチゴ灰色かび病の発生抑制効果(1993年)

被覆資材		発病果率 (%)				総収穫果
外張り	内張り	1月下旬	2月上旬	2月下旬	3月上旬	
保温性強化ビニルフィルム	防霧性ビニルフィルム	7.5	0.3	1.4	0.3	1.2
保温性強化ビニルフィルム	透水性ポリオレフィンフィルム	6.8	5.4	2.7	3.7	3.9
防霧性ビニルフィルム	流動性ポリオレフィンフィルム	37.5	6.0	5.4	1.5	5.3

れる。

3 透湿性フィルム(内張り)

(1) ポリビニルアルコールフィルム

ポリビニルアルコールフィルム(PVA と略記)は素材自体が親水性で、吸放湿性や透湿性をもち、防曇性や防霧性に優れている(黒住, 1986; 内藤, 1988)。トマトやミニトマト、イチゴ、ナスの栽培ハウスの内張りに PVA (ベルタフあるいはベルキュスイ)を用い、ビニルフィルムやポリエチレンフィルムと比較した。

口絵写真 b に示すように、ビニルフィルムで多量に結露していても、PVA では全く結露がみられず、PVA からの水滴の落下はほぼ皆無に近い状態にまで抑えられる。ミニトマトで、感水試験紙を使用して水滴落下量を調査した結果、対照の防霧性ビニルフィルムは 1 日当たり 3 個/100 cm² の水滴落下跡が認められたが、PVA は皆無であった。またトマトでは、栽培方式や外張り資材、気象条件などが異なる 4 か所で試験し、水滴の重量の測定や農薬散布調査用紙で調査を行った。ミニトマトとほぼ同様の結果で、内張りの展張時での水滴の落下は 2 か所が皆無、1 か所が少量認められた。また、1 か所では内張りを開放したときにきわめてわずかな落下があった。水滴の落下が認められたハウスはいずれもきわめて多湿状態で、ハウスの骨材に結露した水滴が落下して PVA を貫通したか、PVA を飽和状態に保水させたためと思われる。

夜間の湿度はビニルフィルムなどと比較すると、ナスでは 5%、ミニトマトでは 3~5%、イチゴでは 1~2% 低かった。また、トマトでは最大 10% 程度低かったが、日中の湿度は逆に PVA が高かった(図-2)。これは、PVA が夜間に吸湿した水分を日中放出していることを示唆しており、PVA の吸湿性を十分に発揮させるには、日中にハウスの換気を行って PVA を乾燥させる必要がある。さらに天候との関係でみると、晴天で屋外の気温が低下したときに夜間の湿度差は大きく、曇天時は小さくなった。雨天時はビニルフィルム、PVA とともにほぼ飽和状態で推移した。

PVA の内張り、外張り天井面に結露水排出用の樋を組み合わせると、除湿機能は一層促進される。そのメカニズムは図-3のとおりである。すなわち、内張り内は外部より温度が高いため飽和水蒸気量は多く、絶対湿度も高い。そのため、内張り内の水蒸気は PVA を透過して、絶対湿度の低い内張り外との間へ移動し、外張りフィルムの内面で結露する。それらを排水用の樋(ツユトール、口絵写真 c)で集めて屋外に排出することにより、内張り内の水蒸気は連続的に屋外へ移動する。

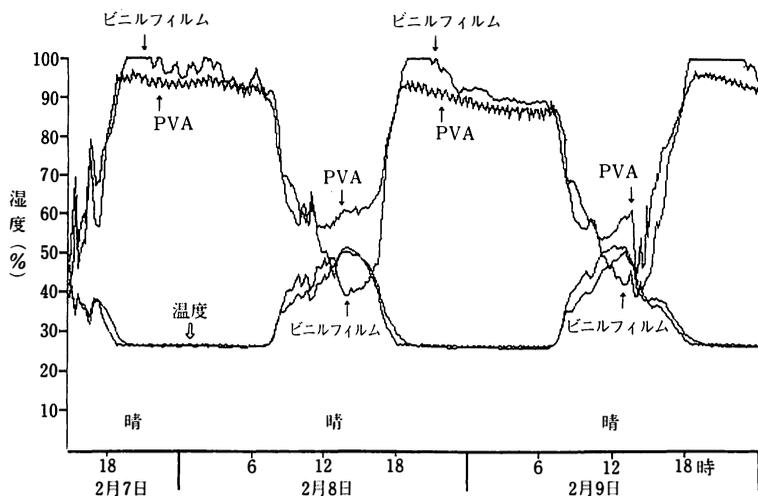


図-2 内張りフィルムの種類と内張り内の湿度推移 (1992年)

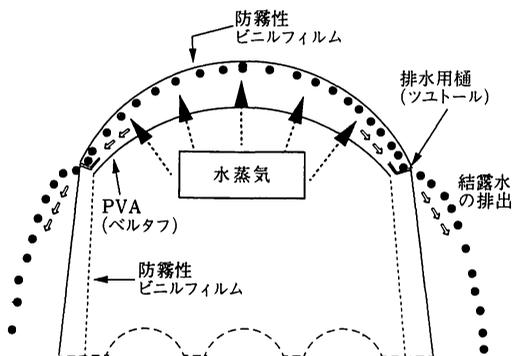


図-3 PVAの内張りと排水用樋による除湿の模式図

ミニトマトで排水量を測定した結果、内張りなしが最も多く、PVA、ビニルフィルムの順であった(表-2)。PVAとビニルフィルムの排水量の差、60 ml/m²は、PVAの透湿性に基づくものとみなされる。PVAとビニルフィルムとの除湿量の差を計算すると、透湿量に吸湿量を加えた80 ml/m²が、PVAとビニルフィルムの相対湿度の差、2～6%をもたらしたものと考える。

トマトではPVAの内張り単独でも除湿効果及び発病抑制効果は認められたが、排水用樋との併用によって湿度低下が大きく、その時間帯も広がった。結露水の排出量は、気象条件によって異なるが、11～12月における1日当たりの平均排水量は112 ml/m²であった。

灰色かび病の発生は対照のフィルムと比較し、ナスでは発病果実が1/2～1/3程度、ミニトマトでは葉が1/4程度、トマトでは葉と果実が1/2前後、花房が2/3程度にそれぞれ抑制された(表-3)。また、イチゴでも1月から

表-2 PVAの内張りによる除湿量(ミニトマト)

内張り資材	除湿機作	除湿量(ml/m ² *)
PVA	結露水の排出	240
	PVAの吸湿	
ビニルフィルム	結露水の排出	180
無	結露水の排出	290

*: ハウス面積当たり

表-3 PVAの内張りによるトマト灰色かび病の発生抑制効果 (1991～1992年)

内張りフィルムの種類	発病率率(%)		発病率率(%)		発病率率(%)		
	2/28*	12/26	1/7	1/23	12/26	1/7	1/23
PVA	14.2	17.9	30.5	14.9	3.2	4.5	5.0
ビニルフィルム	33.5	36.7	43.2	23.2	10.5	6.9	8.0

*調査月/日

3月までの収穫期間にわたって高い抑制効果が認められた。

なお、PVAの保温性はビニルフィルムと比較すると、無加温栽培のナスではやや劣った(0.5℃低い)が、加温栽培のミニトマトでは差が認められなかった。内張り展開時での照度は、ビニルフィルムに結露していない状態ではPVAと差がなく、結露している状態ではPVAが数%高かった。また、トマトにおいて収量を比較した結果、果実1個体当たりの重量はPVAがビニルフィルムより重く、特に収穫初期にその差が大きかった。ま

た、総重量も収穫全期間にわたって PVA がビニルフィルムを上回った。

(2) ポリエステル不織布

ナスの加温栽培ハウスで、外張りにビニルフィルムを用い、内張り資材として透湿性のポリエステル不織布(ラブシート)とビニルフィルムを比較した。夜間の相対湿度は対照のビニルフィルムが 100% に達したのに対し、ポリエステル不織布ではそれより約 5% 低く推移し、発病果率も 1/2~1/3 程度に軽減された。ポリエステル不織布は発病を抑制する効果があるが、透光性が低いので、作物の生育を考慮すると固定張りはもちろんのこと、日射量の少ない時期での使用は困難である。

II 灌水制御

ホースによる手灌水かチューブ灌水が一般的であり、気温の上昇時には省力的な方法として畝間灌水が行われている。これらの地表面への灌水は、水分が蒸発して湿度の上昇の原因となるが、特に畝間灌水は多湿状態を長時間持続させ、灰色かび病の多発生を招いている。水分の蒸発を抑制するための灌水方法やマルチとの組み合わせ効果について検討した。

1 地中灌水法

地中灌水法は、地中に埋設したチューブから作物の根圏に必要量だけ給水するため、地表面を乾燥状態に保つことができる。

ナスでは、多孔質ゴムチューブ(リーキパイプ)を 5~15 cm の深さの土中に埋設し、0.01~0.03 kg/cm² の圧力をかけて通水した。この方法で通水すると、チューブの水圧と土壌の水分張力のバランスで、水が少しずつしみ出す仕組みとなっており、Subsurface Moisture System あるいは Subsurface Dispersal System と呼ばれている。1990 年から 3 年間続けて試験を反復したところ、ハウス内の夜間の相対湿度は慣行の畝間灌水より 2~5% 低く推移し、特に曇雨天日においてその差は拡大した。また、発病果率は慣行に比較してきわめて低く(図-4)、顕著な発病抑制効果が認められた。

地中灌水した土壤での水分は、畝間灌水でみられるような極端な乾湿の変化もなく(岡田ら, 1992)、植物体への水分ストレスは認められなかった。土壤水分張力でみれば、地中灌水した区の土壤水分が畝間灌水より高い状態にあっても、ハウス内の相対湿度は逆に地中灌水のほうが低いことがわかった。

ミニトマトでは、暗渠排水用のコルゲート管に灌水チューブを通し、20 cm の深さに埋設した。17 時から翌朝 6 時までの相対湿度は、慣行の灌水チューブ、畝面マ

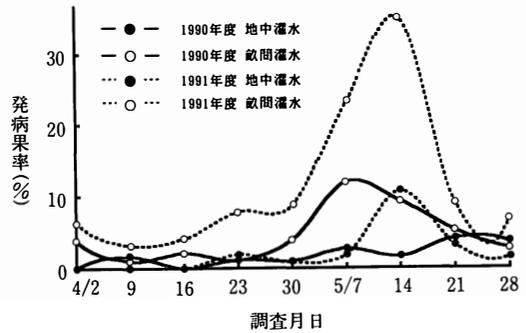


図-4 灌水方法の違いとナス灰色かび病の発生推移 (1990, 1991)

ルチより平均 6% 低く推移し、最高相対湿度は地中灌水が 92% 以下、慣行では 95% 以上であった。少発生条件下での試験であったが、灰色かび病の発生は地中灌水が慣行の灌水チューブ、畝面マルチより少なく推移した。

またミニトマトでは、多孔質ゴムチューブ(PF2を基準に灌水)も使用して収量、品質への影響をみた。いずれの地中灌水方法とも、収量は対照の 3~10% 増で、裂果率も低かった。果重や果形、糖度に差はなかった。

2 チューブ灌水とマルチ

ナスでは、チューブ灌水と全面マルチを組み合わせると、ハウス内の夜間の相対湿度は地中灌水と同程度に抑制され、対照の畝間灌水、畝マルチより 2~5% 低かった。地中灌水ほどの発病抑制効果は得られなかったが、畝間灌水、畝マルチと比較し、発病は 1/2 以下に抑えられた。

III 換気

エンドウ栽培では、冬季の曇雨天時に湿度が日中に 95% 以上、気温 15~20°C となり、発病に好適環境が持続する。発病を抑制するには、日中が曇雨天で低温条件でも換気が必要と考え、光センサー利用の変温換気システムを開発した。すなわち、サーモスタットを 8,000 lx 以上では 20°C、8,000 lx 以下では 15°C に設定し、天候によって換気扇の作動温度が変わるようにした。曇雨天時における日中のハウス内の湿度は、対照のハウスより 20% 以上低下し(図-5)、葉の被害やがく枯れ症状は著しく減少した。しかし、この換気方法ではエンドウの開花始めがやや遅れたので、間欠タイマーで 3 分間に 20 秒間の割合で換気扇を作動させ、換気による気温の低下を緩和した。このシステムでも換気効果は十分であり、生育遅延もなく、発病抑制効果も高かった。

イチゴでは換気の温度設定を変えることによって、発

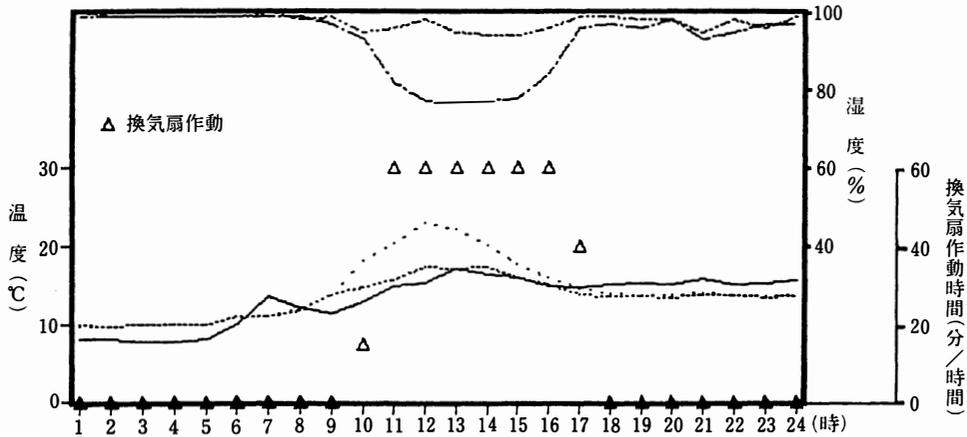


図-5 曇天日における光センサー変温換気ハウス内の温湿度変化(エンドウ)

— : 外気温, : 試験ハウス温度(15°Cで換気), ···· : 対照ハウス温度(20°Cで換気)
 ---- : 試験ハウス湿度(15°Cで換気), -·-· : 対照ハウス湿度(20°Cで換気)

病抑制効果が得られた。慣行の管理は20°Cで内張りを、その後の温度の上昇で外張りを開放するのに対し、除湿管理は15°Cで内張りを、20°Cで外張りを開放した。その結果、除湿管理の相対湿度は慣行管理より最大10%低く推移し、発病果率も慣行管理の1/3程度に抑制された。

IV 送風と温風

1 送風

高湿度となる夕方から翌朝まで、連続して送風すると発病が抑えられる。トマトの株全体に風が当たるように、19時から翌朝9時まで扇風機で送風した。送風時には空中の捕そく菌量は、無送風時の約2~5倍に増加するにもかかわらず、送風を10日間続けると送風区の実果率は無送風区の40~50%に、17日間続けると28~58%に抑制した。これは、送風が植物体表面における湿度の低下や結露を妨げ、灰色かび病の感染、発病を減少させたものと推察される。

2 温風

イチゴの小型ハウス(5×30m)で、送風機のファンの口に石油ストーブまたは小型温風機(2,580 kcal)を設置すると、温度は2.0~2.5°C上昇し、相対湿度は7~8%低下した。送風する時間帯は0~3時より19~21時のほうが湿度は効率よく低下し、相対湿度が100%の状態を3時間程度中断できた。

さらに、温風処理と灰色かび病菌の伝染源となる下葉の摘除を組み合わせると、発病抑制効果は高まった。2月から3月中旬までの発病果率は対照区が1~10%であったのに対し、温風処理と下葉摘除の組み合わせ区は全く発病が認められなかった。

おわりに

以上紹介した環境制御技術は、栽培地域や作型、培土の種類、栽培管理方法、気象、施設の規模や構造など様々な条件によって、得られる効果は一様ではないし、適用性も異なる。これらの技術を利用する場合には、導入する目的や条件、経済性なども十分考慮しなければならない。一方、作物が違っても灰色かび病の発生環境は共通しているので、他の野菜や花き、果樹の施設栽培にもこれらの環境制御技術がかなり生かせるのではないかと思われる。

発病環境の改善は灰色かび病の防除の基本であるにしても、単一の技術だけでは発病抑制に限界がある。安定して高い防除効果を得るためには、罹病組織の除去やマルチなどの基本技術に加え、他の防除方法、例えば紫外線除去フィルムの被覆(入江・西村, 1987)や花殻除去(増田・家村, 1993)、薬剤の部分散布(家村・増田, 1991; 入江, 1993)などとの複合化を図り、個々の栽培条件に適合した技術の組み立てが必要である。

引用文献

- 1) 我孫子和雄(1992): 病害防除の新戦略, 全国農村教育協会, 東京, pp. 212~216.
- 2) 家村浩海・増田吉彦(1991): 関西病虫研報 33: 134(講要).
- 3) 入江和己・西村一郎(1987): 兵庫農総セ研報 35: 59~64.
- 4) ———(1993): 関西病虫研報 35: 112(講要).
- 5) 黒住 徹(1986): 今月の農業 30(11): 74~78.
- 6) 増田吉彦・家村浩海(1993): 関西病虫研報 35: 103.
- 7) 内藤文男(1988): 今月の農業 32(5): 30~38.
- 8) 岡田清嗣ら(1992): 関西病虫研報 34: 73.
- 9) 手塚信夫ら(1983): 野菜試報 A11: 105~111.