

園芸用ハウスにおける湿度環境改善に関する研究 (第1報)

被覆資材と霧の発生について

黒住 徹・川島 信彦

Studies on the Improvement of Moisture Environment in the Greenhouse. 1.
The relation between covering materials and fog formation in the greenhouse

Tooru KUROZUMI and Nobuhiko KAWASHIMA

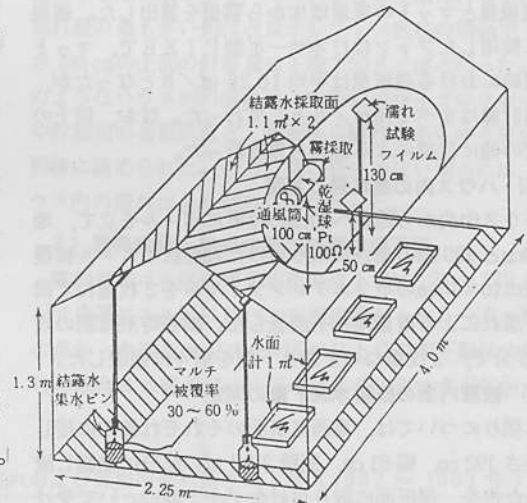
緒 言

野菜や花きにおける病害の発生に湿度が大きく関与していることは古くから指摘されており、うどんこ病などの例外を除き、湿度の低下が病害の抑制につながる事が知られている。施設内の湿度を上げるためには、換気による方法をはじめ、マルチの使用や地下水位制御によって地表面からの蒸発を抑制する方法があり、より積極的には暖房によって温度を上げるか、除湿機を使用する方法も考えられる。また、松川ら²⁾によると、透湿性の内張り資材を用いると被覆外へ水分が透過することが確かめられ、被覆資材の選択によってハウス内の環境が改善できる可能性が示されている。

一方、西ら³⁾は多湿環境の中で最も問題となるのは作物の濡れだとしている。それによると、一般に作物の濡れている状態が4~5時間以上持続しなければ、病害の発生が極めて少ない。また、霧の出るハウスは作物が濡れているため、病害の発生が多くなるとして、農家に嫌われている。そのため、資材メーカーによって霧抑制ビニルが開発されるなど、資材面の改良も進められている。このような被覆資材の使用によって、作物の濡れを抑えることがどの程度可能であるかは重要な問題である。特に、無加温パイプハウスの圧倒的に多い生産現場からは、簡易でコストのかからない過湿害防止法の確立が切望されている。

ハウス内の霧と被覆資材との関係についての報告は、堀口ら¹⁾によるものが注目されるのみである。しかも、霧の定量的測定やハウス内の濡れとの関係を調査した事例は見出せない。本報告では、被覆資材と霧の発生およびハウス内の濡れなどの関係を明らかにする。さらに内張り資材については、不織布とPVAフィルムの二種の透湿性資材の特性や冬期の内張り被覆内における、霧発生による濡れ量の推移についての調査結果も報告する。

実験方法

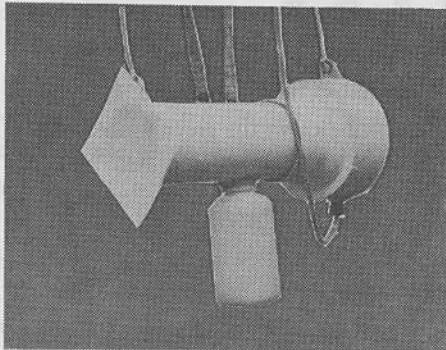
1. 小型ハウスにおける実験
(1) 実験ハウスの概要

第1図 小型実験ハウスの概要

第1図に示した南北棟で間口2.25 m、奥行4 m、床面積9 m²、屋根勾配30度の無加温ハウス4棟を使用し、外張りおよび内張り資材を順次張り替えて調査した。また、内張りはハウス壁面より20 cmの位置で被覆した。なお、試験は原則として無加温で行ったが内張りの場合のみ、他の試験目的のため、霧発生の観察後20時から6時にかけて600 Wの電気ヒータを使用した。霧の源となる水は、マルチ上に設置した面積が計1 m²のバット内の水

と、地面の露出部分から得た。霧量の調整は普通ビニル区で適度の霧が発生するように、マルチの被覆率を30%から60%の間で変化させて行った。

(2) 霧量の測定



第2図 通風筒による霧の採取

第2図のように、温度測定用の通風筒の吸引口(内径7cm)に10×10cmの吸湿性マットを10分間置き、その間の通風量とマットの重量増加から霧量を算出した。通風筒に使用したファンは日本サーボ製PIXEで、マット設置時における通風量は平均10.26 m³/hとなったが、霧量計算はすべて10 m³/hとして行った。なお、以上の測定の他に目視による観察も常時行った。

(3) ハウス内の濡れ量の測定

ハウス中央から西側へ50cmの位置にポールを立て、地上50cmと130cmの高さに取り付け付けた渦巻状のビニル被覆鉄線に10×10cmのポリエチレンフィルムを2枚重ねて置き、濡れによる重量増加を調査した。調査時刻は朝の8時45分で、2枚重ねの上側と下側を別々に採取した。

(4) 被覆内面の結露水流下量の測定

外張りについては、東西屋根面のそれぞれ棟木に接した長さ192cm、幅61cm、面積2.22 m²の部分に結露し流下した水を、屋根面に取り付けたアルミ製のといで受け集水びんに導き、9時と17時にその量をメスシリンダーで計った。また、内張りについても、計1.8 m²の部分について同様に測定した。

(5) 気温および湿度

気温は測温抵抗体(Pt 100 Ω)により、ハウス中央の地上1mの高さで通風筒を使用して測定した。また、湿度は湿球温を気温と同様に測定して算出した。

2. 内張りトンネルにおける実験

(1) トンネルの概要

FRA(ガラス繊維強化アクリル板)張りのハウス内に、間口2.2m、高さ1.3mの大型トンネルを作り、4.5

mごとにビニルフィルムで仕切をして異なるフィルムを被覆した。また、試験区は8区とした。被覆は1983年11月から1984年3月まで行い、内部でレタスを栽培しマルチは使用しなかった。

(2) 被覆後期間による濡れ量の変化

濡れ量はトンネル内中央の地上50cmの高さに設置した、10×10cmのポリエチレンフィルムの濡れによる重量増加より求めた。測定は被覆期間中はほぼ毎日行った。

3. 供試資材

第1表に示した通りで、小型ハウスによる実験では外張り資材9種、内張り資材5種を使用し、内張り資材比較時の外張り資材は普通ビニルを用いた。トンネルによる実験では内張り資材8種を用いた。これら資材の中には一部、試作品も含まれている。この中で、改良オレフィンにはポリエチレンや農サクビと同様ポリオレフィン系フィルムであるが、これらより保温性や耐候性を高めた資材を指す。また、PVA加工フィルムは、PVA(ポリビニルアルコール)フィルムを延伸、割織し、積層接着したものである。

第1表 供試資材

	資材名	厚さ(mm)	種類
外張り	普通ビニル	0.1	1
	1年経過普通ビニル	0.1	1
	霧抑制ビニル	0.1	4
	改良オレフィン	0.1	3
小型ハウス			
内張り	普通ビニル	0.05	1
	霧抑制ビニル	0.05	1
	改良オレフィン	0.05	1
	不織布	0.12	1
	PVA加工フィルム	0.05	1
内張りトンネル	普通ビニル	0.05	2
	霧抑制ビニル	0.05	2
	改良オレフィン	0.05	2
	ポリエチレン	0.05	1
	農サクビ	0.05	1

第2表 測定時間帯の平均気温(°C)

測定内容	普通ビニルA, 霧抑制ビニルB~D		普通ビニルA, 改良オレフィンE~G	
	外気温	室内気温	外気温	室内気温
霧量	4.5	7.5	8.5	10.5
ハウス内濡れ量	2.8	3.2	-0.8	-1.2
結露水流下量 (夜間)	3.4	3.9	1.6	2.1

実験結果

1. 小型ハウスにおける実験

(1) 外張り資材と霧の発生

霧の発生は多くの場合日没と共に始まり、その後長い場合は朝方まで観察された。さらに、改良オレフィン区では曇天時には場合によって昼間でも霧の発生が見られた。また、霧は常に被覆資材面から発生しているように観察された。各観測時間帯の平均外気温およびハウス内平均気温を第2表に示した。

1) 外張り資材の種類と霧量

資材による霧量の違いは第3表の通りである。ビニル間の比較でみると、霧抑制ビニル区は普通ビニル区に比べ霧量は非常に少なかった。1983年1月13日17時の測定では、普通ビニル区の霧量が0.14 g/m²であったのに対して、霧抑制ビニル区ではBが0.04 g/m²、他の2種はいずれも0.01 g/m²で、30%または10%以下の量にすぎなかった。一方、改良オレフィン区ではEを除き霧量

が多く、普通ビニル区の2~3倍の量となった。Eの霧量は被覆当初少なかったが、被覆後10日以降では増加し、Fと同程度となった。

2) 霧量と施設内の濡れ

ハウス内に設置したポリエチレンフィルムの濡れは、霧量に比例して多くなった。また、地上130 cmの方が50 cmよりも濡れ量が多く、その大部分が上面に付着した。濡れ量の最も多い例は改良オレフィン区Gの場合で、高さ130 cmの上面の付着量は1晩で50 g/m²となった。このようなハウス内の濡れは、内張用のパイプのフレームや計測用の通風筒など、地面から離れたあらゆる部分で同様に認められた。一方、霧の発生のない場合には、ハウス内の濡れは全く認められなかった。

3) 霧発生量と屋根内面の結露水流下種

霧抑制ビニル区の霧発生夜の流下量は123~129 g/m²で普通ビニル区に比べ30%程度多かった。一方、霧量の多かった改良オレフィン区FとGの流下量は少なく、Gの場合には普通ビニル区のおよそ60%にすぎなかった。

第3表 外張り被覆資材と霧の発生、ハウス内の濡れおよび屋根内面結露水流下量(1982~1983年)

	測定日時	普通ビニル				測定日時	改良オレフィン				
		A	B	C	D		A	E	F	G	
霧量 (g/m ²)	1/13 17:00	0.14	0.04	0.01	0.01	1/27 17:10	0.11	0.03	0.23	0.34	
ハウス内の濡れ (g/m ²)	地上 130 cm 上面	1/13	35	11	2	2	1/25	7	2	12	50
	130 cm 下面	}	4	0	0	0	}	0	0	0	3
	地上 50 cm 上面		13	0	0	0		1	0	1	31
	50 cm 下面	1/14	0	0	0	0	1/26	0	0	0	0
屋根内面 結露水 (g/m ²) 流下量(17:00~9:00)	全日平均	12/21	156	200	190	183	1/26	235	246	181	135
	霧発生夜	1/14	97	129	123	124	2/2	114	119	92	67

注) B, C, DとE, F, Gは測定期間が異なるので直接の比較はできない。

4) 被覆後一年経過した普通ビニルと霧の発生

普通ビニルを約一年間被覆すると流滴性(防曇性)がほとんどなくなり、フィルム面からの水滴の落下もかなり見られた。しかし、第3表に示したように、霧量と霧による濡れ量は同じビニルを新しく被覆したハウスより少なかった。そして、この古ビニルの霧抑制効果は霧抑制ビニルと同程度であった。

第4表 被覆後1年経過した外張りビニルと霧の発生
(1984年1月)

	1年経過 被覆直後		
	普通ビニル*	普通ビニル	霧抑制ビニル
霧量 (g/m^2)	23	55	39
濡れ量 (g/m^2)	130 cm	27	44
	50 cm	1	9

* 流滴性をなくしている。

5) 霧発生と施設内温度

ハウス内の温度および湿度に関しては、霧量の影響は認められず、霧抑制ビニル区と普通ビニル区のいずれも同じ温度、湿度で推移した。また、湿度は常に日没と共に上昇し、いずれも100%となった。

(2) 内張り資材と霧の発生

第5表に5種の内張り資材の霧の発生程度および内張り内面と外張り屋根内面の結露水流下量を示した。これらのうち最も多く霧が発生したのは、外張りの場合と同じく改良オレフィン区で、ついで普通ビニル区、霧抑制

ビニル区と続き、順に内張り内面の結露水流下量が多くなった。また、加温時には霧の発生はみられなかった。

不織布区とPVA加工フィルム区の場合は、多湿条件下でも霧の発生は認められなかった。これらの資材では、

第5表 内張り資材と霧の発生及び被覆内面結露水流下量
(1982年3月)

内張り資材	霧の発生程度	結露水流下量 (g/m^2 17:00~9:00)	
		外張面	内張面
改良オレフィン	多	74*	54
普通ビニル	普通		67
霧抑制ビニル	少		98
不織布	なし	252	—
PVA加工フィルム	なし	233	—

* 内張りと外張りとの間の地面からの蒸発による

内張面は湿りをおびるだけで、水が流下することはなかった。一方、外張り屋根内面での結露水流下量は非常に多く、一晩当たり、230~250 g/m^2 の水が流下していた。また、ビニルなどのフィルムを内張りに使用した場合も、内張りと外張りとの間の地面から蒸発した水分に由来すると思われる外張り屋根内面の結露水流下が一晩当たり平均80 g/m^2 程度あった。なお、結露水流下量の測定時間帯の平均外気温は1.3°C、カーテン内(18時~6時加温)平均気温は10.5°Cであった。

第6表 被覆後期間による内張り内の濡れ量の変化

(1983年11月17日被覆)

被覆後期間	濡れ量 (g/m^2)						濡れ量の少ない順位					
	1~7日	~14日	~30日	~60日	~90日	~128日	1~7日	~14日	~30日	~60日	~90日	~128日
内張り資材	霧抑制A	5	14	1	5	6	3	2	1	1	1	1
	" B	15	37	18	28	17	9	4	3	2	2	2
	普通C	3	14	29	37	31	29	1	1	3	3	6
	" D	11	68	86	60	42	27	3	4	7	7	5
ポリオレフィン系	農サクビE	48	80	70	55	40	18	6	7	4	4	3
	ポリエチレンF	56	82	92	62	48	35	8	8	8	8	7
	改良G	35	78	70	57	47	32	5	5	4	6	7
	" H	52	79	82	55	49	25	7	6	6	4	8

2. 内張りトンネルにおける実験

被覆後期間による濡れ量の変化は第6表に示したとおりである。霧抑制ビニル区Aでは、ほぼ全期間最も濡れ量が少なく、逆に、ポリエチレン区Fは全期間を通じて最も濡れ量が多かった。一方、他の6種の資材では被覆期間によって、資材間の相対的な量に変化が生じた。特に、被覆初期の濡れ量の少なかった普通ビニル区Dでは1週間後にはポリオレフィン系フィルム区と同程度となった。

考 察

1. 霧発生のしくみ

実験によって明らかになった2つの事実、すなわち、霧が被覆資材面から発生していることと、霧の発生量が多いハウスほど屋根内面における結露水の流下量が少ないことから、一般にハウス内で起る霧発生はおよそ次のように説明することができるであろう。

被覆資材面は普通、室内空気露点温度より低く、そのため常時結露、水滴がくり返されている。さらに、夕方になると室温は急に低下し、それに伴って湿度も100%になる。この時、被覆資材面で露点温度以下に低下し、過飽和となった水蒸気の多くは結露するが、結露しきれない部分が微細な水滴となって空気中に放出され、湿度がほぼ100%の空气中で再蒸発することなく施設内を漂う。これがすなわちハウスにおける霧の発生と考えられる。また、別の霧の発生過程として、耕うん時など、地面が多湿で、地温が高く蒸発量の多い場合には、被覆資材と直接関係なく、地面から霧が発生する場合も観察される。このように、霧の発生しやすい条件として、被覆資材の結露の際の水分子吸着性が低いことと、地面が多湿で作物の葉面積が大きく、そのうえ土壌への蓄熱が多いなどによって、蒸発散量が多いこと、および、夕方以降の冷え込みの大きいことがあげられるであろう。

2. 霧発生とハウス内の濡れ

実験では霧量とハウス内に設置したポリフィルムの濡れ量とは比例関係がみられた。著者らは実際の栽培においてもイチゴやキクの葉の濡れが霧の発生によって生ずることを観察によって確認している。ポリフィルムの濡れが上面に多かったのは霧が屋根面から降下するためではないかと考えられる。また、低い位置での濡れ量が少なかったのは、地表面に近い方が霧量が少なかったか、無加温ハウスでは地表面付近の気温が高いことや、ハウス内の対流が影響したとも考えられる。

ハウス内の濡れの原因は、栽培条件下においては霧の発生以外に、屋根内面や内張りからの水滴の落下も重要であろう。さらに、作物の体温が朝方など気温の上昇時などに、ハウス内空気の露点温度以下となり、結露が起る現象や、作物自身の溢泌によるものもあげることができる。これらのうち、長時間にわたって花や葉を濡らす原因は、霧の発生および被覆からの水滴の落下が考えられる。したがって、地面からの蒸発を防いだり、霧のにくい被覆資材を選ぶこと、および水滴を落下させないように資材を被覆することが、作物の濡れを防ぐための重要なポイントとなるであろう。

3. 流滴性（防曇性）と霧抑制効果

堀口ら¹⁾はフィルムの濡れ角と水滴の付着性について、濡れ角が小さいほど、つまり、流滴性が高いほど流下水量が多く霧発生が少ないとしている。しかし、今回の実験結果は必ずしもそのことを支持していない。すなわち被覆後約1年経過し、流滴性がなくなった普通ビニル区の霧量は、濡れ角の小さい新しい普通ビニルに比べきわめて少なかった。さらに、同様の現象は改良オフレインでも観察されている。また一方では、霧抑制ビニル区では、濡れ角の小さい被覆直後から霧量が少なかったという事実もある。したがって、結露水の流下量は流滴性と別の側面からもとらえなおす必要があるであろう。

4. 霧抑制効果の持続性

被覆資材の霧抑制効果は被覆期間中維持される必要があり、内張りの場合、11月から3月までの5カ月間程度が一般的であろう。内部の濡れ量から評価した各資材の霧量は必ずしも被覆期間中一定でなく、被覆中に著しく増加するものもあった。したがって、霧抑制効果は被覆初期における観察だけでは正確な評価はできないので注意を要するであろう。

5. 被覆資材別の特性と使用上の問題点

ビニルの場合、商品によって霧抑制効果、流滴性の持続力、べたつきの程度が違っているが、必ずしもすべての特性を満足させることは難しいようである。また、結露水をハウス内に落下させないことが必要で、とくに霧抑制ビニルは流下量が多いのでより重要となるだろう。霧抑制ビニルの流下量は床面積1000㎡、表面積1400㎡のハウスに換算すると1晩当たり175ℓ程度で、普通ビニルに比べ40ℓほど多いことが結果から推定できる。ポリオレフィン系資材はビニルに比べ一般に霧量が多いことが欠点といえる。しかし、第2表の改良オフレインEのように、一時的にしる霧抑制効果が見られたこと

は、ポリオレフィン系資材でも改良によって霧抑制資材にできる可能性を示したものと注目したい。

不織布やPVAフィルムなどの透湿性資材を内張りにした場合、霧発生が全くみられず、屋根内面の結露水流量が非常に多いことから、内張外へかなりの水分を透過していることが明らかである。冬期にハウスを外気温に比べ9°C程度加温した場合、その量はビニルなどの資材との差から推定すると、1晩(17:00~9:00)当り、平均160 g/㎡程度とみられる。この量は床面積1000㎡、表面積1400㎡のハウスに当てはめると、1晩で200ℓ以上の水分が内張りの外へ排出されていることになる。その他、これらの透湿性資材は資材面からの水滴落下の心配がほとんどなく、水平張りも可能であるという特長も備えている。しかし、不織布の場合、光線の透過率が60%前後と他の資材に比べ低いので、毎日の開閉が前提となり、そのための手間や保温上不利な面も考慮に入れる必要があるだろう。また、PVA加工フィルムの場合、光線透過率は90%程度あるが、乾燥時にかなり収縮するうえ柔軟性をなくし、周囲が巻き上るなどの欠点がある。したがって、固定法にかなりの工夫が要求され、特に既製の開閉装置に取り付けることは難しいようである。

6. 今後に残された問題点

著者らが行ったレタスの栽培試験や、農家におけるイチゴの調査でも、霧抑制ビニルで被覆したハウスでは、葉面や果実の濡れが明らかに少ないことが確かめられているが、病害や生育に対する影響については不明な点が多い。また、栽培条件や気象条件によって霧の発生が問題とならない場合もある。したがって、今後、実際栽培において、被覆資材の違いによる霧発生や作物に対する影響を広い作目について調査するとともに、マルチの使用やワラによる吸湿など他の除湿法との関連についても明らかにしていきたい。

摘 要

園芸用ハウスにおける被覆資材と霧の発生およびハウス内の濡れなどの相互関係を調査した。

1. 被覆資材の種類によってハウス内の霧量は大きく異なり、ポリオレフィン系フィルム>普通ビニル>霧抑制ビニルの順に多かった。不織布やPVA加工フィルムなどの透湿性資材を内張りに用いた場合、多湿条件下でも霧の発生は認められなかった。

2. ハウス内の濡れ量は霧量に比例して多くなった。また、地面より高い位置での濡れ量が多かった。

3. 屋根内面における結露水の流量は霧量の少ない資材ほど多く、霧抑制ビニルはポリオレフィン系のおよそ2倍あった。

4. 約1年間被覆して流動性がなくなった普通ビニルは、霧抑制ビニルと同程度の霧抑制効果が認められた。

5. 霧抑制ビニルで被覆したハウス内の気温と湿度は、普通ビニルで被覆した場合と同じ値で推移した。

6. 霧抑制効果は資材によっては被覆期間中に大きく変動する場合もあり、被覆初期における観察だけでは正確な評価はできなかった。

7. ハウスにおける霧発生は、被覆資材内面で過飽和となった水分のうち、結露しきれなくなった部分が微細な水滴となってハウス内を漂うことによって起ると考えられた。

引用文献

- 堀口郁夫・谷 宏・川村明史 1983. ビニルハウス内のモヤ発生とフィルム特性との関連について. 農業気象 39(1): 3-8.
- 松川基史・吉留英雄・森山純弘・神 福美 1983. ポリビニルアルコール系被覆材の基本物性(第2報) 昭和58年度日本農業気象学会近畿支部大会 講演要旨 27-28.
- 西 泰道・我孫子和雄・手塚信夫・野場和徳・渡辺康正・国安克人・岸 国平 1979. 環境制御による施設野菜の病害防除に関する研究. 「高効率施設園芸に関する総合研究」. 試験成績書141-151. 農林水産技術会事務局.

Summary

The investigation was made on the interrelation between covering-materials, and the fog formation and the dew formation in the greenhouse.

1. The fog formation in the greenhouse varied with the kinds of the covering materials. As far as the volume of fog was concerned, polyolefin film had the biggest volume, followed by ordinary PVC film, and fog suppressive PVC film the smallest. In case non-woven fabric or processed PVA film was used for the internal curtain, the fog formation did not occur even if the inside of the greenhouse was wet.
2. The dew in the greenhouse increased in proportion to the volume of fog, and was more formed at the high spot.
3. The less fog was formed with the covering-material, the more droplets flowed down the inside of the roof surface. The volume of the droplets was $123\text{-}127\text{g/m}^2$ during one night when the greenhouse was covered with fog suppressive PVC film, and it was about twice as large as that which was marked with polyolefin film.
4. The ordinary PVC film lost droplet-flowing property about a year after it had been used, while it got fog-suppressive property.
5. The temperature and the humidity in the greenhouse covered with fog suppressive PVC film stood at the same values as those in the greenhouse with ordinary PVC film all day long.
6. It was hard to judge the fog suppressive ability only from the observation at the beginning of covering, for the ability proved changeable in the covering period.
7. In the greenhouse surplus moisture changed into water condensation owing to super saturation on the covering-materials. It was considered that fog was formed because of floating corpuscular water-drops caused by the remaining moisture.

正 誤 表

訂 正 箇 所	誤	正
表 紙 6 項 目 目	入室加温時間	入室加温時期
P 1 6 図 面		第 13 図
P 2 6 左上から10行目	散光線 F R A	散光性 F R A
P 3 1 右上から14行目	結露水流下種	結露水流下量
P 3 3 右下から2行目	第 2 表	第 3 表
P 5 2 左下から5行目	カンパニユウ	カンパニユラ
P 8 1 上 部 見 出 し		P 79 上部参照
P 8 3 上 部 見 出 し	塚本圭一	堀本圭一
P 8 3 第 1 図 経 線 部	遊 走 数	遊 走 子 数