

# 花き病害病原糸状菌類の光質に対する応答反応

佐藤 衛 <sup>a)</sup>

農研機構 花き研究所

[〒305-8519 茨城県つくば市藤本 2-1]

## Reactions of causal fungus on flowers and ornamental plants against wavelength, light intensity and irradiation time

Mamoru SATOU <sup>a)</sup>

NARO Institute of Floricultural Sciences

### 1. 目的

これまで、植物病原糸状菌の光に対する様々な反応について研究が行われている（本田, 1979, 1999 ; 倉田, 1986）. 紫外線 B 波（UV-B）は直接的な孢子発芽や発芽管の伸長を阻害するとして報告（Willoquet et al., 1996; Paul, 2000; Austin and Wilcox, 2012）や, Suthaparan et al. (2012) は, 暗期の途中で UV-B を照射することによってバラうどんこ病が抑制されることを報告している. この報告では, UV-B 照射がうどんこ病菌に直接作用し, うどんこ病の発生を抑制するとしている. また, 太陽光から UV-B を除去することによってうどんこ病の発生が増加することも示されている（Keller et al., 2003; Austin and Wilcox, 2012）. また, 分生子発芽と菌糸成長に及ぼす直接的な影響としては, 既にブドウうどんこ病でも報告（Willoquet et al., 1996; Austin and Wilcox, 2012）されている.

本報告では, 農業生物資源ジーンバンクの所蔵菌株を用いて, 品目・品種が多様な花きに発生する病原糸状菌類について, 過去の研究事例を参考に, 様々な波長に対して, 菌糸伸長を主とした光質応答反応を明らかにする.

なお, 本報告の一部は既に発表している (Kobayashi et al., 2013; 佐藤ら, 2013; 佐藤・小林, 2015).

### 2. 材料および方法

#### 1) 菌株および照射器具

花き類の病原糸状菌はそれぞれ各表に示す農業生物資源ジーンバンクに登録されている菌株を使用した.

---

a) (現所属) 農研機構 野菜花き研究部門 Institute of Vegetable and Floriculture Science, NARO  
[〒305-0852 茨城県つくば市藤本 2-1]

UV-Bにはタフナレイ(YGRKX21799:パナソニックエコソリューションズ社,大阪)を使用し,各設定照射条件となるよう,紫外線放射照度計(表示部X1,受光部UV-3702-4,Gigahertz-Optik社,ドイツ)で計測しながら調光器,距離または金属網等で調節した.UV-A(315~380nm)にはFL20S・BL-B(同上)を使用し,同じく紫外線放射照度計で計測し,調整した.青色光(400~500nm)にはFL20S・BおよびフィルターNK92050D(同上),緑色光(500~550nm)にはFL20S・GおよびフィルターNK92050G(同上),黄色光(550~600nm)にはFL20S・Y-F(同上),赤色光(600~700nm)にはFL20S・RおよびフィルターNK92050R(同上),遠赤色光(700~800nm)には特注品(同上),白色光にはFL20SS EX-N/18(同上)を使用し,各設定照射条件となるよう,Light Meter(表示部X1,受光部LI190SA,LI-COR社,アメリカ)で計測しながら調光器および距離または金属網等で調節した.

## 2) 光質が花き類の病原糸状菌の菌糸生育等へ及ぼす影響

### (1) 光質が植物病原糸状菌の菌糸生育に及ぼす影響

UV-B, UV-A, 青色光, 緑色光, 黄色光, 赤色光, 遠赤色光の各波長の光源を設置したインキュベーター内で, 菌糸生育に供試するプラスチックシャーレ内においてそれぞれのエネルギー量が  $20 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  (UV においては約  $720 \mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}$ ) となるよう光量を調節した. インキュベーター内の温度は, 菌糸生育に供試するプラスチックシャーレ内が  $25^{\circ}\text{C}$  となるよう調整した.

ジャガイモ煎汁ブドウ糖寒天(PDA)培地で各菌株を前培養し, 菌叢をコルクボーラーで打ち抜き, 菌糸生育調査用のPDA培地に置床した. 置床後は, 直ちに各インキュベーター内に移し, 24時間連続照射で4日間培養した. 対照区として, 同光量の白色光下  $25^{\circ}\text{C}$  および暗黒下  $25^{\circ}\text{C}$  において培養した. 培養終了後は, 菌叢の直径を計測した. 計測値を基に次の通り計算し, 1日当たり菌糸伸長量とした.

$$\text{1日当たり菌糸伸長量} = \frac{(\text{菌叢直径} - \text{コルクボーラーで打ち抜いて置床した培養片の直径})}{(2 \times \text{培養日数})}$$

1菌株当たり各光照射条件下で3反復行い, 平均値を算出した. 菌株毎に, 暗黒下での1日当たり菌糸伸長量を100として, 各光条件下での1日当たり菌糸伸長に換算した.

### (2) UV-Bが植物病原糸状菌へ及ぼす影響

#### i) UV-B照射強度が菌糸生育菌糸伸長及び孢子形成に及ぼす影響

PDA培地で前培養した灰色かび病菌4菌株を試験に供試した. 菌叢を菌糸生育菌糸伸長調査用のPDA培地に置床した. 置床後は, UV-B 2.9, 5.8,  $11.5 \mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}$  で照射し, 対照区は暗黒下  $25^{\circ}\text{C}$  とした. 培養3日後, 前述同様, 菌叢直径を調査し, さらに11日後にシャーレ当たりの分生子数を顕微鏡下で計数した.

#### ii) UV-B照射強度がバラうどんこ病菌に及ぼす影響

バラ品種‘サムライ08’上で形成されたうどんこ病菌の分生子を1.5%の素寒天培地に載せたタマ

ネギ表皮に、筆で払うことによって落下させた。この培地を 24°C 下に置き、UV-B をそれぞれ 0, 5, 10, 15, 20  $\mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}$  で照射した。24 時間後、顕微鏡下で発芽率を調査した。発芽率は UV 無照射の発芽率を 1 として補正した。

### iii) 自然光下における UV-B 照射がトルコギキョウ炭疽病菌に及ぼす影響

トルコギキョウ炭疽病菌 (*Colletotrichum fioriniae*: MAFF 238652) の培養菌叢片を PDA 培地上に置床し、紫外線透過量に影響を及ぼさない透明の袋 (No.9 規格袋, 株式会社ジャパックス, 東京) で覆った。その後、自然光条件のガラス温室内で UV-B (18 または 36  $\mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}$ , 8:30-14:30 の 6 時間) を照射し、3 日後、菌糸伸長を計測した。各区において 5 反復行った。対照は UV-B 無照射及びアルミ箔で覆い暗黒下とした。

## 3. 結果

### 1) 花き類の病原糸状菌の菌糸伸長等への光質の影響

#### (1) 光質が植物病原糸状菌の菌糸生育に及ぼす影響

*Botrytis cinerea* 20 菌株, その他地上部病害病原糸状菌 23 菌株及び土壌病害病原糸状菌 17 菌株の光質応答反応を調査した結果, UV-B 照射下では菌糸伸長は顕著に抑制された。一部の菌株では UV-A 照射下においても顕著な菌糸伸長抑制が認められた。青色光でも菌糸伸長抑制される菌株が認められた。緑色, 黄色, 赤色, 遠赤色では生育抑制される菌株はいくつかあったものの抑制効果は低いと考えられた (表 1~3)。

表 1. 各波長域下で培養した *Botrytis cinerea* の菌糸伸長 <sup>a)</sup>

MAFF No. <sup>b)</sup>	分離源 <sup>b)</sup>	波長域								
		暗黒	白色	UV-B	UV-A	青色	緑色	黄色	赤色	遠赤色
712085	ホウセンカ	100	92	0	96	107	109	103	92	99
712113	マリーゴールド	100	117	0	95	114	114	111	102	100
712114	スパシフィラム	100	90	0	99	107	104	93	102	97
712186	ムギワラギク	100	110	0	113	128	96	94	117	114
712187	ハナウリクサ	100	78	0	73	76	90	84	88	90
712188	トルコギキョウ	100	90	0	75	79	91	79	83	69
712189	キンギョソウ	100	89	0	65	93	91	92	89	92
712190	ニチニチソウ	100	84	0	43	79	93	84	88	89
712191	バラ	100	97	0	59	79	89	52	79	101
712192	カーネーション	100	99	0	69	92	90	85	94	94
712193	スターチス属植物	100	104	0	86	110	110	110	101	111
712199	ニオイミゾホオズキ	100	107	0	87	101	96	102	100	98
712200	キンギョソウ	100	144	0	86	141	121	118	124	109
712201	クササンダンカ	100	52	0	88	67	78	80	73	97
712202	デージー	100	91	0	59	62	98	94	72	50
712203	リンドウ属	100	97	0	86	102	96	94	96	94
712219	オステオスペルマム	100	77	0	72	80	77	81	90	98
712221	ノース・ポール	100	97	0	81	96	107	102	87	93
712222	キバナコスモス	100	109	0	133	129	173	87	109	74
712295	ユリ属植物	100	75	0	130	70	97	101	69	78

a) 各菌株の暗黒下における菌糸伸長を 100 として, 各波長域下での菌糸伸長を補正。

b) 農業生物資源ジーンバンク事業における菌株番号および菌株の分離源。

表 2. 各波長域下で培養したその他地上部病害病原糸状菌の菌糸伸長<sup>a)</sup>

MAFF No. <sup>b)</sup>	分離源 <sup>b)</sup>	学名	波長域								
			暗黒	白色	UV-B	UV-A	青色	緑色	黄色	赤色	遠赤色
712084	デンドロビウム類	<i>Selenophoma dendroibii</i>	100	117	63	117	105	90	95	71	93
712086	ツタ	<i>Phyllosticta ampellicida</i>	100	107	27	80	107	93	107	96	110
712087	タチシャリンバイ	<i>Cercospora violamaculans</i>	100	91	0	84	83	104	63	61	67
712088	ツワブキ	<i>Phyllosticta petasitidis</i>	100	100	0	75	98	93	95	99	99
712089	ジニア	<i>Alternaria zinniae</i>	100	101	0	103	98	89	94	107	101
712115	セントポーリア	<i>Corynespora cassiicola</i>	100	80	7	141	106	110	100	108	106
712210	ハマナス	<i>Colletotrichum fioriniae</i>	100	107	0	92	106	98	101	105	102
712211	ハマナス	<i>Colletotrichum fioriniae</i>	100	101	0	97	99	101	108	100	100
712212	ハマナス	<i>Alternaria alternata</i>	100	117	16	105	94	92	98	105	98
712213	ハマナス	<i>Alternaria alternata</i>	100	123	26	132	89	107	100	120	119
712218	シャクナゲ	<i>Corynespora</i> sp.	100	84	0	102	68	90	70	115	105
712285	キク	<i>Stemphylium lycopersici</i>	100	156	37	大 <sup>c)</sup>	168	142	120	136	134
712286	キク	<i>Stemphylium lycopersici</i>	100	104	59	166	153	112	129	153	94
712289	リンドウ	<i>Colletotrichum nymphaeae</i>	100	101	0	106	104	96	108	101	102
712291	ボケ	<i>Diprocarpon mali</i>	100	109	38	104	91	94	107	97	102
712292	ボケ	<i>Diprocarpon mali</i>	100	93	40	89	96	97	100	96	99
712293	アメリカナデシコ	<i>Alternaria alternata</i>	100	104	14	99	105	105	114	118	111
712296	アセビ	<i>Phyllosticta</i> sp.	100	106	0	53	110	107	115	114	111
712297	カナメモチ	<i>Entomosporium mespili</i>	100	75	7	50	71	96	80	104	93
712311	ストック	<i>Colletotrichum nymphaeae</i>	100	104	5	93	96	103	106	107	105
712312	ハダマノキ	<i>Colletotrichum fioriniae</i>	100	110	0	74	116	106	113	117	105
712313	クリスマスローズ	<i>Colletotrichum lineola</i>	100	111	0	105	103	102	111	109	107
712314	クリスマスローズ	<i>Colletotrichum lineola</i>	100	105	0	98	105	102	105	104	104

a) 各菌株の暗黒下における菌糸伸長を100として、各波長域下での菌糸伸長を補正.

b) 農業生物資源ジーンバンク事業における菌株番号および菌株の分離源.

c) 菌糸伸長が速く、測定不能.

表 3. 各波長域下で培養した土壌病害病原糸状菌の菌糸伸長<sup>a)</sup>

MAFF No. <sup>b)</sup>	分離源 <sup>b)</sup>	学名	波長域								
			暗黒	白色	UV-B	UV-A	青色	緑色	黄色	赤色	遠赤色
712100	シクラメン	<i>Fusarium</i> sp.	100	95	0	82	88	91	95	101	95
712101	シクラメン	<i>Fusarium oxysporum</i>	100	98	0	87	93	93	105	103	101
712195	ニチニチソウ	<i>Sclerotium</i> sp.	100	134	0	54	103	103	147	104	91
712198	マツムシソウ	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	100	124	0	66	109	105	101	100	90
712220	オステオスペルマム	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	100	80	0	27	113	137	107	105	108
712235	オオヒエンソウ属	<i>Verticillium tricorpus</i>	100	98	0	77	95	99	104	103	99
712240	オオヒエンソウ属	<i>Verticillium tricorpus</i>	100	111	0	81	100	103	97	106	106
712242	カーネーション	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>dianthi</i>	100	93	0	68	105	108	93	93	98
712246	カーネーション	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>dianthi</i>	100	99	0	80	93	92	100	101	97
712247	カーネーション	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>dianthi</i>	100	101	0	91	93	95	101	102	104
712249	カーネーション	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>dianthi</i>	100	99	0	84	95	101	108	106	104
712298	トルコギキョウ	<i>Penicillium pinophilum</i>	100	104	0	77	92	89	110	100	106
712300	トルコギキョウ	<i>Penicillium pinophilum</i>	100	87	0	41	100	92	97	103	97
712304	キク	<i>Fusarium oxysporum</i>	100	96	0	85	95	92	104	102	102
712315	エラティオール・ベゴニア	<i>Fusarium foetens</i>	100	101	0	75	96	98	106	105	104
712316	エラティオール・ベゴニア	<i>Fusarium foetens</i>	100	99	0	86	94	97	106	106	102
712322	ニューギニア・インパチエンス	<i>Rhizoctonia solani</i> AG2-2 III B	100	96	0	95	94	93	102	98	101

a) 各菌株の暗黒下における菌糸伸長を100として、各波長域下での菌糸伸長を補正.

b) 農業生物資源ジーンバンク事業における菌株番号および菌株の分離源.

## (2) UV-B が植物病原糸状菌へ及ぼす影響

### i) UV-B 照射強度が菌糸伸長及び孢子形成に及ぼす影響

キンギョソウ灰色かび病菌は暗黒下においても分生子を形成し、UV-B 照射の分生子形成への影響は認められなかったが、他の菌株では  $2.9 \mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}$  の UV-B 照射で分生子形成が促進された。また、菌糸伸長は、 $5.8 \mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}$  の UV-B 照射で約半分に抑制された (表 4)。

表 4. UV-B の照射強度を変えて培養した灰色かび病菌の菌糸伸長及び分生子形成

MAFF No. <sup>a)</sup>	分離源 <sup>a)</sup>	UV-B の照射強度 ( $\mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}$ )									
		暗黒		2.9		5.8		11.5		720	
		菌糸伸長	分生子数 <sup>b)</sup>	菌糸伸長	分生子数	菌糸伸長	分生子数	菌糸伸長	分生子数	菌糸伸長	分生子数
712113	マリーゴールド	100	—	36	3.2	25	2.0	0	2.7	0	2.8
712189	キンギョソウ	100	3.1	59	2.9	46	2.5	15	1.6	0	2.6
712193	スターチス属植物	100	0.9	79	3.3	66	2.9	18	2.6	0	3.1
712203	リンドウ属	100	—	58	0.9	57	—	36	—	0	2.7

a) 農業生物資源ジーンバンク事業における菌株番号および菌株の分離源。

b) 常用対数表示 [数値 =  $\log_{10}$ (平均分生子数)] , — は分生子形成無し。

### ii) UV-B 照射強度がバラうどんこ病菌に及ぼす影響

バラうどんこ病菌の分生子の発芽は、UV-B 照射量が高くなるにつれて低くなった。バラに傷害を引き起こさない程度の UV-B 照射区 ( $5, 10 \mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}$ ) では非照射区と比較して、うどんこ病菌の孢子発芽が若干抑制された (図 1)。

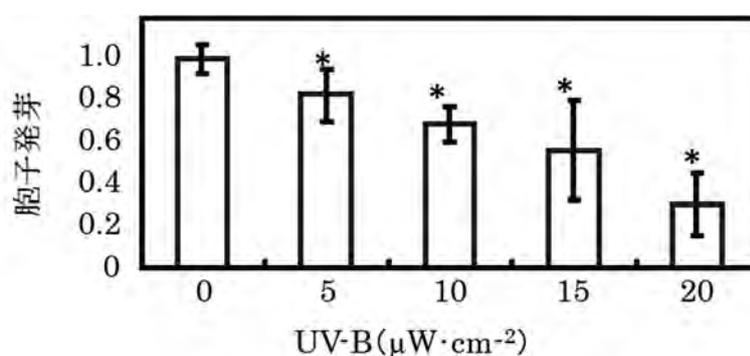


図 1. UV-B 照射強度におけるバラうどんこ病菌の発芽

発芽率は UV-B 無照射の発芽率 (対照 UV-B : 0) を 1 として補正。

\*は Williams 法により 5% で対照区との有意差あり。

(Kobayashi et al., 2013 の Fig.3 を改変)

### iii) 自然光下における UV 照射がトルコギキョウ炭疽病菌に及ぼす影響

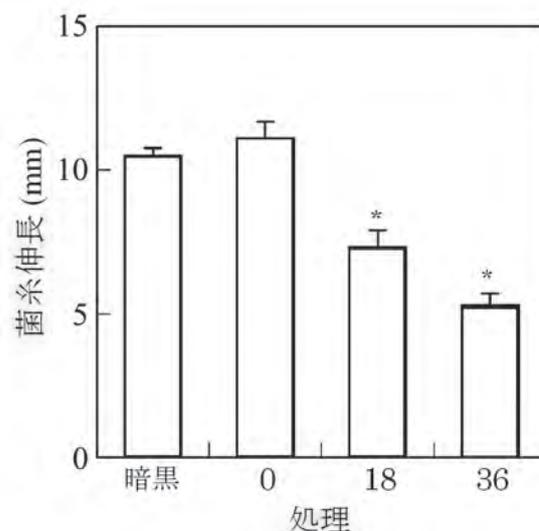
UV-B 照射区でのトルコギキョウ炭疽病菌の菌糸伸長は、暗黒下及び自然光下よりも有意に抑制された (図 2)。したがって、UV-B はトルコギキョウ炭疽病菌の菌糸伸長を直接抑制すると考えられた。

図 2. UV-B 照射によるトルコギキョウ炭疽病菌の菌糸伸長

0 : 自然光条件下, 18 : 自然光条件下で UV-B  $18 \mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}$  を 8:30–14:30 の 6 時間照射, 36 : 自然光条件下で UV-B  $36 \mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}$  を 8:30–14:30 の 6 時間照射. 平均 $\pm$ 誤差.

\*は Wilcoxon rank sum test により 5% で有意差あり.

(佐藤ら, 2013 の Fig.4 を改変)



#### 4. 考察

照射強度および照射時間にも関係するが, UV-B 照射により灰色かび病菌の菌糸伸長は抑制され, 分生子形成は促進されることが明らかとなった. 照射強度  $5.8 \mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}$  の照射で菌糸伸長は半分以下に抑制された. また,  $2.9 \mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}$  11 日間の照射で分生子形成数は促進された. 灰色かび病菌においては, 照射強度や時間によって, 菌糸伸長や分生子形成への影響が異なるものの, 一定の傾向はあるものと考えられる.

バラうどんこ病菌の分生子発芽においては, UV-B 照射強度に比例して発芽率が低下したことから, UV-B 照射はバラうどんこ病菌の生育に抑制的に働くと考えられた. しかし, 実用化段階で使用されている UV-B の照射強度 ( $5\sim 15 \mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}$ ) のみでは, バラうどんこ病に対して防除価 80 以上の効果を上げるとは考えにくいことから, 従来から考えられている抵抗性誘導との合わせ技により, 防除効果を示していると考えられる.

自然光下におけるトルコギキョウ炭疽病菌の菌糸伸長は UV-B 照射により有意に抑制されたことから, UV-B 照射はトルコギキョウ炭疽病菌の生育に抑制的に働くと考えられた. こちらについても, UV-B 照射の直接的な菌糸伸長抑制のみで防除価を高くすることは考えにくいため, 抵抗性誘導との合わせ技により, 防除効果を示すのではないかと考えられる.

#### 5. 謝辞

本研究は, 現在岩手生物工学研究センターの小林光智衣氏との共同研究として実施した. ここに記して深謝の意を表する.

#### 6. 参考文献

Austin, C. N. and Wilcox, W. F. (2012). Effects of sunlight exposure on grapevine powdery mildew development. *Phytopathology* 102: 857–866.

本田雄一 (1979). 糸状菌の胞子形成と光条件. *植物防疫* 33: 430–438.

- 本田雄一 (1999). 光環境と糸状菌および糸状菌病. 島根病虫研報 24: 5–28.
- Keller, M. et al. (2003). Nitrogen and ultraviolet radiation modify grapevines' susceptibility to powdery mildew. *Vitis* 42: 87–94.
- Kobayashi, M., Kanto, T., Fujikawa, T., Yamada, M., Ishiwata, M., Satou, M. and Hisamatsu, T. (2013). Supplemental UV radiation controls rose powdery mildew disease under the greenhouse conditions. *Environ. Control Biol.* 51: 157–163.
- 倉田宗良 (1986). 灰色かび病菌 (*Botrytis cinerea*) の分生胞子の形成誘起及び形成阻害におよぼす光質の影響. 高知農林研報 18: 1–7.
- Paul, N. D. (2000). Stratospheric ozone depletion, UV-B radiation and crop disease. *Environ. Pollut.* 108: 343–355.
- 佐藤 衛・小林光智衣・神頭武嗣・菅原 敬・山田 真・石渡正紀 (2013). 紫外線 B 波 (UV-B) 照射によるトルコギキョウ炭疽病の発病軽減. 関東病虫研報 60: 78–81.
- 佐藤 衛・小林光智衣 (2015). 第 1 編 花き類及び糸状菌類の光応答メカニズムの解明. 第 2 章 花き病害病原糸状菌ならびに花き類の病害虫抵抗性誘導における光質応答メカニズムの解明. 1 花き病害病原糸状菌類の光質応答反応. 農林水産技術会議事務局編. 花きの光応答メカニズムの解明及び高度利用技術の開発 (プロジェクト研究成果シリーズ 533). pp. 27–32.
- Suthaparan, A. et al. (2012). Suppression of powdery mildew (*Podosphaera pannosa*) in greenhouse roses by brief exposure to supplemental UV-B radiation. *Plant Dis.* 96: 1653–1660.
- Willcoquet, L. et al. (1996). Effects of radiation, especially ultraviolet B, on conidial germination and mycelial growth of grape powdery mildew. *Eur. J. Plant Pathol.* 102: 441–449.