

植	物	
防	疫	
講	座	

病害編-13

うどんこ病菌による病害の発生生態と防除

三重大学生物資源学部

たか
高まつ
松すすむ
進

茨城県農業総合センター 園芸研究所

みや
宮もと
本たく
拓や
也

はじめに

農家だけではなく家庭菜園などでキュウリ、カボチャ、メロン、トマト、イチゴ等を栽培していると、葉や茎、イチゴでは果実に白い粉状のカビが生じることがある。これが出るとイチゴでは全く商品価値がなくなるし、葉のみに発生した場合でも、植物が衰弱し、収量減や品質低下につながる。庭木では、サルスベリやバラの花が真っ白になって、花付きが悪くなるなどの被害が出る。ブドウでは葉や果実に発生し、糖度を著しく減少させるため、世界各地のワイン生産地では最も重要なブドウ病害とみなされている。これらは一般にうどんこ病と呼ばれる病気で、その病気を起こす病原菌を総称してうどんこ病菌という。うどんこ病菌はウドンコカビというカビの一種で、世界で約1万種の被子植物に寄生して病気を起こす (AMANO, 1986)。一方、マツヤスギ等の裸子植物やシダ類に発生したという報告はない。すなわち、ウドンコカビは被子植物限定の病原菌である。被子植物の中でも、大部分の宿主は双子葉植物であり、単子葉植物では麦類に限定的に寄生するのみである。同じイネ科でも、イネやトウモロコシに発生した例はない。

本稿ではうどんこ病菌およびうどんこ病の性状、分類、発生生態および防除法について解説する。なお、第I章からV章までは高松が、第VI章の防除方法は宮本が主に担当した。

I うどんこ病菌とは

うどんこ病菌はすべて植物の絶対寄生菌である。絶対寄生菌というのは生きた植物に寄生することによってのみ生存可能な菌で、基本的に人工培養ができない。同じ絶対寄生菌でも一部のさび病菌では人工培養が可能になっているが、うどんこ病菌ではいまだに人工培養に成功

したという報告を聞かない。絶対寄生菌でないうどんこ病菌は今のところ知られていないので、おそらく共通祖先が絶対寄生性という寄生様式を獲得し、その後現在に至るまでその生存様式を維持し続けてきたのであろう。宿主植物を殺してしまうと自分自身が生存できないので、うどんこ病菌は通常宿主を殺すことはしない。宿主細胞を殺すことなく巧妙に栄養分だけを吸収するためには、宿主細胞との巧妙なやりとりが必要であり、その結果、1種類のうどんこ病菌が寄生できる植物は狭い範囲に限定されると長い間信じられてきた。うどんこ病菌の多くは確かにその通りなのだが、なかには複数の植物科をまたいで寄生することができるような多犯性のうどんこ病菌もいることが明らかになっている。

うどんこ病菌は子の菌と呼ばれる菌類の仲間にも属し、ウドンコカビ科という分類群を形成する。ウドンコカビ科に所属する菌類は例外なくすべてうどんこ病菌である。世界ではウドンコカビ科は18属に分かれ、種数では900種以上が知られている (高松 2018年9月調査)。このうち日本に分布するうどんこ病菌は11属260種余りである (高松, 2012)。それぞれのうどんこ病菌の宿主範囲は狭いので、トマトのうどんこ病菌がキュウリに感染したり、キュウリのうどんこ病菌がトマトに感染することは通常はない。したがって、同じような白いカビが生えていたとしても、植物の科が異なれば異なるうどんこ病菌が付いていると考えてほぼ間違いない。もちろん、上記のように多犯性の菌もいるので、すべてがそうであるわけではない。

II うどんこ病菌の見分け方

うどんこ病菌などの菌類は、一般的に無性的に作られる胞子 (無性胞子) と有性的に作られる胞子 (有性胞子) の2種類の胞子をつつの生活環の中で形成する (さび病菌ではもっと沢山の種類の胞子が作られる)。菌類は基本的に有性胞子の形態に基づいて分類されるが、無性胞子しか作らない菌類も多く、その場合には分類することができない。そのため、1種類の菌類であっても有性世

Ecology and Control of Plant Diseases Caused by Powdery Mildew Fungi. By Susumu TAKAMATSU and Takuya MIYAMOTO

(キーワード: うどんこ病, ウドンコカビ, 病徴, 寄生様式, 生活史, 防除法)

代による名前と無性世代による名前の2種類の異なる名前を付けることが例外的に認められてきた。しかし、最近では有性胞子がなくてもDNAデータで種類を判別することが可能になったため、このような例外規定は撤廃され、1種の菌類に対して一つの名前だけになりつつある。うどんこ病菌でも分類は有性世代の特徴に基づいて行われてきたが、後述のように今では無性世代の特徴からでも属レベルの分類が可能になっている。有性世代は晩秋の短い時期にしか見られないことが多く、うどんこ病菌は活動時期の大部分を無性世代で過ごしているため、これはうどんこ病菌を見分けるために大きなメリットとなる。

うどんこ病菌の胞子は小さいので、菌を見分けるには顕微鏡が必要である。うどんこ病菌は組織の大部分が植物表面に露出する表皮寄生性であるので、顕微鏡で形態を観察するのは容易である。白いカビがふいている菌そうの部分にセロテープなどの粘着テープを押し当て、剥がすと菌体がテープに付着して剥がれてくる。スライドガラス上に水を一滴垂らし、菌そう部分が水に接するようにして乗せ、そのまま検鏡する。観察するポイントは無性胞子(分生子)の形成方法(連鎖型か単生型か)、分生子内にフィブリン体があるかどうか、菌糸上の付着器の形態等である。また、分生子の発芽管の形態もうどんこ病菌の種類を見分けるには重要である。秋になると白い菌そうの中に直径0.1~0.2ミリほどの小さな黒い粒が形成される。これはうどんこ病菌の有性世代で、日本語では閉子のう殻と呼ばれる(図-1, 図-3C)。英語では“chasmothecium”という名前がついているが、これは日本語に直訳すると「裂開子」という意味になる。

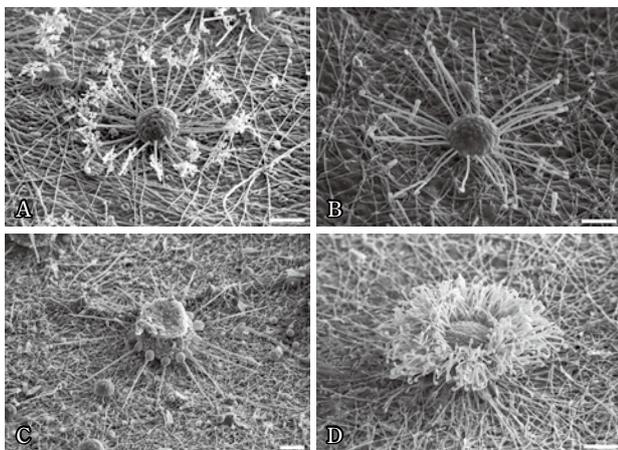


図-1 うどんこ病菌の閉子のう殻

A: ミズナラうどんこ病菌 *Erysiphe alphitoides* (*Microsphaera* 節). B: ハンノキうどんこ病菌 *Erysiphe miyabei* (*Uncinula* 節). C: クワ裏うどんこ病菌 *Phyllactinia moricola*. D: ヤマモミジうどんこ病菌 *Sawadaea polyfida*. 図中のバーは100 μm .

閉子のう殻の中には子のうと呼ばれる袋が入っていて、子のうの中には子のう胞子が入っている(図-2)。子のう胞子は有性胞子で、うどんこ病菌の遺伝的多様性を高めたり、越冬器官として機能していると考えられている。閉子のう殻の付属糸の数や形態、閉子のう殻中の子のうの数、子のう中の子のう胞子の数等によってうどんこ病菌の種類を見分けることができる。以下にうどんこ病菌の属を見分けるための検索表を表-1示す。

III 病 徴

上記のように、うどんこ病は植物の葉、茎、果実、花等に白い粉を吹いたような症状を起こすので、鑑定は比較的容易である(図-3A, B)。うどんこ病菌の種類によって、葉の表裏に菌そうを形成するものや、表側と裏側のどちらかのみ形成するもの等、様々である。アラカ



図-2 ボタンうどんこ病菌 *Erysiphe paeoniae* の閉子のう殻、子のう、子のう胞子
図中のバーは50 μm .



図-3 うどんこ病の病徴

A: *Erysiphe hiratae* によるアラカシうどんこ病. B: *Sawadaea polyfida* によるオオモミジうどんこ病. C: コウゾの葉裏の病斑上に形成された *Phyllactinia broussonetiae-kaempferi* の閉子のう殻. D: *Cystotheca* 属菌による *Castanopsis* うどんこ病の黒褐色の菌そう.

表-1 我が国に分布するうどんこ病菌属の検索表

[完全世代属および節の検索表]

1	内部（半内部）寄生性である	2
1*	表皮寄生性である	4
2	付属糸は菌糸状	<i>Leveillula</i>
2*	付属糸は菌糸状でない	3
3	付属糸は基部が膨らんだ針状	<i>Phyllactinia</i>
3*	付属糸の先端が渦巻状に巻く	<i>Pleochaeta</i>
4	分生子を形成しない	5
4*	通常、分生子を形成する	7
5	閉子のう殻の隔壁は1層	<i>Erysiphe</i> sect. <i>Californiomyces</i>
5*	閉子のう殻の隔壁は数層	6
6	付属糸は棍棒状	<i>Erysiphe</i> sect. <i>Typhulochaeta</i>
6*	付属糸先端部が渦巻状に巻く	<i>Parauncinula</i>
7	分生子は単生	8
7*	分生子は鎖生	10
8	付属糸は菌糸状	<i>Erysiphe</i> sect. <i>Erysiphe</i>
8*	付属糸は菌糸状でない	9
9	付属糸先端部が数回二分岐する	<i>Erysiphe</i> sect. <i>Microsphaera</i>
9*	付属糸先端部が渦巻状に巻く	<i>Erysiphe</i> sect. <i>Uncinula</i>
10	閉子のう殻内の子嚢は単数	11
10*	閉子のう殻内の子嚢は複数	13
11	菌叢に褐色の剛毛を生じる、ブナ科に寄生	<i>Cystotheca</i>
11*	菌叢に褐色の剛毛を生じない	12
12	付属糸は菌糸状	<i>Podospaera</i> sect. <i>Sphaerotheca</i>
12*	付属糸は先端が数回二分岐	<i>Podospaera</i> sect. <i>Podospaera</i>
13	分生子および分生子柄内に明瞭なフィブリン体を有する	<i>Sawadaea</i>
13*	分生子および分生子柄内に明瞭なフィブリン体を有しない	14
14	イネ科に寄生、付属糸はほとんどない	<i>Blumeria</i>
14*	明瞭な付属糸を有する	15
15	付属糸は先端が数回二分岐する、 <i>Lycium</i> （クコ）属植物に寄生	<i>Arthrocladiella</i>
15*	付属糸は菌糸状	16
16	子のう内の子のう数は2~3個、まれに4個	<i>Golovinomyces</i>
16*	子のう胞子は越冬前は未分化、子のう数は2~8個	<i>Neoerysiphe</i>

[無性世代の形態のみによる属の検索表] カッコ内は無性世代属

1	内部（半内部）寄生性である	2
1*	表皮寄生性である	3
2	分生子柄は通常内生菌糸から生じ、気孔から伸長する	<i>Leveillula</i> (<i>Oidiopsis</i>)
2*	分生子柄は外生菌糸から生じる	<i>Phyllactinia</i> & <i>Pleochaeta</i> (<i>Ovulariopsis</i>)
3	分生子内に明瞭なフィブリン体が見られる	4
3*	分生子内に明瞭なフィブリン体が見られない	6
4	大型分生子と小型分生子が形成される	<i>Sawadaea</i> (<i>Octagonium</i>)
4*	小型分生子は形成されない	5
5	褐色の鎌型気中菌糸を形成する、ブナ科に寄生	<i>Cystotheca</i> (<i>Setoidium</i>)
5*	褐色の気中菌糸を形成しない	<i>Podospaera</i> (<i>Fibroidium</i>)
6	分生子柄基部が膨らむ、イネ科に寄生	<i>Blumeria</i> (<i>Oidium</i>)
6*	分生子柄基部は膨らまない	7
7	分生子は単生	<i>Erysiphe</i> (<i>Pseudoidium</i>)
7*	分生子は鎖生	8
8	分生子発芽管および菌糸上の付着器は拳状	<i>Neoerysiphe</i> (<i>Striatoidium</i>)
8*	分生子発芽管および菌糸上の付着器は棍棒状または乳頭状	9
9	分生子柄の辺は鋸羽状 (crenate)、 <i>Lycium</i> （クコ）属植物に寄生	<i>Arthrocladiella</i> (<i>Graciloidium</i>)
9*	分生子柄の辺は波板状 (sinuate)	<i>Golovinomyces</i> (<i>Euoidium</i>)

シ、シラカシ等常緑カシ類に発生する *Cystotheca wrightii* は葉の裏側に黒褐色の菌そうを形成する (図-3D)。この菌は春先には典型的なうどんこ病らしい白色の菌そうを作るが、5月中旬になると茶色になり始め、6月には黒褐色になる。これはこの菌が5月から有性世代である閉子のう殻を形成し始めるため、閉子のう殻とそれを守る剛毛という毛のようなものの色である。*C. wrightii* による常緑カシ類のうどんこ病は、このような特徴的な病徴から紫かび病という病名がつけられている。また、その他のうどんこ病菌でも、秋になって閉子のう殻を形成すると菌そうが褐色になるものもある。カキノキやモクレン、コブシ等のうどんこ病の初期の病徴は、葉の褐点や黒点として現れ、うどんこ病と気づかないことも多い。これらは秋になって気温が下がってくると典型的なうどんこ病の症状を呈する。

スナップエンドウにエンドウうどんこ病菌 *Erysiphe pisi* が感染して「ごま症」と呼ばれる褐色斑点症状を生じることがある (樋口・中島, 2016)。また、リンゴのうどんこ病菌である *Podospaera leuhotrica* が本来の宿主ではないモモに感染し、モモ果実に「rusty spot」と呼ばれる褐色斑点を生じることがある (JANKOVICS et al., 2011)。

IV 寄生様式

18属あるうどんこ病菌のうち、14属は表皮寄生性を示し、3属が半内部寄生性、残り1属のみが内部寄生性を示す。表皮寄生性は植物寄生菌として大変珍しい寄生様式である。表皮寄生性うどんこ病菌は、菌糸のすべてが植物の表面に露出し、無性孢子や閉子のう殻もすべて植物表面の菌糸体から生じ、外生する。唯一、「吸器」と呼ばれる栄養吸取器官のみが細胞壁を貫通して植物の表皮細胞に侵入し、そこから植物細胞を殺すことなく養分を吸収する。吸器は植物の細胞壁は貫通するが、細胞膜を貫通しないので、実質的には植物の細胞内に侵入しているわけではない。半内部寄生菌は分生子の発芽管が宿主の気孔から侵入し、葉肉細胞に吸器を形成するが、残りのすべての菌糸体および孢子形成細胞は植物表面に露出する。*Leveillula* 属と呼ばれる1属のみが植物の細胞間隙を生育する内生菌糸体を持ち、完全な内部寄生性を示す。分生子形成細胞(分生子柄)は内生菌糸から生じ、気孔から植物表面に伸長する。半内部寄生菌、内部寄生菌とも気孔から侵入するので、菌そうは気孔がある葉裏のみに形成される。

DNAを用いた系統解析の結果、表皮寄生性がうどんこ病菌の祖先的性質で、その後、半内部寄生性が進化し、

最後に内部寄生性が進化したことが明らかになっている (TAKAMATSU et al., 2016)。内部寄生菌である *Leveillula* 属菌の地理的起源は中央アジアから地中海域であると考えられており、内部寄生性の進化はうどんこ病菌の乾燥適応の結果であると考えられている (BRAUN and COOK, 2012)。

V 生活史

ハウス栽培の野菜類などではうどんこ病は季節を問わず発生するが、ここでは自然発生のうどんこ病の生活史を概説する。うどんこ病の初発期は、地域、宿主、うどんこ病菌の種類によって大きく異なるので一概には言えないが、東海地域では3月下旬ごろにはアラカシの若葉に *Cystotheca wrightii* の白い菌そうが見られるようになる。また、マサキのうどんこ病なども春先の比較的早くに見られるものの一つである。その後、4、5月ころになるといろいろな植物にうどんこ病が発生し始め、6月の梅雨時期に夏前の発生のピークを迎える。梅雨明け後はいったん終息したかのように見えるが、秋、最高気温が30℃を下回るようになると、再び発生が増加してくる。秋(東海地域ではおおむね10月以降)になると多くのうどんこ病菌で、菌そう上に直径0.1~0.2 mm程度の黒粒が多数見られるようになる(図-3C)。これはうどんこ病菌の有性器官である閉子のう殻で、閉子のう殻内部に有性孢子である子のう孢子が含まれる。

閉子のう殻は一般にうどんこ病菌の越冬器官であると考えられているが、越冬の仕方は宿主植物やうどんこ病の種類によって異なる。落葉広葉樹に寄生するうどんこ病菌の場合、閉子のう殻は宿主葉上で形成されたのち、風雨などによって宿主葉上から離脱し、宿主の枝などに付着して越冬し、次年度の第一次伝染源になる。草本植物に寄生するうどんこ病菌は宿主残渣上の閉子のう殻で越冬し、翌年の第一次伝染源になると考えられる。アラカシ、シラカシ等常緑樹に寄生する *Erysiphe* spp., *C. wrightii* 等のうどんこ病菌は、宿主葉上に付着した閉子のう殻の形態で越冬する。クワ裏うどんこ病菌 *Phyllactinia moricola* や、エノキうどんこ病菌 *Pleochaeta shiraiana* 等は閉子のう殻が大きいので、冬期に宿主の枝上に付着して越冬している閉子のう殻を肉眼で容易に見つけることができる。

うどんこ病菌の中には有性器官を形成しない菌も多いので、そのような菌では閉子のう殻以外の越冬手段を持っていると考えられるし、また、閉子のう殻を形成する菌でも閉子のう殻が唯一の越冬手段ではない例が多く見られる。例えば、サルスベリうどんこ病菌は閉子のう殻を豊富に形成するが、冬芽の内部に侵入した菌糸でも

越冬すると考えられている。宿主の冬芽内で越冬すると考えられる菌はこれ以外に、リンゴ、ブドウ、バラ、トウカエデ、ウバメガシ、マサキ等のうどんこ病菌がある (JARVIS et al., 2002)。また、常緑カシ類に寄生する *Erysiphe* spp. やマサキ、ウバメガシ等の常緑植物のうどんこ病菌では、前年の菌そうがそのまま生き残って翌春に菌そう上に新たな分生子を形成し、第一次伝染源になる (和田, 1986)。

宿主範囲の広い菌では他の宿主植物が第一次伝染源として働いている可能性がある。木本寄生性のうどんこ病菌は一般に宿主範囲が狭いので、他の宿主が第一次伝染源となる例は比較的少ないと考えられる。ただし、熱帯地域でパラゴムノキ、マンゴー、ランブータン、カンキツ類、アカシア等に寄生する *E. quercicola* は多犯性であることが明らかになりつつあるので、熱帯地域でこれらの宿主に着く菌が相互に伝染源になっている可能性がある (SIAHAAN et al., 2016)。キュウリやカボチャ等ウリ科野菜には、我が国で *Podosphaera xanthii* と *Golovinomyces orontii* の2種のうどんこ病菌が寄生する。この2種の菌はいずれもウリ科野菜に寄生性がある。また、ウリ科以外でも、*G. orontii* がキュウリ畑近くのホトケノザ (シソ科) に寄生していた記録がある (UCHIDA et al., 2009)。この菌はキュウリにも寄生性があった。ホトケノザには別種のうどんこ病菌が寄生することが知られているので、うどんこ病が発生していても別種の菌として見過ごされがちであるが、圃場近くの雑草類をより注意深く観察する必要がある。また、*P. xanthii* も多犯性であることが知られており、畑地周辺の雑草が伝染源として働いている可能性がある (我孫子, 1978)。*P. xanthii* は最近単子葉植物にも寄生したという報告があり、従来考えられている以上に多くの植物に寄生性を有する可能性がある (Cho et al., 2018)。ピーマンに寄生する *Leveillula taurica* も多犯性である。本菌は我が国では有性世代を形成しないので、周辺雑草が伝染源として機能している可能性がある。この菌は、ピーマンのほか、トマトなどのナス科植物や、ナス科以外の植物にも寄生する。内部寄生菌であるため病徴が見分けにくく、発生していても見逃されている可能性がある。残念ながら、*L. taurica* によるピーマンうどんこ病の生態的研究は我が国ではほとんど行われていないので、今後の研究が待たれる。

VI 防除方法

うどんこ病の発生部位は主に葉や葉柄、莖であり、被害は光合成阻害であることが多いが、パセリでは商品箇所である葉に、イチゴでは果実に発生するため大きな減

収要因となる。慣行の生産現場における本病の防除は、主に化学的防除法に頼っている。しかし、耐性菌の発生などにより防除に苦慮することも多い。一方、それ以外の防除法についても様々な方面から研究され、実用化されているものもある。本稿では野菜類のうどんこ病に絞って、防除方法の現在の状況について説明する。

1 耕種的防除法

一般的な対策として、適切な肥培管理、罹病部の除去、さらには経営によっては輪作を行うことが有効である。

キュウリやメロン等では、本病に強いまたは抵抗性を有する品種が販売されている。また、キュウリでは本病に抵抗性のブルームレス台木が穂木の抵抗性または耐病性を増強するとの報告もある (坂田ら, 2006)。その一方、メロンでは28種あるとされるレース分化 (McCREIGHT, 2006) や、キュウリでは抵抗性品種の低温条件下での罹病化 (森下, 2010)、さらには以前までは主に *Podosphaera xanthii* と考えられていたウリ科野菜の病原菌に、最近では *Golovinomyces* 属 (星ら, 2009; UCHIDA et al., 2009) の発生が報告されている。そのため、防除を抵抗性品種のみに頼ることなく他の防除法と組合せることが重要である。

うどんこ病はやや乾燥した条件下で発生しやすく、葉の濡れは発生抑制に働くと考えられている (我孫子・岸, 1976; WHIPPS and BUDGE, 2000)。しかし、本病以外の多くの病害は多湿条件を好み、一般的に施設栽培で病害を抑制するための環境制御は、除湿や結露対策の考え方で実施される (牛尾・竹内, 2006; 下元, 2014)。最近、ナス黒枯病対策を目的にヒートポンプ空調機を用いた湿度制御が検討され、その中でうどんこ病の発生には影響を及ぼさなかったことが報告された (岡田ら, 2017)。他の病害抑制を目的とした環境制御技術がうどんこ病に与える影響に関しては今後さらなる事例が待たれるところである。なお、送風ダクトや循環扇についても、吹き出し口付近はうどんこ病の発生源となることがあるので注意する。

2 物理的防除法

温湯散布は植物体への熱ショックでの抵抗性誘導 (佐藤, 2011) などで防除効果を発揮すると考えられている。イチゴでは、専用の散布装置で温湯を葉温が50℃となるように散布すると、化学農薬の使用回数を大幅に削減した場合でも、本病の発生が顕著に抑制された (小河原ら, 2012)。本装置は「ゆけむらー」として販売されている。

紫外光 (UV-B) 照射による発病抑制についても、イチゴ (神頭ら, 2011) で実用化され、「UV-B 電球形蛍光

表-2 キュウリうどんこ病に対する各種薬剤の防除効果

供試薬剤	希釈倍数 (倍)	調査葉数 (葉)	10月11日			10月18日		
			発病率 (%)	発病度 ^{a)}	防除価 ^{b)}	発病率 (%)	発病度	防除価
メパニピリム水和剤	2,000	50.0	46.0	11.3	89	58.0	15.1	85
イミノクタジンアルベシル酸塩水和剤	2,000	50.0	65.3	17.5	82	84.0	28.3	72
DBEDC 乳剤	500	50.0	59.3	13.5	86	100.0	84.1	16
無処理		50.0	100.0	98.9		100.0	100.0	

試験概要：試験場所は茨城県農業総合センター園芸研究所ビニルハウス（20×5.4 m）。

定植は2017年9月4日，農薬散布は9月11日，21日，10月2日，うどんこ病の初発は9月14日。

^{a)} 発病度は以下の式で算出した。 $\{ \sum (\text{発病指数別葉数} \times \text{発病指数}) / (\text{全葉数} \times 5) \} \times 100$ 。

発病指数は0：発病なし，1：病斑面積が5%以下，2：6～25%，3：26～50%，4：51～75%，5：76%以上とした。

^{b)} 防除価 = $100 - (\text{薬剤処理区の発病度} / \text{無処理区の発病度}) \times 100$ 。

灯」として販売されている。夜間に3時間点灯することにより，UV-Bによって抵抗性が誘導され発病が抑制される。UV-Bについては，バラ（小林ら，2014）やパセリ（西村ら，2018）等でも防除効果が認められている。

3 化学的防除法

他の病害と同様に予防的な散布が基本であり，特に内部寄生菌であるピーマンでは予防を徹底することが重要である。また，本病原菌は殺菌剤耐性菌対策委員会（FRAC）により耐性菌リスクが高い生物として評価されているため，その感受性の動向には注意が必要である。

キノキサリン系水和剤は，本病に高い効果を発揮するとともに多作用点阻害剤であり耐性菌リスクも低いいため，ローテーション散布の一剤として非常に有効である。さらに，水和硫黄剤やイミノクタジンアルベシル酸塩水和剤，メパニピリム水和剤等も予防的に使用すると効果が高い。DBEDC 乳剤も高い効果を示すが，残効が短いので使用時には注意を要する（表-2）。

このほか，DMI 剤や QoI 剤，シフルフェナミド剤，SDHI 剤，フルチアニル剤，ピリオフェノン剤についても高い効果が期待できる。しかし，これら薬剤ではキュウリにおいて耐性菌の発生が報告されている（OHTSUKA et al., 1988；ISHII et al., 2001；細川ら，2006；MIYAMOTO et al., 2010；ISHII et al., 2011；宮本ら，2018）。茨城県では抑制栽培と促成栽培を同一の施設で行うキュウリ産地が多く，複数の薬剤に対する耐性菌の発生が深刻となっている。この原因としては，作期も長く薬剤の使用頻度も多いため成分使用回数が増える傾向にあるうえに，周年栽培により菌が常在化しやすいためと考えられる。他の作物でもいくつかの薬剤で耐性菌が報告されているため，キュウリでの状況を特殊事例と考えずに，ローテーション散布など対策を徹底することが重要である。

このほか，硫黄くん煙剤は予防的に使用することで高い効果が得られ，特に天敵を使用する施設栽培では貴重

な防除薬剤となっている。しかし，PO系フィルムに影響が大きいため使用には注意を要する。ここに挙げた薬剤よりやや効果は劣るが，使用回数制限のない炭酸水素カリウム水溶剤などを上手に使用することも効率的な防除に有効と考えられる。

引用文献

- 1) 我孫子和雄・岸 国平 (1976): 日植病報 42: 343 (講要)。
- 2) ——— (1978): 日植病報 44: 612~618。
- 3) AMANO, K. (1986): Host range and geographical distribution of the powdery mildew fungi, Japan Scientific Societies Press, Tokyo, 741 pp.
- 4) BRAUN, U. and R. T. A. COOK (2012): Taxonomic manual of the Erysiphales (powdery mildews), CBS Biodiversity Series No. 11. Utrecht, the Netherlands: CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre, 707 pp.
- 5) CHO, S. E. et al. (2018): Plant Dis. 102: 247.
- 6) 樋口康一・中島 純 (2016): 植物防疫 70: 730~735。
- 7) 星 秀男ら (2009): 同上 63: 608~613。
- 8) 細川浩晴ら (2006): 日植病報 72: 260~261 (講要)。
- 9) ISHII, H. et al. (2001): Phytopathol. 91: 1166~1171。
- 10) ——— et al. (2011): Pest Manag. Sci. 67: 474~482。
- 11) JANKOVICS, T. et al. (2011): Plant Dis. 95: 719~724。
- 12) JARVIS, W. R. et al. (2002): The Powdery Mildews; A Comprehensive Treatise, APS Press, St. Paul, Minnesota, p.169~199。
- 13) 神頭武嗣ら (2011): 植物防疫 65: 28~32。
- 14) 小林光智衣ら (2014): 同上 68: 28~32。
- 15) MCCREIGHT, J. D. (2006): J. Amer. Soc. Hort. Sci. 131: 59~65。
- 16) MIYAMOTO, T. et al. (2010): J. Gen. Plant Pathol. 76: 261~267。
- 17) 宮本拓也ら (2018): 日植病報 72: 217~218 (講要)。
- 18) 森下昌三 (2010): 植物防疫 64: 9~14。
- 19) 西村文宏ら (2018): 同上 72: 642~646。
- 20) 小河原孝司ら (2012): 茨城農総七園研研報 19: 39~46。
- 21) OHTSUKA, N. et al. (1988): 日植病報 54: 629~632。
- 22) 岡田知之ら (2017): 高知農技七研報 26: 25~29。
- 23) 坂田好輝ら (2006): 園学雑 75: 135~140。
- 24) 佐藤達雄 (2011): 植物防疫 65: 303~307。
- 25) 下元祥史 (2014): 同上 68: 443~446。
- 26) SAHAAN, S. A. S. et al. (2016): Mycoscience 57: 375~383。
- 27) 高松 進 (2012): 三重大院生資研究紀要 38: 1~73。
- 28) TAKAMATSU, S. et al. (2016): Mycologia 108: 837~850。
- 29) UCHIDA, K. et al. (2009): JGPP 75: 92~100。
- 30) 牛尾進吾・竹内妙子 (2006): 関東東山病虫害研報 53: 51~54。
- 31) 和田久美子 (1986): 日植病報 52: 547 (講要)。
- 32) WHIPPS, J. M. and S. P. BUDGE (2000): Eur. J. Plant Pathol. 106: 395~397。