

高温多湿条件を利用したイチゴうどんこ病の防除

岡山健夫・杉村輝彦・松谷幸子

Effects of heat and high humidity treatment on the occurrence of strawberry powdery mildew
(*Sphaerotheca macularis*)

Ken-o OKAYAMA, Teruhiko SUGIMURA, Sachiko MATSUTANI

Summary

For establishing a control measure of strawberry powdery mildew, the effect of temperature on the disease development were investigated by using runner-tip plantlets of strawberry. The control effect of heat treatment was examined with the runner plants. Runner-tip plantlets were attacked severely by the fungus at 20-25 °C, but no plantlets were infected at 30-35 °C. When diseased runner plants were incubated at 30-35 °C, 3,000 lux, 12 hr photoperiod for a week, conidia on diseased leaves were observed to shrunk and germinated rarely.

When potted diseased plants were watered adequately, put into vinyl bags and incubated at 30-32 °C for five days, mycelial colonies on diseased leaves disappeared, indicating that the disease could be controlled at this temperature regime.

Plastic tunnel and capillary watering were set in a vinyl-covered house for heat and high humidity treatment, and potted plants were put into the tunnel. Maximum temperature inside the tunnel was kept at 30-35 °C by ventilating with a fan. When potted diseased plants were kept in the tunnel, the disease was suppressed effectively even after the plants were transplanted to the bed for fruits production in the vinyl-covered house. The control effect of the treatment was increased by spraying with myclobutanil or DBEDC before the treatment. Maintaining high temperature in the vinyl-covered house was difficult in November, because of insufficient temperature and humidity, hence the disease was poorly controlled.

Key words : *sphaerotheca macularis*, strawberry, powdery mildew, heat treatment, humidity, temperature, control.

緒 言

イチゴうどんこ病の発生は、“とよのか”の栽培面積が増加するに伴って拡大し、イチゴ生産の重要問題になっている。本病に罹病した果実は、商品価値が失われるので、実被害が激甚である。防除対策として、主にDMI剤による薬剤散布が行われているが、DMI剤は耐性菌が出現しやすく、効力が低下する傾向が認められている^{1, 3, 4)}。

本病は秋から春にかけて発生し、真夏には菌そうが消失するが、秋になって再び発生するので、この状態が潜在感染と考えられている。秋の発生は、夏が高温に経過した年には遅れ、逆に冷夏年には多発する傾向がある。このように発病には温

度の影響が大きく、発病適温は15~20°Cで、高温になると発病が抑制される。このため、ハウス内の高温管理による発病抑制がハウス内で試みられたが、効果が不十分であり、実用化には至らなかった¹⁾。また、数種のうどんこ病菌は温度だけでなく湿度の影響も受け、毎日の水散布で発病が抑えられることが知られている⁶⁾。

ここでは、ランナー先端小葉および発病小苗を用いて^{4, 5)}、子苗の高温多湿処理による発病抑制に及ぼす有効温度および処理期間を明らかにできたので報告する。

材料および方法

供試品種 品種“とよのか”を用い、ランナー先端小葉は各処理当たり、6～10本を供試し、リーフディスクは若い発病葉を直径10mmに切り取って処理当たり15切片を用いた。子苗の温度処理には直径9～10.5cmの鉢植え苗を用い、処理当たり6～10株を供試した。

供試菌および接種 農試場内から採取したうどんこ病菌を用い、各実験には同一圃場から罹病果実または罹病葉上に形成した分生子を蒸留水に懸濁して用いた。接種は 10^5 孢子/mlに調整した胞子液をランナー先端小葉に噴霧接種し、20℃の人工気象器内に静置して発病させた。罹病子苗は農試場内の自然感染苗を用いた。

培養条件 発病を抑制する温度条件の解明には、人工気象器（日本医科機械社製）を用い、設定温度を20, 25, 30, 33, 35℃の5段階とした。接種直後のランナー先端小葉は、8日間所定温度に置き、その後20℃に移して1週間経過させて発病を促した。発病したランナー先端小葉は、接種1週間後に発病を確認後、所定温度の人工気象器内に静置した。ランナー先端小葉はいずれも直径15mm、縦150mmの試験管に10mlの蒸留水を入れ、シーロンフィルムで封じた。

人工気象器を用いた子苗の高温処理は、高率に発病した罹病苗をビニル袋に入れ、25, 30, 32, 35℃の4段階の温度条件に7日間経過させた。各処理温度当たり6株を供試した。高温多湿条件における罹病苗の処理は、灌水後プラスチック容器に入れ、多湿状態に保って、25, 30, 32, 35℃の4段階に設定した人工気象器内に5日間置いた。各処理温度当たり12株を供試した。各実験時の照明は1日当たり12時間、3,000luxとした。

ビニルトンネルと底面給水を利用した高温多湿処理

ビニルハウス内のベンチ上にビニルトンネルを設置し、鉢植えした罹病苗の高温多湿処理を行った。ビニルハウスは換気扇のサーモスタットを30℃、ビニルトンネルの換気扇を35℃にそれぞれ設定し、30～35℃の気温に維持した。処理中の灌水は底面給水で行って、トンネル内を多湿条件にした。処理は秋期および夏期に行い、各時期における防除効果を調査した。

秋期の高温多湿処理は、1994年10月26日から11月6日まで罹病苗を12日間処理した。薬剤処理は、

高温処理前にミクロブタニル水和剤 4,000倍を散布した。処理後の子苗は本圃に定植した。対照として、定植後の高温処理区を設け、1994年11月2日に罹病苗をビニルで二重被覆したハウス内に定植し、11月2日から15日まで14日間高温管理した。対照区は換気扇のサーモスタットを35℃に設定した。

夏期の高温多湿処理は1995年6月15日～29日の2週間、罹病苗を用いて高温多湿処理を行った。処理後の子苗および温度処理をしなかった罹病苗は雨よけハウスに置いた。薬剤処理は罹病苗を高温処理直前に、ミクロブタニル水和剤 4,000倍、DBEDC乳剤 500倍、混用としてミクロブタニル水和剤 8,000倍とDBEDC乳剤 1,000倍を散布した。処理当たり10～30株を用い、処理後の苗は寒冷紗被覆のビニルハウスに隔離して置いた。

調査および観察 接種葉および発病葉に対する高温処理の影響は、葉裏の発病を程度別に観察した。ランナー先端小葉は上位3小葉の若葉について発病を程度別に調査し、発病度を算出した。罹病苗の高温処理直後には発病を程度別に観察し、罹病葉上の分生子、菌糸の形態を実体顕微鏡下で鏡検により形態の変化を観察した。残存した胞子はタマネギ鱗片上に置いて湿室状態に24時間保ち、胞子発芽率を算出した。発病葉に対する温度の影響は、発病したリーフディスクを用い、シャーレに浮かべて所定温度に静置した後、実体顕微鏡下で観察した。

高温多湿条件における罹病苗の処理は、処理直後、2, 5週間後に発病程度別に調査し、生育への影響を観察した。

ビニルハウスおよびビニルトンネルにおける高温処理後の発病程度は、処理直後および7日後に株当たり9小葉、計20株の葉裏の発病を程度別に観察した。秋期の高温処理は本圃定植後の11月15日に株当たり3小葉、処理区当たり300小葉の葉裏の発病を程度別に観察した。

調査基準は、発病程度別に 0;未発病,1;1病斑あり,2;病斑面積25%未満,3;病斑面積50%未満,4;病斑面積50%以上の指数を与え、次式で発病度を算出した。

発病度 = $\frac{\{\sum (\text{程度別発病指数} \times \text{発病葉数})\}}{(4 \times \text{調査葉数})} \times 100$

結 果

イチゴうどんこ病の発病を抑制する温度条件

うどんこ病菌の分生子を接種したランナー先端小葉は、20℃、25℃で高率に発病し、30～35℃では発病しなかった（第1表）。また、発病小葉は20℃では依然として高率に発病し、25℃ではわずかに発病程度が低下した。30℃では5日後に発病程度が明らかに低下し、14日後には発病小葉率、発病度が半減した。33～35℃では5日後に発病小葉率、発病度が低下し、14日後には極めて低率になった（第2表）。しかし、高温に維持したランナー先端小葉は葉の変色が認められ、35℃では小葉の褐変が目立った。

罹病子苗の高温多湿処理がイチゴうどんこ病の発病に及ぼす影響

第1表 ランナー先端小葉におけるイチゴうどんこ病菌の接種後の温度と発病の関係

Table 1. Relation between disease development and temperature after inoculation on runner-tip plantlets of strawberry powdery mildew

供試温度 (℃)	発病小 葉率 (%)	発病度	褐変小 葉率 (%)
20	85.2	77.5	10
25	82.6	65.0	23
30	0.0	0.0	10
33	0.0	0.0	40
35	0.0	0.0	40

第2表 イチゴうどんこ病のランナー先端小葉の発病葉に及ぼす温度の影響

Table 2. Effect of temperature on diseased runner-tip plantlets of strawberry powdery mildew

供試温度 (℃)	5日後		14日後	
	発病小 葉率 (%)	発病 度	褐変小 葉率 (%)	発病 度
20	100.0	100.0	88.9	85.0
25	94.5	85.0	66.7	42.5
30	88.9	47.5	33.3	15.0
33	33.3	22.5	5.6	2.5
35	38.8	22.5	11.1	5.0

気温30～35℃の人工気象器内に入れて1週間置いた罹病子苗は、肉眼観察では菌糸が残り、発病小葉率、発病度が低下しなかった。しかし、このような高温に遭遇させた苗の葉面に形成していた分生子は、処理後に収縮する形態異常が観察された。しかも、残存した胞子の発芽能力を調べたところ、発芽が著しく抑制された。一方、25℃では菌そうの生育が旺盛で全葉が高率に発病し、分生子の形態異常や発芽低下は認められなかった（第3表）。

発病葉のリーフディスクを用いて気温30～35℃の多湿条件下におけるうどんこ病菌の形態を観察したところ、うどんこ病の菌そうは、3日後に分生子や菌糸が減少し、菌糸が収縮した（写真1）。

前実験では供試苗の発病程度が高く、肉眼観察では処理葉の発病程度の変化が見分けにくかった。そこで、発病程度が中程度の子苗に灌水し、多湿条件にして高温処理を行った。処理終了直後には温度間に差が見られなかったが、2週間後には30℃以上の処理苗で発病が見られなくなり、顕著な防除効果が認められた。5週間後にはわずかに発病が認められたが、発病抑制効果は長期間持続した。ただし、32、35℃の処理苗では葉柄の黒変や枯死株が出現し、高温ほど著しかった（第4表）。

ビニルトンネルと底面給水を利用した子苗の高温多湿処理によるうどんこ病の防除効果

定植前に高温多湿処理を行った子苗は、処理前にミクロブタニル水和剤を散布した株の発病が最

第3表 イチゴうどんこ病の罹病子苗に対する高温多湿処理の影響^{a)}

Table 3. Effect of temperature on diseased runner plants of strawberry powdery mildew

供試温度 (℃)	発病小 葉率 (%)	発病度	形態異常 胞子率 (%) ^{b)}	胞子発芽 率 (%) ^{c)}
25	100.0	85.0	0.0	90.0
30	94.4	72.5	97.4	30.0
33	100.0	80.0	100.0	30.0
35	94.4	70.0	100.0	30.0

a) 子苗をビニル袋にいれ、1週間静置。

b) 発病葉上の分生子を顕微鏡観察。

c) タマネギ鱗片上で発芽。

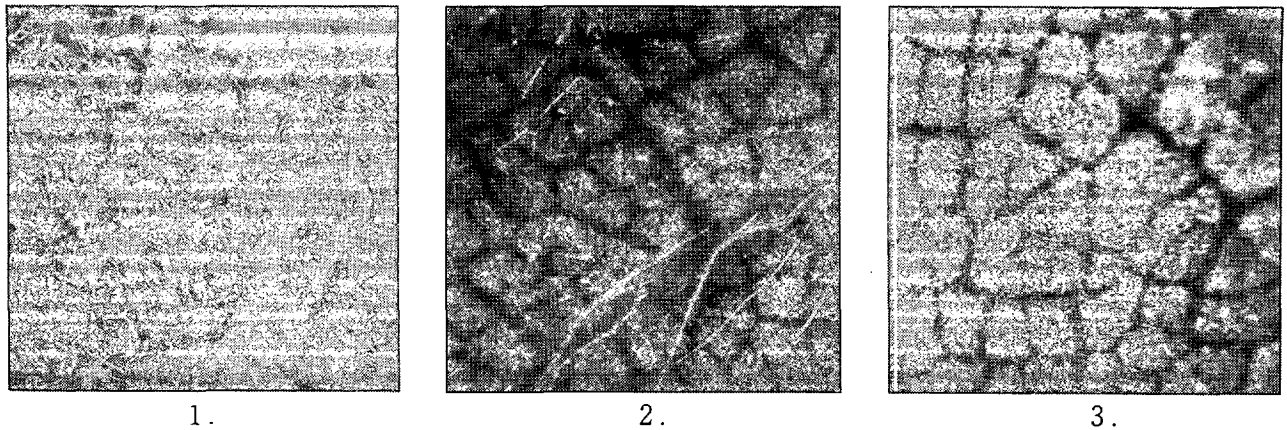


図1 イチゴうどんこ病菌に対する高温多湿条件の影響

Plate 1. Effects of temperature and high humidity on diseased leaf discs.

1. 20°C, 3日間, 2. 30°C, 3日間, 3. 35°C, 3日間

第4表 イチゴうどんこ病の発病子苗に対する温度および多湿の影響^{a)}

Table 4. Effects of temperature and high humidity on potted diseased runner plants of strawberry powdery mildew

供試温度 (°C)	処理直後		2週間後		5週間後		イチゴの生 育異常株数 /供試株数 ^{b)}
	発病小葉 率 (%)	発病度	発病小葉 率 (%)	発病度	発病小葉 率 (%)	発病度	
25	18.0	10.0	13.3	6.9	20.8	9.0	0/12
30	26.9	13.9	0.0	0.0	4.2	2.1	0/12
32	11.1	5.1	0.0	0.0	2.8	1.4	6/12
35	20.4	10.2	0.0	0.0	0.0	0.0	9/12

a) 子苗に十分灌水し、ビニル袋に入れて5日間静置。

b) 葉柄の黒変、枯死株の出現。

も少なく、次いで水散布株が少なかった。ミクロブタニル水和剤散布後の苗は、高温処理開始5日後に葉上の分生子が消失して顕著な効果が現れ、定植後の発病はごくわずかな孢子形成に抑えられた。水散布はミクロブタニル水和剤に比べると発病小葉率が高いが、無処理に比べて明らかに発病が抑制された。しかし、本圃定植後に行ったハウス内の高温処理は、無処理以上に発病が増加し、効果が認められなかった。

高温多湿処理期間中の温度経過は、ビニルトンネルを使った子苗処理では最高気温を36°C以下に維持することができ、30°C以上の高温経過時間を1日当たり5時間以上、計9日間保つことができた。しかも、灌水を底面給水で行ったため高湿度を保つことが可能であった。一方、ハウス内の処理は処理中の最高気温は高いが、30°C以上の高温経過時間は平均4時間と短く、しかも高湿度を保

つことができなかった(第5表)。

1995年6月中旬から2週間、夏期の高温多湿処理を行ったところ、この時期では、30°C以上の経過時間は6.7時間/日を9日間、計60.3時間保つことができた。高率に発病していた子苗は、処理直後に白色の菌そうが残ったが、菌糸が収縮して沈んだ状態になり、分生子は収縮して消失した。処理後の苗は薬剤散布の有無にかかわらず、発病が抑えられ、2週間後になっても無処理苗との発病差が顕著であった(第6表)。

考 察

イチゴうどんこ病の発生は温、湿度の影響が大きく、発病適温は15~20°Cで、高温になると急速に衰えることが知られている^{2, 7)}。菌そうは35°Cでは3日後に、30°Cでは1週間後にほとんど消失

第5表 子苗の高温多湿処理およびビニルハウス内の高温管理がイチゴうどんこ病の発病に及ぼす影響

table 5. Effects of heat and high humidity treatment on potted diseased plants of strawberry powdery mildew in vinyl-covered tunnel and at final bed for fruits production in vinyl-covered house

処 理	薬剤処理	処 理 直 後	
		発病小葉率 (%)	発病度
子苗の高温処理 ^{a)}	ミクロブタニル水和剤	3.9	1.3
子苗の高温処理 ^{a)}	水 散 布	25.5	10.0
定植後の高温管理 ^{b)}	無 散 布	64.2	31.3
無 処 理	無 散 布	53.2	25.8

a) 処理期間は10月26日から11月6日の11日間、子苗の高温処理中の平均最高気温は32.7℃、平均最低気温10.6℃、30℃以上の平均経過時間は5.1時間/日、計56時間。

b) 処理期間は11月2日から15日の14日間、高温処理中の平均最高気温は37.1℃、平均最低気温11.3℃、30℃以上の平均経過時間は4時間/日、計62時間。

第6表 ハウス内ビニルトンネルを利用した子苗の高温多湿処理と薬剤によるイチゴうどんこ病の防除効果
table 6. Effects of heat and high humidity after spraying fungicide on potted diseased plants of strawberry powdery mildew in vinyl-covered tunnel

処 理	薬剤処理	処 理 直 後		2 週 間 後	
		発病小葉率 (%)	発病度	発病小葉率 (%)	発病度
ビニルトンネル内の高温多湿処理 ^{a)}	水	0.0	0.0	4.2	1.6
	DBEDC乳剤	0.0	0.0	0.0	0.0
	ミクロブタニル水和剤	0.0	0.0	0.0	0.0
	ミクロブタニル+DBEDC	0.0	0.0	14.3	6.0
雨よけハウス	水	42.6	27.3	45.5	30.7
	DBEDC乳剤	27.8	20.3	43.6	32.1
	ミクロブタニル水和剤	54.9	28.4	66.7	41.9
	ミクロブタニル+DBEDC	50.0	32.9	60.8	51.5

a) 処理期間は6月15日～29日の14日間、子苗の高温処理中の平均最高気温は35.3℃、平均最低気温13.3℃、30℃以上の平均経過時間は6.7時間/日、計60.3時間。

し、胞子は37.5℃で2時間以内、40℃では1時間以内に死滅する。このことから30～35℃の高温管理が発病抑制の一手段になり得るとしたが、組織内の菌は44～46℃のハウス内に4時間置いても死滅せず、激発ハウスでの‘むし込み’による病菌の根絶を図ることは不可能と見なされた⁷⁾。

本実験では、ランナー先端小葉^{4, 5)}やリーフデ

イスクを用いて発病抑止条件を調査した結果、30℃以上では感染しなかった。30～35℃の高温と多湿条件は、肉眼観察では白色の菌そうが残ったが、罹病葉上の胞子の形態や発芽、菌糸形態に影響を与え、うどんこ病菌の生育が停止することが明らかになった。罹病苗を高温多湿条件に置いたところ、処理前の発病程度が高い子苗は、処理直

後の肉眼観察では白色の菌そうが残り、発病程度の低下を判断しにくかったが、発病程度が中程度の子苗は、処理2週間後に菌そうが消失し、高い発病抑制効果が認められた。しかしながら、長期の高温多湿条件はイチゴの生育に悪影響を生じ、30~32℃の連続条件では処理を5日間以内に止める必要があると考えられる。

うどんこ病に対する高温処理は、試験管内やシャーレ内の実験では高い効果が認められ、人工気象器内での罹病苗にも有効であった。そこで、実用的に高温多湿処理状態を確保するために、ハウス内にビニルトンネルを設置し、湿度を保つために底面給水による灌水を行った。その結果、子苗の発病程度は低下し、卓効のあることが明らかになった。処理前のミクロブタニル水和剤散布は高温処理の効果をさらに高め、薬剤との併用によって効果が増強された。

高温多湿処理時間は人工気象器内のランナーで明らかにしたように、3日以上で効果が現れ、5~7日間が目標であるが、ビニルトンネルでは30℃以上の経過時間が1日当たり5.1時間で11日間、計56時間処理で有効なことが明らかになった。本実験の簡易なビニルトンネルでは、このような条件を恒常的に確保できないが、電気ヒーターや温風暖房機等の加温装置を併用すれば処理時期が拡大でき、短期間で効果が期待できる。なお、対照として行った定植後の二重カーテン条件下での高温管理は、30℃以上の経過時間が少なく、効果が認められなかった。既報において⁷⁾、高温処理が防除に実用化できないと判断された原因には、本圃での有効な高温や湿度の維持が不十分であったためと考えられる。

イチゴうどんこ病菌は寄主範囲がイチゴに限られ、その一生をイチゴで過ごすと考えられている。しかし、伝染環が遮断できず、“とよのか”栽培の最重要課題になっている。子苗の高温多湿処理は、このような罹病株による伝染環を遮断し、産地の菌密度を低下させるのに役立つと考えられる。今後、実用化技術とするためには、花芽形成や収量に及ぼす影響を調査して処理適期を決定し、防除効果を実証する必要がある。

摘 要

イチゴのランナー先端小葉を用いてうどんこ病

の発病抑制温度を求め、子苗の高温多湿処理による防除効果を調べた。

うどんこ病菌は20~25℃では高率に感染したが、30~35℃では感染しなかった。気温30~35℃、3,000 lux、12時間日長の人工気象器内に一週間置いた罹病苗は、葉面上の分生子が収縮し、発芽が抑制された。子苗に十分灌水し、ビニル袋に入れて30~32℃に5日間置くと菌そうが消失し、高い防除効果が認められた。

子苗に対する実用化を目的にビニルハウス内にビニルトンネルを設置し、換気扇によって最高気温を30~35℃に維持した。底面給水によってビニルトンネルを多湿状態に保ち、鉢植えの罹病苗を入れると、2週間後には発病が顕著に抑制された。処理前にミクロブタニル水和剤やDBEDC乳剤を散布すると効果が増強された。ビニルハウス内の高温管理は、11月処理では高温多湿条件が確保できず、効果が認められなかった。

引用文献

1. Bal, E. and G. Gilles. (1986). Problem resistance in powdery mildew control on strawberries. Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent, 51/2b. 707-715.
2. Jhooty, J.S. and Mckeen, W.E. (1965). Studies on powdery mildew of strawberry caused by *Shaerotheca macularis*. Phytopathology. 55 : 281-285.
3. Köller, W. and Scheinpflug, H. (1987). Fungal resistance to sterol biosynthesis inhibitors: a new challenge. Plant Dis. 71 : 1066-1074.
4. 中野智彦・萩原敏弘・岡山健夫 (1992). イチゴうどんこ病のエルゴステロール生合成阻害剤に対する感受性の低下について. 奈良農試研報. 23 : 27-32.
5. Okayama, K., Nakano, T., Matsutani, S., and Sugimura, T. (1995). A simple method for evaluating the effectiveness of fungicides for control of powdery mildew (*Shaerotheca macularis*) on strawberry. Ann. Phytopathl. Soc. Jpn. 61 : 536-540.
6. Schnathorst, W.C. (1965). Environmental relationships in the powdery mildew. Ann. Rev. Phytopath. 3 : 343-366.
7. 山本 勉・金磯泰雄. (1983). イチゴうどんこ病の発生生態と防除に関する研究. 徳島農試特別報告 6 : 1-69.