

Erwinia carotovora subsp. *carotovora*에 의한 고추냉이(와사비) 세균성 무름병

박덕환 · 서상태 · 최준근¹ · 임춘근*

강원대학교 농업생명과학대학 자원생물환경학부, ¹강원농촌진흥원

Bacterial Soft Rot of Wasabi by *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*

Duck Hwan Park, Sang Tae Seo, Jun Keun Choi¹ and Chun Keun Lim*

Division of Biological Environment, College of Agriculture and Life Sciences,
Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

¹Kangwon Provincial Rural Development Administration, Chuncheon 200-150, Korea

ABSTRACT: Occurrence of soft rots was observed on wasabi (*Wasabia japonica* Matsum) grown in Chuncheon and Pyengchang Kangwon province, Korea. The symptoms appeared on the wasabi root, which became mushy and black. This eventually resulted in wilting and death of the aboveground parts of the wasabi. The causal organism was isolated from the infected lesions and was identified as *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* based on the morphological, physiological and biochemical characteristics, and on the results of the Biolog program (Biolog Inc., U. S. A.). *E. carotovora* subsp. *carotovora* is the first described bacterium which causes bacterial soft rot on wasabi in Korea.

Key words: *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*, Soft rot, Wasabi.

고추냉이(*Wasabia japonica* Matsum)는 일본이 원산지로서 십자화과에 속하는 숙근성 다년생 반음지 식물로서 일본명으로는 와사비(Wasabi)라고 하며 주로 근경과 화경이 생식용으로 이용되지만 엽, 잔뿌리 등 식물 전체가 가공원료로 사용되는 고급향신료 작물이다. 고추냉이는 재배양식에 따라 물재배와 밭재배로 나눌 수 있는데 육질과 색채 등이 물재배에 의한 것이 밭재배보다 좋아 물재배가 성행하고 있다. 물재배에 있어서 가장 중요한 요소는 적절한 수온(온도범위 8~18°C, 최적온도 12~13°C)과 수질(용존산소량 9.5 ppm 이상)으로써(4) 현재 춘천 및 평창에서 재배가 이루어지고 있다.

본 연구에서는 강원도 춘천과 평창의 고추냉이 재배지로부터 채집된 이병체에서 세균을 분리한 후 병원세균을 동정한 결과에 대해 보고한다.

병징. 초기에는 뿌리에서 암갈색의 수침상이 형성되어진 후 점차 검은빛으로 변하여 내부까지 확산되어 있었다(Fig. 1A). 이것은 시간이 지남에 따라 고추냉이 지상부위를 마르게 하여 고사시켰다(Fig. 1B).

병원세균의 분리 및 병원성 검증. 건전부와 병반부의 경계부위를 0.2~0.4×0.2~0.5 cm로 절단하여 70% 알콜용액으로 표면살균한 후 마쇄하였고, 평판희석법으로 mannitol-glutamate yeast extract(MGY: Mannitol 10g;

L-Glutamic acid 2 g; KH₂PO₄ 0.5 g; NaCl 0.2 g; MgSO₄·7H₂O 0.2 g; Yeast extract 0.25 g; Agar 15 g per liter) 한천배지상에 도말배양하여 28°C 항온기에서 배양하였다(5). 배양 48시간 후 형성되어진 단일균총으로부터 순수 분리 하였다. 병원성 검증은 춘천과 평창의 고추냉이 재배가 물재배로 이루어 진다는 점 때문에 유사한 조건에서 실험을 수행하기 위해 48시간 동안 배양한 세균을 현탁(10⁶~10⁸ cells/ml)하여 멸균수에 담가둔 건전 고추냉이에 상처점종하여 28°C 습실상(습도 > 90%)에서 2~3일 동안 보존하였다. 접종 2일 후에 접종부위가 암갈색으로 탈색되었으며 내부로 무름증상과 암갈색이 확산되어 있는 것을 확인할 수 있었다(Fig. 1C).

세균학적 특성 및 병원세균의 동정. 병원세균(Wa1, Wa2 및 Wa3으로 명명)의 형태 및 생리적 특성을 Schaad의 지침서(6)와 Bergey's manual(3)에 의해 검토한 결과, 세 개의 병원세균 모두 그람염색, YDC 배지상에서의 색소 형성, oxidase에서는 음성반응을 나타낸 반면, 조건적 혐기적 성장, 감자부패, 4개 이상의 운동성 편모에서는 양성반응으로 Schaad(6)와 Bergey's(3)가 기록한 *Erwinia* 속 세균의 특성과 일치하였다(Table 1). 또한 전자현미경 관찰 결과, 병원세균은 주생모를 가진 간균으로 *Erwinia* 속 세균과 일치하였다(Fig. 2). *Erwinia* 속에 속하는 세균의 종의 동정을 위해 실시된 생화학적 특성 비교에서는 세 병원세균 모두 pectate 분해, gelatin 액화, acetoin 생성,

*Corresponding author

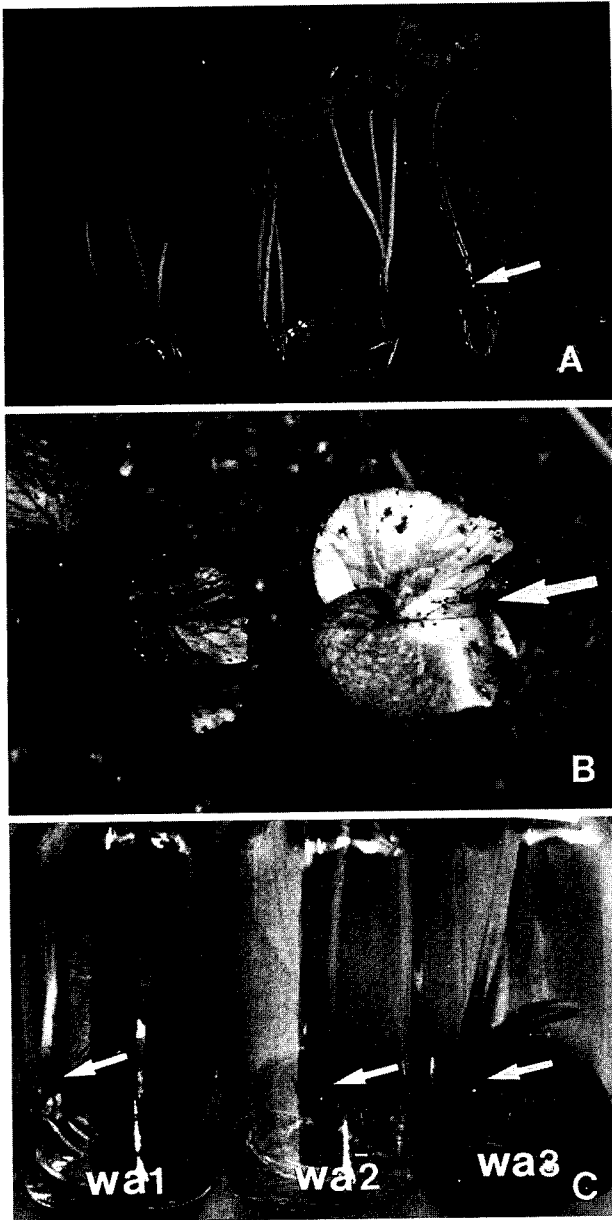


Fig. 1. The soft rot symptoms produced on wasabi roots. A) The soft rot symptoms produced on wasabi roots in the field. B) Bacterial wilting of the aboveground parts of the wasabi. C) Bacterial soft rots on wasabi roots produced by isolate Wa1, Wa2 and Wa3 of *E. carotovora* subsp. *carotovora* two days after inoculation. Arrows indicate soft rot on wasabi roots(A, C) and wilting of the aboveground parts of the wasabi(B).

37°C 성장, casein 분해 및 5% NaCl 성장에서는 양성반응을 나타내었고, erythromycin에 대한 감수성, phosphatase 활성, glucose로부터 가스 생성, lecithinase, sucrose로부터 환원물질 생성, urease, PDA로부터 색소형성, PSA로부터 색소형성에서는 음성반응을 나타내었다. 그러나 indole 생성에서는 Wa1, Wa3은 음성인 반면

Table 1. Characteristics used to identify genus of the present isolates, Wa1, Wa2 and Wa3 from wasabi

Characteristics	Wa1	Wa2	Wa3	<i>Erwinia</i> ^a
Gram stain	-	-	-	- ^b
Anaerobic growth	+	+	+	+
Yellow pigment on YDC ^c	-	-	-	-
Oxidase	-	-	-	-
Potato rot	+	+	+	+
Peritrichous flagella	+	+	+	+

^aDetails of *Erwinia* were as described in Lelliot & Dickey(3), and Schaad(6).

^bSymbols; + : positive reaction, - : negative reaction.

^cYDC: Yeast Extract Dextrose Calcium Carbonate Agar.

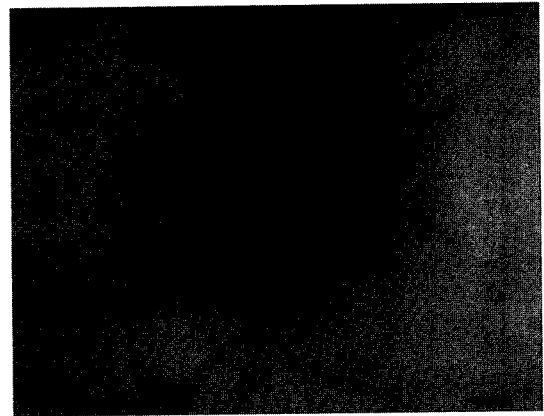


Fig. 2. Electron microscopic morphology of *E. carotovora* subsp. *carotovora* Wa1 isolated from wasabi. Bar represents 0.1 μm.

Wa2는 양성반응의 다른 결과였다. 또한 당으로부터 산생성 실험에서는 D-lactose, melibiose, cellobiose에서는 산을 생성하였으며, maltose, methy α-d glucoside, palatinose에서는 산을 생성하지 못하였고, trehalose에서는 Wa2만 산을 생성하지 못하였다. 유기화합물 이용도 실험에서는 모두 malonate는 이용하지 못하였고 galacturonate는 이용하여 Schaad(6)와 Bergey's manual(3)에 기록된 *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*의 특성과 일치하였다(Table 2). 병원세균의 보다 정확한 동정을 위하여 실시한 Biolog program (Biolog Inc., U.S.A.)조사에서는 세 병원세균 모두 각각 85.3, 71.1, 66.5%의 유사도를 나타내어 *E. carotovora* subsp. *carotovora*로 동정되어졌다.

기주범위 조사. 병원세균의 기주범위를 조사하기 위하여 무, 배추, 감자, 양파, 당근, 치커리에 세균을 $10^6 \sim 10^8$ cell/ml이 되도록 희석한 후 침적중하여 샐레내에 멸균된 여지위에 놓고 멸균수를 1 ml 가하여 접종한 후 28°C 배양기에서 2~3일간 정치 후 발병유무를 관찰하였다. 접종 24시간 이내에 병원세균은 무, 배추, 감자, 양파, 당근, 치커리 모두에 무름증상을 나타내는 강한 병원성을 확인하였다(Table. 3)

Table 2. Species identification of the present isolates, Wa1, Wa2 and Wa3 from wasabi

Test	Wa1	Wa2	Wa3	<i>E. carotovora</i> subsp. <i>carotovora</i> ^a	ATCC 15713 ^c
Pectate degradation	+	+	+	+ ^b	+
Gelatin liquefaction	+	+	+	+	+
Acetoin production	+	+	+	+	+
Sensitivity to erythromycin	-	-	v	-	-
Phosphatase	-	-	-	-	-
Gas from glucose	-	-	-	-	-
Lecithinase	-	-	-	-	-
Indole	-	+	-	-	-
Reducing substances from sucrose	-	-	-	-	-
Growth at 36~37°C	+	+	v	+	+
Mucoid growth	v	v	v	v	v
Urease	-	-	-	-	-
Casein hydrolysis	+	+	+	v	+
Growth 5% NaCl	+	+	+	+	+
Blue pigment on PDA ^c	-	-	-	-	-
Brown pigment on PSA ^d	-	-	-	-	-
Acid production from:					
D-lactose	+	+	+	+	+
trehalose	+	-	+	+	+
maltose	-	-	-	-	-
methyl α-d glucoside	-	-	-	-	-
melibiose	+	+	+	+	+
cellobiose	+	+	+	+	+
palatinose	-	-	-	-	-
Utilization of:					
malonate	-	-	-	-	-
galacturonate	+	+	+	+	+

^aDetails of *E. carotovora* subsp. *carotovora* were as described in Schaad(6).

^bSymbols; + : positive reaction, - : negative reaction, v : variable.

^cPDA : Potato Dextrose Agar.

^dPSA : Potato Sucrose Agar.

^eATCC 15713 : *E. carotovora* subsp. *carotovora* of American Type Culture Collection.

Table 3. Pathogenicity of the present isolates, Wa1, Wa2 and Wa3 on several crops

Hosts	Potato	Radish	Chinese cabbage	Onion	Chicory	Carrot
Wa1	+ ^a	+	+	+	+	+
Wa2	+	+	+	+	+	+
Wa3	+	+	+	+	+	+

^a+ : Soft rot was observed.

고추냉이의 세균병 보고는 국외의 경우 *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*에 의한 무름병, *E. rhapontici*에 의한 무름병, *E. carotovora* subsp. *wasabiae*에 의한 무름병, *Pseudomonas viridiflava*, *P. marginalis* 그리고 미동정된 *Pseudomonas* spp.에 의한 병이 보고되어 있다(1,2). 반면 국내에서는 고추냉이에 발생하는 세균병에 대한 보고는 없으며, 바이러스병과 진균에 의한 병만이 보고되어 있다(4). 이에 *E. carotovora* subsp. *carotovora*에 의한 고추냉이 세균성 무름병(bacterial soft rot of wasabi)을 최초로 보고한다.

요 약

강원도 춘천, 평창의 고추냉이 재배지에서 무름증상이 관찰되었다. 병징은 고추냉이 뿌리에서 발생되어 유연조직이 물러지고 검게 변하였다. 이러한 병징은 지상부가 시들었고 결국은 고사시켰다. 병반으로부터 분리한 세 개의 병원세균은 형태, 생리, 생화학적 특성과 Biolog program의 기초한 결과 *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*로 동정되었다. *E. carotovora* subsp. *carotovora*에 의한 고추냉이 무름병은 국내에서 보고된 바가 없기에 고추냉이 세균성 무름병(bacterial soft rot of wasabi)을 최초로 보고한다.

참고문헌

- Fahy, P. C. and Persley, G. J. 1983. Plant bacterial diseases a diagnostic guide. Academic Press Australia. pp. 46-51, 319-335.
- Goto, M. and Matsumoto, K. 1987. *Erwinia carotovora* subsp. *wasabiae* subsp. nov. Isolated from diseased rhizomes and fibrous roots of Japanese horseradish. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 37(2): 130-135.
- Lelliott, R. A. and Dickey, R. S. 1984. Genus *Erwinia*. In: *Bergey's Manual of Systemic Bacteriology*. vol 1, pp. 469-476, Williams and Wilkins Co., Baltimore/London.
- 이성우, 안병옥. 1995. 고추냉이(와사비)재배법. 농진회.
- 임춘근. 1995. *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*에 의한 치커리 세균성 무름병. 한국 식물병리학회지 11(2): 116-119.
- Schaad, N. W. 1988. Initial identification of common genera. In: *Laboratory Guide for Identification of Plant Pathogenic Bacteria*, ed. by N. W. Schaad. American Phytopathological Society., Minnesota. pp. 44-59.

(Received July 20, 1998)