

# V. イチゴうどんこ病の潜伏期間及び感染発病に対する湿度と葉面濡れの影響

▶古屋 廣光・奈良 知春・戸田 武  
(秋田県立大学)

## はじめに

イチゴうどんこ病(病原菌 *Podosphaera aphanis* var. *aphanis*, 絶対寄生性) は茎葉だけでなく果実にも発生して大きな被害を与えることから、施設栽培において主要な防除対象の一つとされてきた(米山, 1980; 神頭, 2002; 浅野・国本, 2014). 近年, AIを用いた病気の発生予測技術の開発が行われるようになったが, その開発にあたっては当然のことながら病気の発生生態や疫学に関する知見が必要である. またこれらの知見はそれにとどまらず, 発生予測を利用した総合管理技術を発展させるうえでも重要である. 本病は世界的にも被害が大きいことから, 発生生態について極めて多くの研究報告や総説が公表されている(Schnathorst, 2003; Glawe, 2008; 神頭, 2002). ただしこれまでの研究は必ずしも病気の発生予測を目的としたものではなかったことから, 発生予測技術の開発にあたってはさらに検討が望まれる点もある. 例えば, 本病においても接種後に最初の病斑が現れるまでの期間(最短の潜伏期間)についての報告はいくつかあるが, その後現れる病斑の潜伏期間については必ずしも明らかでない. そこで本研究では, 発生予測技術の開発に資することを主な目的として, 潜伏期間を改めて検討するとともに感染\*に対する相対湿度(以下, RHと略す)や葉面の濡れの影響についても改めて検討した(奈良ら, 2023).

\*感染の成否や程度を直接観察して評価することは困難であることから, 本研究においては病斑の形成によってこれを評価した. そのため, 「感染」及び「感染数」の意味で本報告ではそれぞれ「感染発病」及び「感染発病数」と呼ぶこととした.

## 1. 潜伏期間

ポリサイクリックな病気において潜伏期間は病勢の進展に大きな影響がある(Hau and de Vallavieille-Pope, 1998). イチゴうどんこ病については5日前後とする報告が多い(Peries, 1962; Jhooty and McKeen, 1965; Amsalem *et al.*, 2006)が, これは言わば最短の潜伏期間である. 葉面に付着した分生子による感染の全てが最短の潜伏期間で発病するのではないが, その後発生する病斑の潜伏期間については必ずしも明らかでない. 発病の予測に当たっては最短の潜伏期間だけでなく, 同一日に葉面に付着した分生子に起因する病斑の発生推移に関する知見も必要とされることがある. そこで本研究では接種後の病斑形成の推移を調査した.

供試品種は「女峰」, 「もういっこ」, 「さぬき姫」, 「さがほのか」の4品種とした. 試験には香川県農業試験場の自然発生圃場(施設栽培)で採取した菌を用いた. 同菌の分生子懸濁液をイチゴの苗に噴霧接種した後, RH100%, 20°Cで24時間に保った(肉眼的に葉面の濡れは見られない状態で実施した). なお, 本研究ではいずれの実験においてもこの菌を用いた. その後, 底面灌水により13日後まで栽培を続け, 新たに発生した病斑数を毎日調査した. 調査は, 最も感受性が高いとされる第1葉位(Carisse and Bouchard, 2016)の頂小葉の両面を対象とした.

繰り返し行った実験の結果, いずれの品種においても最短の潜伏期間は5日であり, その後, 13日後まで新たな病斑の形成が見られた(図1). 病斑形成が多かったのは, 「女峰」, 「もういっこ」, 「さがほのか」では6, 7, 8日後であり, この3日間で13日後までに形成された全病斑数のそれぞれ63.2%, 56.8%及び52.4%の病斑が形成された. 「さぬき姫」では5, 6, 7日後の3日間で63.4%の病斑が形成された. 最短の潜伏期間が5日だったことから, 10日後以降には接種によって生じた病斑に形成された分生子の侵入によって病斑が形成された可能性も考えられる. ただし5日後に形成された病斑は少なかったこと, また接種後は比較的感染が少ない湿度条件(RH50%)で栽培を続けたことからその数は多くなく, 10日後以降にも接種した分生子によって新たな病斑が形成されたことが示唆される.

上述のように本病の潜伏期間については1960年代から繰り返し報告があり, 最短で5日とするものが多いが, 4日あるいは6日とするものもある(青野, 1972; Asalf *et al.*, 2016). Asalf *et al.*, (2016) は品種によって4.1~5.8日の違いがあったことを報告している. 本研究においては最短日数では品種による違いが見られなかったが, 多発までの日数が「さぬき姫」は他の3品種に比べてやや短いことが伺われた. 同一品種でも葉齢によって潜伏期間

には違いがあることも知られている (Asalf *et al.*, 2016). 本研究では最も感受性が高いとされる第一葉で調査しており, これより古い葉ではさらに潜伏期間が長いことが考えられる. また本実験とは別に, 分生子を水に懸濁することなく葉にふりかけて接種したところ, 分生子懸濁液で噴霧接種した時に比べてやや発病が早い(半日程度)傾向があることを経験しており, この点についてさらに検討が必要である.

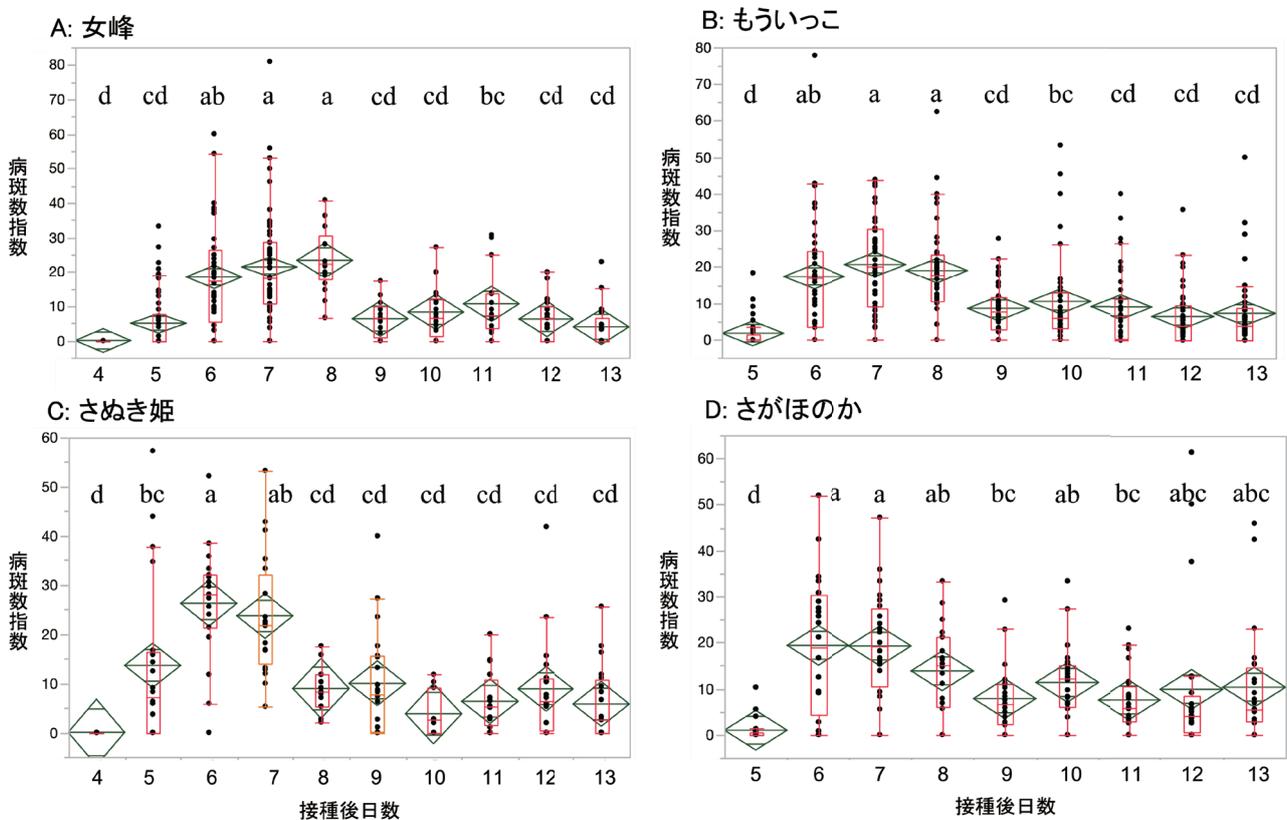


図1. 接種後の各日におけるイチゴうどんこ病の発生

各日における病斑数指数の有意差検定を, 全ての日数の組み合わせでTukey-Kramerの方法により行なった( $p < 0.05$ ). 異なる文字の値間には有意差があることを示す.

#### 試験方法

- ・ 接種: 病原菌の分生子懸濁液(実験によって $4.3 \sim 32.6 \times 10^4$ 個/ml)を, 自動回転円盤に載せたイチゴの苗1株あたり1.0あるいは1.5mlずつ噴霧接種した. その後, 約60分静置して葉面を乾燥させたのち,  $20^\circ\text{C}$ , RH100%に設定した人工気象機に24時間置いた.
- ・ 接種後の栽培と発病程度の調査:  $20^\circ\text{C}$ , RH50%とした人工気象機において底面灌水によって栽培を続けた. 接種の翌日から13日後まで, それぞれの苗の第1葉位頂小葉の両面に, その日新たに発生した病斑数を調査した.
- ・ 供試品種と実験回数: '女峰'で9回, 'もういっこ'で11回, 'さぬき姫'で6回, 'さがほのか'で7回, 繰り返し実験を行なった.
- ・ 統計解析のためのデータの前処理: 各実験において各苗に13日までに発生した累積病斑数を100として, 各日に新たに発生した病斑数の割合を求め毎日の病斑数指数とし, 品種ごとに全ての実験の結果をまとめ, JMP12を用いて統計解析を実施した. なお, これ以降の統計解析も全て同ソフトウェアを用いた.

## 2. 感染発病に対する湿度の影響

本病に対する湿度の影響についても古くから多くの報告がある。本菌の分生子発芽について、Peries(1962)は、イチゴの葉上でRH12%でも24時間後(20℃)の発芽率が17%であったとした。これに対しAmsalem *et al.* (2006)は、切離したイチゴ葉上における調査(20℃)で、RH75%より低湿では発芽率が5%程度であり、RH97~100%では17%程度に上昇したとした。山本・金磯(1983)は、分生子を分散落下させたイチゴ葉上においてRH52%台で維持した時の平均発芽率はRH100%で維持した時と大差なく、いずれも55%前後であったとしている。

本病の感染発病については高湿度であるほど多発するとの報告が多い(Jhooty and McKeen, 1965; 青野, 1972; 山本・金磯, 1983)。Jhooty and McKeen(1965)は、分生子を葉面に付着させた後RH8~100%(20℃)で維持したところ、RHが高いほど感染発病が多く、RH8%あるいは18%とした時の感染発病はRH100%のそれぞれ3.3%及び12.7%であったとした。また山本・金磯(1983)は、それまで感染発病に対する湿度の影響については低湿度の方が多いとの報告も我が国であったが、必ずしもこれを支持する結果は得られなかったとした。

これらの報告ではいずれも、分生子を葉面に接種してから発病調査まで所定のRHで維持し、その影響を病斑の面積によって評価している(Jhooty and McKeen, 1965; 青野, 1972; 山本・金磯, 1983)。そのためこれらの研究では、単に感染だけでなく、発病後の病斑拡大まで含めて湿度の影響を見ていると理解される。そこで本研究では、分生子を葉面に噴霧してから24時間のみ所定のRHに保ち、その後はいずれの区もRH(50%)で栽培することによって、分生子が葉面に付着してから24時間におけるRHの影響を調査した。

前項と同じ方法で本菌の分生子を葉面に噴霧接種したのち、所定の湿度(RH50, 60, 80, 90, 100%)で24時間保ち、その後はRH50%で底面灌水によって栽培を続け、接種後から9日後までに発生した病斑数を調査した。湿度処理後の栽培では、いずれの区においても葉面に自由水は見られないことを肉眼観察によって確認した。接種から発病調査まで気温は20℃で維持した。その結果、供試した4品種のうち3品種(‘女峰’, ‘もういっこ’, ‘さがほのか’)でRH100%区における発病がRH50%区より多かった(図2)。また4品種のいずれにおいてもRH50~100%の範囲で湿度が高くなるにつれて平均病斑指数が高くなり、接種後24時間の湿度が高いほど感染が進む傾向がみられた。

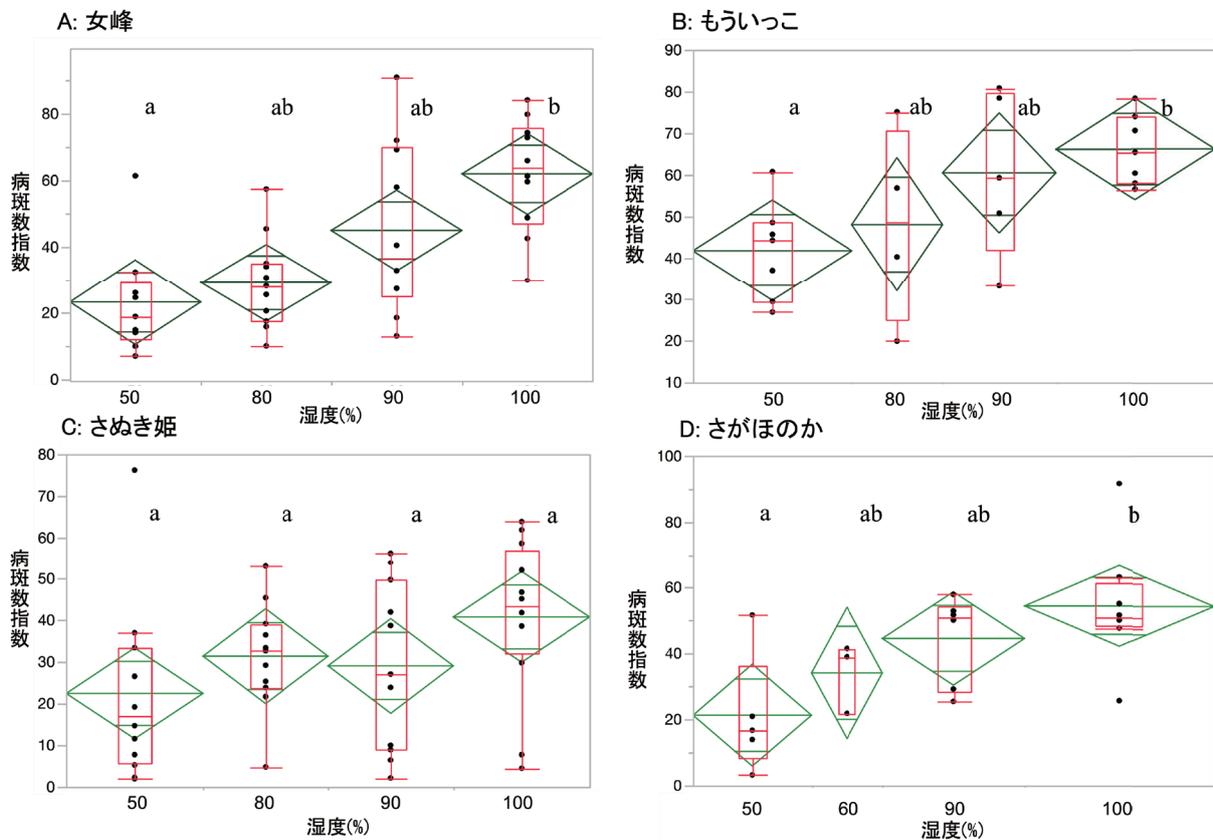


図2. イチゴうどんこ病の感染発病に対する湿度の影響

各苗に9日後までに発生した病斑数(指数)を用いて、品種ごとに全ての湿度の組み合わせについてTukey-Kramerの方法により有意差検定を行なった( $p < 0.05$ )。異なる文字の値間には有意差があることを示す。

#### 試験方法

- ・接種と湿度処理：前項までと同じ方法で分生子懸濁液を噴霧した供試苗を、RH50、60、80、90及び100%とした人工気象機内(20℃)に置き、24時間保った。分生子懸濁液の孢子密度は実験によって $4.3\sim 32.6\times 10^4$ 個/mlであった。
- ・接種処理後の栽培：RH50%とした人工気象機(20℃)において底面灌水によって栽培した。
- ・供試品種と実験の繰り返し回数：'女峰'で13回、'もういっこ'で7回、'さぬき姫'で11回、'さがほのか'で8回、繰り返し実験を行なった。
- ・発病調査と病斑数の指数化：接種の翌日から、それぞれの苗の第1葉位頂小葉の両面にその日新たに発生した病斑数を調査し、9日後までの累積病斑数を求めた。各実験における最大の累積病斑数を100としてそれぞれの苗に発生した病斑数を指数化し、統計解析に用いた。

### 3. 葉面濡れの影響

多くのうどんこ病で自由水は分生子発芽や菌糸生育を阻害することで感染発病に阻害的される(Schnathorst, 2003)。これについてSivapalan(1993)は、うどんこ病菌の水中での分生子発芽は種によって異なり、宿主の葉面に比べて水中では発芽率が低いものと、同程度ものの二つに大別できるとした(この研究報告においてはイチゴうどんこ病菌を用いた実験結果は示されていない)。イチゴうどんこ病ではPeries(1962)が、水に約10時間浸漬した分生子の発芽率は、浸漬しなかった分生子と比べて著しく低下した(ほぼ1/8に低下)ことから、分生子は水に浸かるとその多くが致死的な影響を受けるとした。一方、山本・金磯(1983)は、スライドグラス上に分散落下させた分生子に水を噴霧してRH100%で維持したときには、噴霧しなかったときに比べて僅かに発芽率が低下したが大きな差ではなく、破裂などは見られなかったとした。本病に対する品種抵抗性の評価あるいは薬剤の防除効果の調査においては分生子懸濁液を用いた接種試験が行われている(宇都ら, 2019; Okayama *et al.*, 1995)。本研究では、葉面に分生子懸濁液を噴霧したのち24あるいは48時間、葉面が濡れた状態を保った後直ちに乾燥させ、さらに葉面を濡らさない状態で栽培を続け、9日後に発病程度を調査する方法によって、本菌の感染に対する葉面の濡れ(自由水)の影響を検討した。その結果、繰り返し行ったほとんどの実験において24時間あるいは48時間葉面を濡れた状態で維持した区と濡れ処理をしなかった区の間で顕著な発病程度の差は見られず、全ての実験において濡れ処理による感染発病の明らかな低下は見られなかった(表1)。

接種時に分生子を水に接触あるいは浸漬させても感染発病程度が低下しないという報告は多くない。Yarwood(1978)は、キュウリうどんこ病は、病原菌を接種した葉を20時間水に浸漬してときには、浸漬しなかったものに比べて発病やその後の分生子形成が早くなり、分生子形成も良好であったとした。Yamaoka(1993)は、オオムギうどんこ病菌分生子を接種したのちオオムギの葉鞘を水溶液に浸漬したところ発芽率が低下し異常な徒長発芽蕾の割合が増加したが、正常な吸器を形成したものは発病まで至るものが見られたとした。本研究では、病原菌の接種にあたって孢子を水に懸濁させた。前述のように、まったく水と接触させずに接種したときには孢子懸濁液を用いて接種したときに比べて潜伏期間が短くなった可能性もあったことから、短時間でも水に接触した時にはその後の感染発病が影響を受けないとも言い切れない。また本研究では、接種に用いた分生子懸濁液の密度が比較的高かった。分生子を一度も水に接触させることなく接種し、葉面に自由水のない状態での感染と比較するなどの検討が必要と思われた。

表1. イチゴうどんこ病の感染発病に対する葉面の濡れの影響

実験 No.	接種9日後までの累積 病斑数/第一頂葉			RH100%(濡れなし)区との比較 <sup>1)</sup>			
	RH100%区 (濡れなし)	濡れ24hr 区	濡れ48hr 区	濡れ24hr区		濡れ48hr区	
				Abs(Dif)- LSD	p値	Abs(Dif)- LSD	p値
<b>'もういっこ'</b>							
1	3.3	4.2	1.7	-3.7	0.8675	-3.57	0.6793
2	7.8	10.1	14.3	-4.62	0.6560	-1.58	0.1245
3	21.0	45.1	34.9	0.765	0.0423	-9.43	0.2982
4	2.7	4.0	4.8	-3.86	0.7711	-2.38	0.4483
5	5.5	3.5	7.3	-3.27	0.5781	-3.52	0.6527
6	4.3	1.9	4.6	-2.56	0.4282	-4.56	0.9765
<b>'女峰'</b>							
1	17.7	38.0	28.8	-2.68	0.0852	-16.4	0.5302
2	4.8	10.0	9.6	-0.31	0.0652	-0.68	0.0893
3	0.5	2.3	4.0	-3.21	0.6191	-0.85	0.1273
4	9.5	11.3	3.1	-9.19	0.9013	-4.57	0.3029
5	7.0	9.4	8.3	-5.68	0.7111	-6.8	0.9067

1)Dunnettの検定, Abs(Dif)-LSD(LSD閾値行列)の値が正となった時, 有意差があることを示す。

#### 試験方法

- ・ 供試品種: 'もういっこ' 及び '女峰'.
- ・ 噴霧接種と葉面の濡れ処理: 前項までと同様の方法で分生子懸濁液を供試苗に噴霧したのち、接種用恒温恒湿機(コイトロン TH-16DCS)に入れ、24hr あるいは48hrの濡れ処理(20℃)を行なった。分生子懸濁液の孢子密度は実験によって $9.4\sim 15.3\times 10^4$ 個/mlとした。
- ・ 濡れ処理後の栽培と発病調査: 濡れ処理後の苗はRH50%とした人工気象機(20℃)において底面灌水によって栽培を続けた。翌日から、それぞれの苗の第1葉位頂小葉の両面にその日新たに発生した病斑数を調査し、9日後までの累積病斑数を求めた。
- ・ 統計処理: 実験は'もういっこ'で6回、'女峰'で5回繰り返し行なった。RH100%(葉面濡れなし)区と葉面24時間及び48時間濡れ処理区の間多重比較検定を Dunnettの方法によって行った。

#### 4. おわりに

イチゴうどんこ病の発生生態についてはこれまでに数多くの研究がなされてきた。ここでは発病予測技術の開発に重要と考えられる潜伏期間と感染発病に対する気象要因の影響について改めて調査した。本研究における調査によると、ある日に付着した分生子によって発病するまでの期間(潜伏期間)は最短で5日で、その後少なくともいた。その間、発病が多かったのは、品種によって6-8日後あるいは5-7日後の3日間であった。病気によっては、病原菌を接種してから一定期間後に一斉に病斑が現れる(ネギさび病など)。イチゴうどんこ病はこれとは異なり、最初に発病する日(最短の潜伏期間)の病斑形成は必ずしも多くなく、その後およそ3日にわたって多くの病斑が形成されることが明らかとなった。

イチゴうどんこ病では多湿なほど感染発病が多いことが知られている。本研究においてもこれと同様の結果が得られた。また本研究においては、48時間までの葉面の濡れが感染を強く抑制あるいは阻害することはなかった。ただし本実験では濡れ処理をしなかった区(対照区)においても分生子懸濁液を用いて噴霧接種しており、全く水に接触することなく葉面に付着したものととの比較は行っていない。葉面の濡れの影響については、一度も水と接触していない胞子を用いた接種によって、その後の葉面の濡れの影響を検討することも必要と考えられた。

#### 摘 要

発病予測技術の開発に資することを主な目的として、イチゴうどんこ病の潜伏期間及び感染に対する湿度と葉面の濡れの影響を検討した。同病原菌の分生子懸濁液を供試苗の茎葉に噴霧したのちRH100%で24時間保ち、さらに底面灌水により栽培を続け(RH50%)、第1葉位の頂小葉に新たに発生する病斑数を日毎に調査した。その結果、最短の潜伏期間は多くの場合5日であったが、多くの病斑が形成されたのは品種‘女峰’、‘もういっこ’、‘さがほのか’では6~8日後、‘さめき姫’では6、7日後で5日後にも比較的多かった。分生子懸濁液を噴霧接種後24時間の湿度の影響を調査したところ、供試した4品種のいずれにおいてもRH50%より100%で感染発病が多く、またこの間で湿度が高いほど多い傾向が見られた。分生子懸濁液を葉面に噴霧した後24あるいは48時間の濡れ処理を行なった区と濡れ処理を行わなかった区で発病程度を比較したところ、濡れ処理による感染発病の明らかな低下は見られなかった。分生子懸濁液を用いて接種した本実験において、葉面の自由水が感染に抑制的あるいは阻害的に顕著に作用するとの結果は得られなかった。

#### 謝 辞

本研究を進めるにあたって西村文宏氏(香川県農業試験場)、清水佐知子氏(広島県立総合技術研究所農業技術センター)に実験材料を提供していただくとともに発生生態についてご教示をいただきました。また秋田県立大学藤 晋一教授には実験を進める上で種々の便宜を図っていただくとともに貴重なアドバイスをいただきました。記して謝意を表します。

#### 引用文献

- Amsalem, L., Freeman, S., Rav-David, D., Nitzani, Y., Szejnberg, A., Pertot, I., and Elad, Y. (2006). Effect of climatic factors on powdery mildew caused by *Sphaerotheca macularis* f. sp. *fragariae* on strawberry. *Eur. J. Plant Pathol.* 114: 283-292.
- 青野信男 (1972). ハウス栽培イチゴのうどんこ病の生態に関する研究(第2報). *神奈川園研報* 20: 83-87.
- Asalf, B., Gadoury, D. M., Tronsmo, A. M., Seem, R. C., Dobson, A., Peres, N. A., and Stensvand, A. (2016). Ontogenic resistance of leaves and fruit, and how leaf folding influences the distribution of powdery mildew on strawberry plants colonized by *Podosphaera aphanis*. *Phytopathology* 104: 954-963.

- 浅野俊介・国本佳範 (2014). 特集 施設野菜における主要病害虫の発生と防除. 植物防疫 68: 621-624.
- Carisse, O., and Bouchard, J. (2016). Age-related susceptibility of strawberry leaves and berries to infection by *Podosphaera aphanis*. Crop Prot. 29: 969-978.
- Glawe, D. A. (2008). The powdery mildew: A review of the world's most familiar (yet poorly known) plant pathogens. Annu. Rev. Phytopathol. 46: 27-51.
- Hau, B., and de Vallavieille-Pope, C. (1998). Wind-dispersed diseases. In 'The epidemiology of plant diseases.' Johnes, D. G. (ed.), pp. 323-347, Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Jhooty, J. S., and McKeen, W. E. (1965). Studies on powdery mildew of strawberry caused by *Sphaerotheca macularis*. Phytopathology 55: 281-285.
- 神頭武嗣 (2002). イチゴうどんこ病の発生生態と防除法. 植物防疫 56: 247-250.
- 奈良知春・戸田 武・古屋廣光 (2023). *Podosphaera aphanis* var. *aphanis* によるイチゴうどんこ病の潜伏期間並びに感染発病に対する湿度・葉面濡れの影響 北日本病虫研報 74:40-45.
- Okayama, K., Nakano, T., Matsutani, S., and Sugimura, T. (1995). A simple and reliable method for evaluating the effectiveness of fungicides for control of powdery mildew (*Sphaerotheca macularis*) on strawberry. Ann. Phytopathol. Soc. Jpn.61: 536-540.
- Peries, O. S. (1962). Studies on strawberry mildew, caused by *Sphaerotheca macularis* (Wallr. Ex Fries) Jaczewski, I. Biology of the fungus. Ann. Appl. Biol. 50: 211-224.
- Schnathorst, W. C. (2003). Environmental relationships in the powdery mildews. Annu. Rev. Phytopathol. 3: 343-366.
- 宇都俊介・益田良輔・佐伯由美・奥 幸一郎・末吉孝行 (2019). 噴霧接種によるイチゴうどんこ病の抵抗性評価条件. 福岡農林総試研報 5: 21-26.
- 山本 勉・金儀泰雄 (1983). イチゴうどんこ病の発生生態と防除に関する研究. 徳島農試特報 6号, pp. 1-69.
- Yamaoka, N. (1993) Morphogenesis of the powdery mildew fungus in water. (1) The effect of liquid on infection process of *Erysiphe graminis*. Ann. Phytopath. Soc. Japan 59: 487-491.
- Yarwood, C. E. (1978). Water stimulates *Sphaerotheca*. Mycologia 70: 1035-1039.
- 米山伸吾 (1980). 施設栽培における野菜栽培の病害発生と防除の問題点. 茨城病虫研報 19: 29-35.

## VI. イチゴ炭疽病の感染発病に対する温度および葉面濡れ時間の影響

▶ 戸田 武  
(秋田県立大学)

### はじめに

イチゴ炭疽病は我が国で多くの品種で被害が拡大しており、イチゴの最重要病害とされている(石川, 2005; 平山ら, 2019). 本病の病原である*Colletotrichum*属菌の分類・同定あるいは伝染源や伝染方法, 発病までの期間などの病害の発生生態について多くの報告がある. 本病における「感染に対する濡れ時間・温度との影響」などは詳しく調べられていない. 本研究では, イチゴ炭疽病の発病予測技術の開発に資することを目的として, 本病原菌の一種である*Colletotrichum fructicola*を用いて濡れ時間と温度が葉における感染発病に与える影響を調査した.

### 1. 病原菌および病気の発生生態

- 1) 病原菌：主に *Colletotrichum gloeosporioides* および *Colletotrichum acutatum* の2種類の種複合体があり, それぞれ30以上の種が報告されている(Han *et al.*, 2016). 国内では*C. gloeosporioides* 種群によるイチゴ炭疽病の発生の報告数は多い(秋田, 1992; 角野, 2009; Suzuki *et al.*, 2010; 奈尾, 2015; 平山ら, 2019). 同種群のうち*C. aenigma*, *C. siamense*, および*C. fructicola*が発病したイチゴの葉から分離され, 最も高い頻度で分離される種は, *C. fructicola*とされている(Gan *et al.*, 2017).
- 2) 症状：*C. gloeosporioides* および *C. acutatum* とともに葉および葉柄では小黑斑が発生し, 症状が進行すると葉と葉鞘ともに枯死して新しい葉の形成に影響を及ぼす(稲田, 2012; 石川ら, 1992; 他多数). 萼や花びらに発病すると小黑斑を生じて花全体が枯れ, 果実に発病すると黒褐色の不整形病斑を伴って果実全体が腐敗する(稲田・山口, 2006). クラウンに潜伏している菌体が増殖するため, 苗であれば全体が枯死する. クラウンが炭疽病菌に潜伏感染している無病徴の苗を定植後, 本圃で被害が拡大する例もある.
- 3) 発生生態および疫学的知見：イチゴ炭疽病の病原菌における分生子の噴霧による発病評価(石川ら, 1992; 石川, 2005; 片山ら, 2008; 岡山, 1994). 孢子発芽の最適温度(Wang *et al.* 2015), 分生子が発芽してから付着器を形成するまでの時間(Zhang *et al.* 2018)などの報告があり, 分生子は本病の感染発病に重要な要因の一つと考えられている. 子のう胞子も伝搬に関わるとされているが, 確認される頻度は分生子が多いとされる(稲田, 2012). 葉面, 葉柄, 花, 果実の発病における潜伏場所は全てクラウンであり, 分生子または子のう胞子が伝染源となって, 雨滴による跳ね上がりで伝搬する(稲田, 2012). さらに, 接種後に25℃の湿室で葉の濡れ時間が24時間以上になると発病が激しくなる(石川, 2005)ことも報告されている. これらのことから, 分生子が葉に到達してから発病するまでの気温と葉面の濡れ時間との関係を, 報告の多い*C. gloeosporioides*を使用して調べることによって, 本病を発病予測および防除するために重要な手がかりと考えられる.

## 2. 感染発病に対する気温・湿度の影響と潜伏期間

### 1) 実験方法

接種源の炭疽病菌は*C. gloeosporioides* 種群の一種である*C. fructicola*を使用した。接種試験のために菌株をジャガイモ煎汁グルコース寒天(PDA)培地に25℃で5-7日間培養して分生子を形成させ、滅菌水を培地に加えて攪拌、濾過後に分生子を $5.0 \times 10^5$ 個/mlの調整した懸濁液30mlを準備した。イチゴは感受性品種である「さがほのか」とし、葉齢が約4-6週間まで生育した苗を接種試験に使用した。接種時にイチゴ苗をターンテーブルに置き、分生子懸濁液30mlを準備したエアブラシを苗から70 cm離して噴霧した(図1-a)。接種後のイチゴ苗は湿度100%に設定した高湿度恒温グローブキャビネットおよび人工気象器に静置して、イチゴの葉面を結露させた(図1-b, c)。試験区は葉が濡れる時の温度を15, 20, 25, 30および35℃、濡れ時間を0, 6, 12, 24, 32, 48および56時間に設定した。

発病を確認した日から1日ごとに各ポットで第1葉と第2葉の複葉2枚の病斑を計数し、1複葉あたりの平均値を算出した。各試験において最多の病斑数を100として指数を求め、3回行った実験の値について平均値と標準誤差を求めた。

### 2) 結果

炭疽病の症状である「ほくろ状の黒色斑点」は、15, 20, 25, 30および35℃のどの温度でも発生した。接種2日後からイチゴの葉に黒色斑点が形成された(図2)。斑点数は6日後まで増加し、7日後以降は増加がごく僅かであった。

葉の濡れ時間が6時間ではどの気温の試験区でも発病は見られなかった。また、予備試験であるが葉の濡れ時間を7,8,9時間としても発病は見られなかった。気温20, 25, 30℃の試験区では濡れ時間が10時間以上で発病が見られ、15℃および35℃の試験区も12時間以上で発病したが、どの濡れ時間の試験区も斑点数は少なかった。20, 25, 30℃の試験区は12時間以上で病斑数が多く、20℃では48時間後以降の葉の濡れ時間が最も病斑数が多くなり、25℃では32~48時間、30℃では48時間であった(図3)。なお予備試験において10℃および37℃で濡れ時間の影響を調査した試験区では、48時間以上の葉の濡れ処理を行っても感染発病は見られなかった。

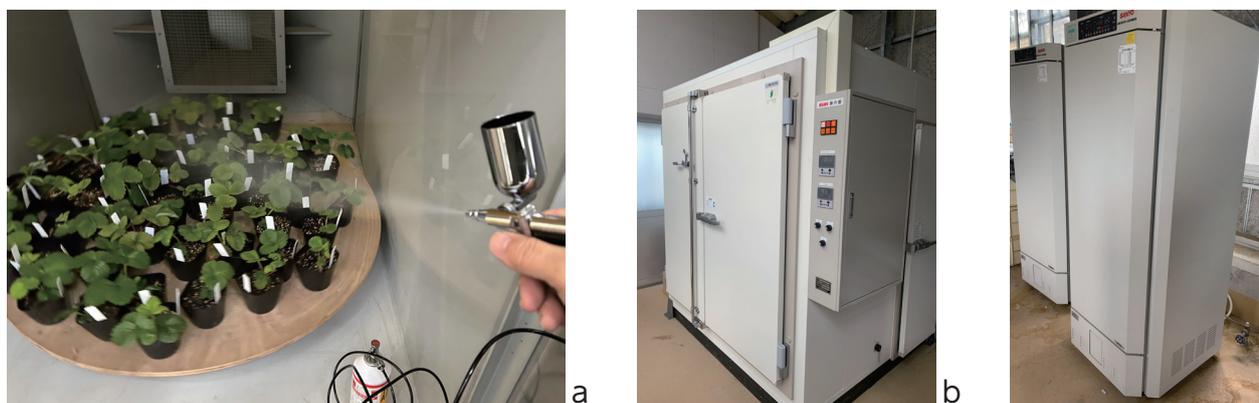


図1. イチゴ苗に分生子懸濁液を噴霧接種した時の様子(a)、噴霧接種後にイチゴ苗葉面に結露を生じさせるために使用した高湿度恒温グローブキャビネット(b)および人工気象器(c)



図2. 分生子の噴霧接種によりイチゴの葉に発生した炭疽病の小黑斑

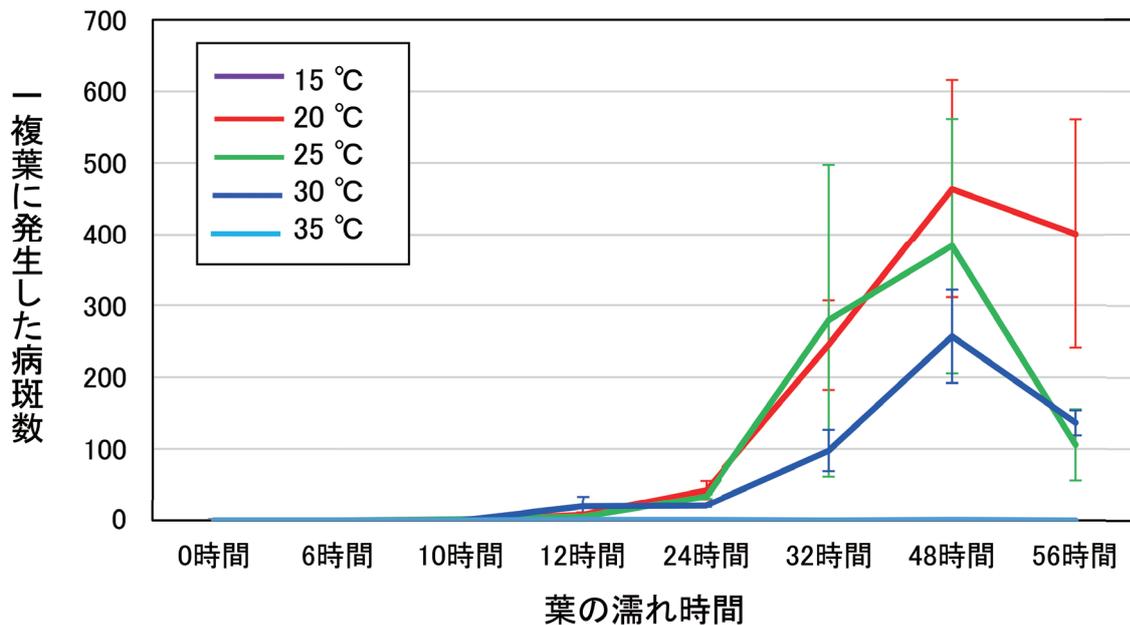


図3. イチゴ炭疽病の感染発病に対する葉面濡れ時間と気温の影響  
(噴霧接種から6日後に一複葉あたりに発生した斑点数を調査した.)

### 3) 考察

以上の接種実験の結果から、本種によるイチゴ炭疽病の潜伏期間は2-6日と考えられた。気温の影響については、接種試験ごとに試験区でばらつきが見られたが、どの試験においても気温20-30°Cでは発病が激しかったことから、20-30°Cが発病に好適であると考えられた。さらに、葉の濡れ時間については、20、25、30°Cでは最短で10時間で感染し、その後20°Cでは48時間まで、25°Cでは32-48時間、30°Cでは48時間までは感染が進むと考えられた。

噴霧試験に使用したイチゴ炭疽病菌 *C. fructicola* は *C. gloeosporioides* 種群であり、*C. acutatum* 種群の炭疽病菌は使用していない。両種群は菌糸の性質や接種後に発生する病斑が類似している(秋田, 1992; Han *et al.*, 2016)。種群の違いから、*C. acutatum* 種群による感染において、葉の濡れ時間と気温が本研究で得られた結果と同様の影響を与えるかについては、今後、改めて検討が必要と考えられる。

以上のことから、本種による炭疽病においては、潜伏期間は2-6日であり、気温20-30°Cにおいて降雨や結露によって葉面が24時間以上継続して濡れているような状況で感染発病が著しく進むものと考えられた。

## 摘要

イチゴ炭疽病は我が国におけるイチゴの最重要病害とされている。防除の予測のためには、「葉の発病と葉の濡れ時間・温度との関係」などの発病に適した条件を明らかにする必要がある。本研究では、病原菌の一種である *Colletotrichum fructicola* を噴霧試験に使用して葉の発病と葉の濡れ時間・温度との関係を検証した。接種源として *C. fructicola* 分生子懸濁液 (濃度  $5.0 \times 10^5$  個/ml) 30ml を準備し、葉齢が約4-6週間のイチゴ苗「品種: さがほのか」に噴霧接種した。接種後のイチゴの葉面を結露させるために、温室に15, 20, 25, 30および35℃を準備し、それぞれの気温に0, 6, 12, 24, 32, 48および56時間葉面を濡れさせる試験区を設定した。接種後から1日ごとに葉の病班を計数したところ、発病が接種2日後から見られ、6日後まで増加したことから、潜伏期間は接種後から2-6日後と考えられた。気温20-30℃では病斑数が多く、さらに、20℃では48時間、25℃では32~48時間、30℃では48時間以上で病斑数が最も多い結果となった。これらの結果から、イチゴの栽培において気温20-30℃の範囲で葉面が24時間以上濡れるまたは結露することがあれば、炭疽病の発生に注意を払う必要があると考えられる。

## 引用文献

- 秋田 滋 (1992). 静岡県の一から分離された炭そ病菌の性質. 関東東山病害虫研究会報 39: 135-136.
- 平山 喜彦・杉村 輝彦・浅野 峻介 (2019). 植物防疫講座 病害編-16 炭疽病菌による病害の発生生態と防除. 植物防疫 73: 243-248.
- 角野 晶大・新村 昭憲・成松 靖・松井 梨絵・西村 俊一 (2009). 北海道における *Glomerella cingulata* (*Colletotrichum gloeosporioides*) によるイチゴ炭疽病の発生
- 奈尾 雅浩 (2015). イチゴ小葉における炭疽病による赤色小斑の発生. 愛媛県農林水産研究報告 7: 8-15.
- 石川 成寿 (2005). イチゴ炭疽病の病原菌, 生態ならびに環境に配慮した防除技術の開発. 栃木農試研報 54: 1-187.
- 石川 成寿・中山 喜一・常見 譲史・中澤 靖彦 (1992). 栃木県で発生した *Colletotrichum acutatum* Simonds によるイチゴ炭そ病. 関東東山病害虫研究会報 39: 129-133.
- 片山 貴雄・末信 真二・三井 寿一・浜地 勇次 (2008). 噴霧接種法を用いたイチゴ炭疽病抵抗性の評価方法. 福岡県農業総合試験場研究報告 27: 39-43.
- 稲田 稔・山口純一郎 (2006). 促成栽培イチゴにおけるイチゴ炭疽病菌 *Colletotrichum acutatum* および *Colletotrichum gloeosporioides* による果実腐敗の発生. 九州病害虫研究会報 52: 11-17.
- 稲田 稔 (2012). 潜在感染株からの降雨および灌水によるイチゴ炭疽病菌 (*Glomerella cingulata*) の飛散. 植物防疫 66: 388-392.
- Gan, P., Nakata, N., Suzuki, T., and Shirasu, K. (2017). Markers to differentiate species of anthracnose fungi identify *Colletotrichum fructicola* as the predominant virulent species in strawberry plants in Chiba Prefecture of Japan. *Journal of General Plant Pathology* 83: 14-22.
- Han, Y.C., Zeng, X.G., Xiang, F.Y., Ren, L., Chen, F.Y., and Gu, Y.C. (2016). Distribution and characteristics of *Colletotrichum* spp. associated with anthracnose of strawberry in Hubei, China. *Plant Disease* 100: 996-1006.
- 岡山 建夫 (1994). イチゴ炭そ病菌 *Glomerella cingulata* (= *Colletotrichum gloeosporioides*) 分生子の飛散および障壁による防除効果. 日本植物病理学会報 60: 113-118.
- Suzuki, T., Tanaka-Miwa, C., Ebihara, Y., Ito, Y., and Uematsu, S. (2010). Genetic polymorphism and virulence of *Colletotrichum gloeosporioides* isolated from strawberry (*Fragaria x ananassa* Duchesne). *Journal of General Plant Pathology* 76: 247-253.
- Zhang, L., Huang, X., He, C., Zhang, Q.Y., Zou, X., Duan, K., and Gao, Q. (2018). Novel fungal pathogenicity and leaf defense strategies are revealed by simultaneous transcriptome analysis of *Colletotrichum fructicola* and strawberry infected by this fungus. *Frontiers in Plant Science* 9: 434.

## あとがきにかえて

本書では開発されて間もない施設園芸のAI発病予測システム「プランテクト<sup>®</sup>」を利用した病害防除技術の開発に関する試験・研究成果の概要を紹介しました。前述のように、本研究で使用した発病予測ソフトウェアは、新しいデータを学習して、年々、予測性能を向上させ、それぞれの栽培により対応した予測をするようになることが期待されます。このシステム(第1編)を有効に使うためには、発出されるリスクに対応して適切な防除(農薬散布など)を行うことが重要です。本研究プロジェクトではその技術開発に関する試験をできるだけ多く実施し、その結果を本書の第2編に掲載しました。発病予測の利用法はこれにとどまりません。病気の発生生態を踏まえてさまざまな視点から病害管理が可能です。本プロジェクトで得られた発生生態に関する知見(第3編)は、その際に有用なヒントや手がかりを与えるものと考えています。ここで紹介したAI発病予測システムは、慣行防除やその背景にある考え方・経験を踏まえてあるいは参考にすることでより効果的に利用できます。本研究プロジェクトの成果が、このシステムを利用した合理的な病害防除、ひいては総合防除(IPM)の一層の充実に貢献できれば幸甚です。

## 執筆分担

### 第1編

#### 「施設園芸における主要病害発病予測システム:プランテクト<sup>®</sup>」

佐々貴洋・伊藤 聖  
バイエルクロップサイエンス社

### 第2編

#### 「AI発病予測システムを利用した施設栽培における空気伝染性病害管理の事例」

	[実施機関]	執筆者
・トマトうどんこ病	[岩手県農業研究センター]	岩舘康哉
・トマトすすかび病	[広島県立総合技術研究所農業技術センター]	清水佐知子
・キュウリ褐斑病	[福岡県農林業総合試験場]	鍋谷 霞
・キュウリべと病	[宮崎県総合農業試験場]	櫛間義幸
・イチゴうどんこ病	[香川県農業試験場]	西村文宏
	[福岡県農林業総合試験場]	菊原賢次
	[岡山県農林水産総合センター 生物科学研究所]	鳴坂義弘・鳴坂真理

### 第3編

#### 「施設園芸で多発する空気伝染性病害の発生生態」

	執筆者
I. トマトうどんこ病の発生に対する環境要因の影響	岩舘康哉
III. キュウリ褐斑病の発生に対する気象要因の影響	宇佐見俊行・園家 結・ 荒木七海・尾崎梨花
IV. キュウリべと病の発生に対する気象要因の影響	宇佐見俊行・長濱野乃佳・ 佐々木悠人・宮島麻岐・ 滝沢友莉子
V. イチゴうどんこ病の潜伏期間及び感染発病に対する湿度と葉面濡れの影響	古屋廣光
VI. イチゴ炭疽病の感染発病に対する温度および葉面濡れ時間の影響	戸田 武

---

---

## 施設園芸における空気伝染性病害の発生予測と病害管理

2023年(令和5年)3月20日 初版発行(WEB版)

2024年(令和6年)3月31日 追補

編集発行 AI病害発生予測コンソーシアム

代表機関 公立大学法人 秋田県立大学

研究統括者 古屋廣光

問い合わせ先 〒010-0195

秋田県秋田市下新城中野字街道端西241-438

秋田県立大学

TEL:018-872-1500

email:stic@akita-pu.ac.jp

- 
- 
- ・ AI病害発生予測コンソーシアムは、本書に記された技術・情報を利用したときの結果について一切の責任を負いかねますので、あらかじめご了承ください。
  - ・ 本書の内容を許可なく転載する事を禁じます。