水耕栽培におけるチンゲンサイ黒腐病（新称）の発生

伊藤佐弥香¹・瀧川 雄一^{1*}・平子 喜一²

ABSTRACT

ITO, S¹., TAKIKAWA, Y^{1*}. and TAIRAKO, K². (2003). Black rot of pak-choi in hydroponics caused by *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*. Jpn. J. Phytopathol. 69: 407-410.

In 2001, a new bacterial disease was observed on hydroponically cultured pak-choi [*Brassica campestris* L. (chinensis group)] in Fukushima Prefecture, Japan. Symptoms were expressed as water-soaked lesions that extended from the midrib to the tip of leaves. A causal bacterium was isolated not only from the infected tissues but also from the hydroponic solution. Stab inoculation of the midrib reproduced the original symptom. The symptom was also expressed after artificial inoculation of the roots, suggesting possible root infection from the bacterium in the hydroponic solution. The pathogen was identified as *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* (Pammel 1895) Dowson 1939.

(Received January 10, 2003; Accepted April 4, 2003)

Key words: *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*, black rot, pak-choi, hydroponics, root infection.

2001年8月下旬から10月にかけて、福島県西白河郡において水耕栽培のチンゲンサイ（Pak-choi: *Brassica campestris* L. (chinensis group)）品種：青美に細菌病と思われる病害が発生し、問題となった。病害の発生は施設全体に及んでいたが、発病株は集中せず散在していた。本病は予備試験より黒腐病に類似すると推測されたが、チンゲンサイにおいては黒腐病の記載は無く（日本植物病理学会編，2000），また病徴が他植物で発生している黒腐病の記載とは異なっていた。そこで、病原を解明する目的で病原細菌の分離と同定を試みた。なお、本研究の概要はすでに発表した（伊藤ほか，2002）。

本病の病徴は、初め中肋の基部に水浸状斑を形成し、やがて葉先に向かって伸長して幅2～5 mm、長さ1～数 cmに達する。水浸状部は、漸次黄褐変する（Fig. 1）。時には病斑上に黄色で粘質の菌泥の噴出が認められた。病斑の進展とともに病斑部の周辺は黄化し、さらに水浸状斑が拡大し、やがては葉全体が腐敗した。株全体が萎凋する例も認められた。しかし、軟化腐敗したり悪臭を放つことはなかった。また、茎の褐変とともに表皮が縦に裂開して維管束組織を露出している株も見られた。他のアブラナ科植物

黒腐病で典型的に観察される葉縁部からのV字型の黄化と葉脈の黒変も確認されたが、非常にまれであった。

罹病植物のさまざまな病斑からYP寒天培地（酵母5 g、ペプトン10 g、寒天15 g、蒸留水1000 ml、pH 6.8）を用いて細菌を分離した。これとは別に根、育苗用プラグのウレタンスポンジおよび水耕液からは、雑菌の混入が著しかったため、*Xanthomonas campestris* pv. *campestris* 用選択培地のSX培地（Schaad and White, 1974）を用いて細菌を分離した。このようにして罹病葉より6菌株、根より3菌株、プラグのウレタンスポンジ部分より1菌株、水耕栽培培養液より2菌株の計12菌株を得た（Table 1）。なお、本病害発生施設での水耕栽培培養液中では $10^2 \sim 10^3$ cfu/mlの病原細菌の存在が確認された。これらの分離株はいずれも後述のように接種で病原性が確認されたため、その性状を調査した。比較対照として静岡大学保存の*Xanthomonas campestris* pv. *campestris* 4菌株、*Xanthomonas campestris* pv. *raphani* 1菌株を用いた（Table 1）。

細菌学的性状は、Dye（1962）、および後藤・瀧川（1984）の方法に従って25℃で培養して調査した。本菌はグラム陰性好気性の桿菌で、1本の極鞭毛を有し、運動

¹ 静岡大学農学部（〒422-8529 静岡県静岡市大谷836） Faculty of Agriculture, Shizuoka University, 836 Ohya, Shizuoka 422-8529, Japan

² 福島県農業試験場（〒963-8041 福島県郡山市富田町字若宮前20） Fukushima Prefecture Agricultural Experiment Station, 20 Wakamiyamae, Tomita-machi, Koriyama, Fukushima 963-8041, Japan

* Corresponding author (E-mail: abytaki@agr.shizuoka.ac.jp)

Fig. 1. Symptoms on pak-choi leaves.

- a. Water-soaked lesion extending from midrib to tip of pak-choi leaf (arrows).
 b. Water-soaked lesion on pak-choi leaf.
 c. Severely infected plant.

Table 1. Bacterial strains used in this study

Strains	Host	Location	Year
Present isolates			
BC1, 2, 6, 8, 10, 11 (6)	Pak-choi leaf	Fukushima	2001
BC13, 16, 22 (3)	Pak-choi root	Fukushima	2001
BC-L1 (1)	Plug sponge	Fukushima	2001
BC-L2, 6 (2)	Hydroponic solution	Fukushima	2001
<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>campestris</i>			
XCC1	Cauliflower	Saitama	1979
BOB1	Broccoli	Ishikawa	2001
SUPP1886 (=w1)	Flowering cabbage	Hyogo	1999
XC8711	Chinese cabbage	Chiba	1987
<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>raphani</i>			
XRA9101	radish	Shizuoka	1991

(): number of strains.

性があった。糖を含む培地上で特有の黄色で光沢のある粘稠な集落を形成した。ツイーン80の分解、レシチナーゼ活性、硫化水素産生、デンプン分解、ゼラチン液化、カゼイン分解は陽性、硝酸塩の還元、アルギニンジヒドロラーゼ活性、インドールの生成は陰性であった。Dye (1962) のC培地上においてグルコース、スクロース、マルトース、トレハロース、セロビオース、ラフィノース、デキストリン、グリセロール、デンプン、マンノースから酸を産生し

た。これらの性状は比較供試した *X. c.* pv. *campestris* の菌株と完全に一致した。また、既往の記載 (土屋・大畑, 1982) ともよく一致していた。カゼイン分解においては本病原細菌および対照の *X. c.* pv. *campestris* の菌株で透明帯の周囲に白い帯を形成した。この点で、*X. c.* pv. *raphani* とは明らかに区別された (Table 2, Fig. 2) (Tamura *et al.*, 1994)。

次にチンゲンサイに接種試験を行った。用いた作物はす

Table 2. Bacteriological properties of pak-choi isolates and related xanthomonad strains

Characters	Pak-choi isolates	<i>Xanthomonas campestris</i> pv.	
		<i>campestris</i>	<i>raphani</i>
Gram reaction	—	—	—
OF test	O	O	O
Lecithinase	+	+	+
Nitrate reduction	—	—	—
Arginine dihydrolase	—	—	—
Production of			
H ₂ S	+	+	+
Indole	—	—	—
Hydrolysis of			
Gelatin	+	+	+
Esculin	+	+	+
Casein	+ WR ^{a)}	+ WR ^{a)}	+
Tween 80	+	+	+
Acid production from			
Glucose	+	+	+
Sucrose	+	+	+
Lactose	—	—	—
Maltose	+	+	+
Trehalose	+	+	+
Cellobiose	+	+	+
Raffinose	V ^{b)}	+	+
Dextrin	+	+	+
Glycerol	+	+	+
Starch	+	+	+
Mannose	+	+	+

+: positive reaction, —: negative reaction, V: variable.

a) WR: white ring reaction. Formation of white opaque zone around transparent zone (see Fig. 2).

b) strain BC-L2 negative.

べて、滅菌した培土をつめたセルトレイに数粒ずつ播種し、ガラス温室で育苗した。本葉が2～3葉に展開した時期にプランターへ移植し、生育させた。接種は本病原細菌12菌株と比較対照の *X. c. pv. campestris* 1菌株 (XCC1) を用いて単針付傷接種を行った。すなわち約 10^7 cfu/ml の細菌懸濁液1滴を植物体上に置き、この菌液を通して組織に軽く針で突き刺した。上からラップフィルムで軽く覆い、湿度を保つようにしてガラス温室に戻し、観察した。1月に葉の中肋の基部に接種を行った場合、接種後7日目に葉の基部より先端に向かって水浸状の病斑が伸長した。その後、さらに葉の先端に向かって水浸状斑が広がるとともに、その周囲が黄褐色となり、原病徴を再現した。また、地際の茎に単針付傷接種を行った場合、茎の内部組織が茶褐色となり、さらに葉先に向かって水浸状斑が伸長しているのが確認された。葉縁部に単針付傷接種を行った場合、V字くさび型の病斑を形成した。

Fig. 2. Casein hydrolysis test

A. Pak-choi isolates. Arrows indicate white opaque zone around transparent zone.

B. *X. c. pv. raphani*.

水耕栽培培養液より病原細菌が検出されたため、根からの感染の可能性も考えられた。そこで、根への接種を試みた。接種は温室で育苗した本葉4～5葉期苗を供試し、鉢底より伸びている根を切断してその切断部を約 10^8 cfu/ml に調製した細菌懸濁液に浸漬する方法で行った。本病原細菌2菌株 (BC1, BC-L1)、比較対照の *X. c. pv. campestris* 2菌株 (XCC1, SUPP1886) を用い、試験は4、5回繰り返して行った。その結果、BC1において8例中2例、XCC1において5例中1例ではあるが、根からの感染が認められた。病徴は接種1～2週間後に根および茎の維管束が茶褐色に変色した。その後、葉の基部から先端に向かって水浸状斑が伸長し、その周囲が黄褐色となった。これら感染植物の各部位から本病原細菌と同一の細菌が再分離された。

寄主範囲を調査するため、チンゲンサイと同様に育苗した以下の植物に、BC1株を用いて単針付傷接種をした。その結果、本分離菌株はナタネ (*Brassica campestris*)、ハクサイ (*B. campestris* (pekinensis group))、カブ (*B. campestris* subsp. *rapa* (rapifera group))、ハボタン (*B. oleracea* var. *acephala*)、カリフラワー (*B. oleracea* var. *botrytis* (botrytis group))、キャベツ (*B. oleracea* var. *capitata* (capitata group))、ブロッコリー (*B. oleracea* var. *italica*)、ダイコン (*Raphanus sativus*) のアブラナ科植物に典型的な黒腐症状を発現した。一方、シュンギク (*Chrysanthemum coronarium*)、ナツミカン (*Citrus natsudaidai*)、シンビジウム (*Cymbidium* sp.)、カクレミノ (*Dendropanax trifidus*)、カーネーション (*Dianthus*

caryophyllus), ビワ (*Eriobotrya japonica*), ヘデラ (*Hedera helix*), ジャーマンアイリス (*Iris germanica*), トマト (*Lycopersicon esculentum*), ヤマモモ (*Myrica rubra*), タバコ (*Nicotiana tabacum*), エンドウ (*Pisum sativum*), キンロバイ (*Potentilla verna*), サトウキビ (*Saccharum officinarum*), チャ (*Thea sinensis*), ソラマメ (*Vicia faba*) には病原性を認めなかった。

以上の結果から, 本病原細菌を *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* (Pammel 1895) Dowson 1939 と同定した。病名をチンゲンサイ黒腐病とする。

アブラナ科植物黒腐病の第一次伝染は種子伝染が主であると考えられ (杉山, 1977), 種子由来発病株からの葉の摩擦や汚染土壌からの水はね等によって二次伝染するため, 葉縁部からの V 字型の黄化と葉脈の黒変が典型的な病徴として現れる。しかし, 水耕栽培では葉の摩擦や水はねはほとんど無く, 土耕栽培とは異なる伝染が起こると想定される。水耕栽培では定植時や栽培中に地際部の茎および中肋基部などに傷が付きやすく, 本病原細菌を茎および中肋基部に接種すると原病徴が再現されたことから, 福島県西白河郡の水耕栽培で問題となったチンゲンサイ黒腐病は茎および中肋基部からの感染によって発生したもので, 葉縁からの感染による典型的な病徴を示さなかったものと推定した。さらに, 本病原細菌は水耕液からも検出され, 根に接種すると低率ではあるが根の維管束で増殖, 移行し

て茎葉を発病させた。このことから, 水耕液は本病の伝染に極めて重要な役割を果たしていると考えた。本病の防除には, 健全種子の使用はもとより, 水耕液および原水の滅菌, 水耕資材・水耕装置自体の消毒, 被害残査の適切な処理が有効と思われる。

引用文献

- Dye, D.W. (1962). The inadequacy of the usual determinative tests for the identification of *Xanthomonas* spp. N. Z. J. Sci. 5: 393-416.
- 後藤正夫・瀧川雄一 (1984). 植物病原細菌同定のための細菌学的性状の調べかた (1) (2) (3) (4). 植物防疫 38: 339-344, 385-389, 432-437, 479-484.
- 伊藤佐弥香・瀧川雄一・平子喜一 (2002). 水耕栽培におけるチンゲンサイ黒腐病 (新称) の発生. 日植病報 68: 255 (講要).
- 日本植物病理学会編 (2000). 日本植物病名目録 初版. pp. 204-216, 東京.
- Schaad, N.W. and White, W.C. (1974). A selective medium for soil isolation and enumeration of *Xanthomonas campestris*. Phytopathology 64: 876-889.
- 杉山正樹 (1977). カンラン黒腐病の発生生態. 植物防疫 31: 175-179.
- Tamura, K., Takikawa, Y., Tsuyumu, S. and Goto, M. (1994). Bacterial spot of crucifers caused by *Xanthomonas campestris* pv. *raphani*. Ann. Phytopath. Soc. Jpn. 60: 281-287.
- 土屋行夫・大畑貫一 (1982). *Xanthomonas campestris* pv. *vitians* と *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* の細菌学的性質ならびに病原性の比較. 農技研報 C36: 97-110.