식물병연구
Res. Plant Dis. 19(2) : 108–113 (2013)
http://dx.doi.org/10.5423/RPD.2013.19.2.108
Research Article | Open Access

Research in Plant Disease
©The Korean Society of Plant Pathology

가지대목 EG203을 이용한 토마토 풋마름병 경감효과

이문행[1] · 김지광[1] · 이희경[1] · 김경제[1] · 유승헌[2] · 김영식[3] · 이윤수[4]*
[1]충청남도농업기술원 부여토마토시험장, [2]충남대학교 응용생물학과
[3]상명대학교 식물식품공학과, [4]강원대학교 식물자원응용공학과

Reduction of Bacterial Wilt Diseases with Eggplant Rootstock EG203-Grafted Tomatoes in the Field Trials

Mun Haeng Lee[1], Ji Kwang Kim[1], Hee Kyoung Lee[1], Keyng Jae Kim[1], Seung Hun Yu[2], Young Shik Kim[3] and Youn Su Lee[4]*
[1]Buyeo Tomato Experiment Station, Chungcheong Nam Do Agricultural Research & Extension Services, Buyeo 323-814, Korea
[2]Department of Applied Biology, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea
[3]Department of Plant and Food Sciences, Sangmyung University, Cheonan 330-720, Korea
[4]Department of Applied Plant Sciences, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea
(Received on November 6, 2012; Revised on December 24, 2012; Accepted on March 21, 2013)

Wilt damage on tomato plants caused by *Ralstonia solanacearum* has been increased as the areas of tomato cultivation increased during the warm seasons. Also, the tomato rootstocks used to prevent the disease occurrence are not effective in the highly prevailing regions. Therefore, bacterial wilt resistant eggplant rootstock EG203, collected from AVRDC, was tested for its effect to deter the *Ralstonia solanacearum* wilt disease in the greenhouses at Buyeo Tomato Experiment Station from 2003 to 2005, and at Gumi, Kyungpook province from 2009–2011. Planting of eggplant rootstock EG203 should be done three weeks before the planting of tomato scions so that they can have similar stem diameter (2.5–3.0 mm) and can be easily grafted. Both insertion and inarching grafting showed 93–96% success rates. In the greenhouse tests at Buyeo Tomato Experiment Station from 2003 to 2005, eggplant rootstock EG203-grafted tomatoes showed the disease occurrence of 4.3%. On the other hand, non-grafted or other commercial rootstock-grafted tomatoes showed disease occurrence of 58.0% and 25.0–36.7%, respectively. In the greenhouse tests at Gumi, Kyungpook province in 2009, the disease occurrence on the EG203-grafted and non-grafted tomatoes was 2–5% and 20–80%, respectively. In 2010, at Gumi, Kyungpook province, when the wilt disease occurred slightly, the tomatoes grafted with tomato rootstocks B-blocking and Chung-gang, and eggplant rootstock EG203 showed similar disease severities, but EG203-grafted tomatoes formed lately cluster, resulting in the reduction of yield compared to tomato-grafted tomatoes. In 2011, at Gumi, Kyungpook province, when the wilt disease occurred severely, the tomato rootstocks 'B-blocking' and Chung-gang and eggplant rootstock EG203-grafted tomatoes showed disease occurrences of 60–85% and 0–1%, respectively. Therefore, it was concluded that tomato rootstocks 'B-blocking' and 'Chung-gang' are more useful in the areas contaminated with low levels of pathogen and eggplant rootstock EG203 is more useful in the areas contaminated with high levels of pathogen.

Keywords **: Eggplant rootstock, Graft, *Ralstonia solanacearum*, Tomato bacterial wilt**

서 론

토마토(*Solanum lycopersicum* Mill)에서 발병되는 풋마름병(bacterial wilt)은 열대, 아열대의 광범한 지역에서 발생하며 경제적으로 심각한 피해를 주는 병이다. 병을 유발하는 병원균은 *Ralstonia solanacearum*로 간균이며 극생편모를 갖고 있다. *R. solanacearum*는 토마토 뿐 만 아니라 고추, 감자 등의 가지과 작물 등 5과 200여종을 기주로 하고 있다(Hayward, 1991). 이러한 풋마름병을 방제

*Corresponding author
Phone) +82-33-250-6417, Fax) +82-33-243-3314
Email) youslee@kangwon.ac.kr

하는 방법으로는 저항성 품종 육종, 재배법 개선, 토양환경 개선, 길항미생물 활용, 대목을 사용하는 방법 등이 있다(Frey 등, 1994; Guo 등, 2004; Han 등, 2009; Hoitink와 Fahy, 1986; Hsu 등, 1991; Trigalet 등, 1998). 한편 소똥퇴비 같은 유기물 토양개량제를 사용할 경우 토양병원균이 줄어든다는 보고(Islam과 Koki, 2004; Kuter 등, 1983; Lazarivits, 2001; Nishiyama 등, 1999)도 있으나 염류집적 등의 문제와 기대효과가 높지 않아 사용이 어려운 실정이다. 저항성 품종을 이용하는 것과 대목을 사용하는 것이 현재 가장 많이 사용되고 있는 풋마름 방제방법이다. 그러나 시판 토마토 품종 39개 중 2개 품종만 풋마름병에 저항성이 있었으며 나머지 품종은 저항성이 없었고, 13개 대목품종 중 6개에서만 저항성이 확인되었다(Han 등, 2009). In 등(1996)은 토마토 31개 재배 품종 중 2개 품종에서만 약한 저항성을 나타냈으며 나머지 품종에서는 감수성을 보였다고 했다. 또한 풋마름병이 상습적으로 발생하는 포장에서는 저항성 품종이라 하더라도 대목의 효과는 떨어진다. 동남아 지역의 풋마름병 다 발생 지역에서는 가지대목(EG203)을 활용한 풋마름병 방제 연구가 진행되고 있으며 토마토대목보다 풋마름병에 매우 효과적인 것으로 밝혀졌다(Lin 등, 2008; Palade와 Wu, 2005). 본 연구는 풋마름병 저항성 품종을 이용하여도 풋마름병 피해가 발생하고 있는 구미 및 부여지역의 포장에서 풋마름병 저항성 가지대목인 EG203의 풋마름병 경감 효과를 실증하여 국내에 확대 보급하기 위하여 실시하였다.

재료 및 방법

시험품종. ‘디저트’(Dessert, 한국다끼이), ‘요요’(Yoyo, 한국다끼이) 등 실생과 ‘B블로킹’(B-blocking, 한국다끼이), ‘앙카-T’(Anchor-T, 한국다끼이), ‘파워킹’(Powerking, 한국다끼이), ‘감바루네 3호’(Gambarune 3, 애삼종묘), ‘청강’(Chung-gang, 몬산토), EG203(AVRDC)을 대상으로 *R. solanacearum*에 대한 저항성 정도를 확인하기 위하여 풋마름병 다 발생 포장(부여토마토시험장, 구미농가)에서 시험하였다. ‘B블로킹’(한국다끼이)은 토마토 대목으로 가장 많이 이용되어지고 있는 품종이며 풋마름병에 강한 저항성을 보인다(Han 등, 2009). ‘청강’(몬산토)은 최근(2008년)에 개발되어 이용되는 풋마름병 저항성 대목이다. 1999년 AVRDC에서 도입된 가지인 EG203은 풋마름병 저항성으로 선발한 것으로서 토마토와 접목 친화력이 매우 좋으며 부여토마토시험장에서 증식하여 사용하고 있다.

EG203의 파종일 별 식물특성. 육묘용 상토는 원예용 상토(부농)를 사용하였고 40공 트레이를 이용하였다. 종자의 파종은 25ºC의 인큐베이터에서 2일간 광조사하에서 발아시켜 파종하였다. 가지의 발아일수별 생육 특성을 확인하기 위하여 2004년 3월 9일부터 일주일 간격으로 4월 6일까지 5회 파종하였고 토마토 접수는 2004년 4월 13일에 파종하였다. 경경은 각 처리별로 떡잎위에서 20주씩 3반복으로 조사하였다.

토마토 육묘. EG203 가지대목은 토마토 파종보다 3주 빨리 파종하였으며 토마토 대목(‘청강’, ‘B블로킹’, ‘파워킹’, ‘감바루네’, ‘앙카-T’)은 토마토와 같이 파종하였다. 토마토 파종 3주 후 맞접으로 접목을 실시하였으며 습도 99%, 온도 25ºC 조건의 활착실에서 1주간 처리 후 40공 트레이에서 육묘하였다. 활착률 조사는 처리당 100주식 3반복으로 하였으며 접목 20일 후 실시하였다.

재배. 2004년부터 2006년 까지 충남 부여 부여토마토 시험장과 경북 구미지역 풋마름병 다 발생 지역 농가에서 2009년부터 2011년까지 각 3년간 토양으로 재배하였다. 시설은 부여토마토시험장은 2중 비닐하우스로 길이는 30 m 폭은 6.4 m, 구미 지역 하우스는 1중 비닐하우스로 길이 100 m, 폭은 6 m였다.

이병주조사. 풋마름병 발생 조사는 토마토 1화방 수확 시기에 실시했으며 이병주율(%)은 (이병주수/조사주수) × 100으로 산출하였다. 처리 당 조사주수는 100포기를 기준으로 조사하였고 난괴법 3반복으로 수행하였다. 이병주 평가는 조사일에 고사된 것을 기준으로 평가하였다.

결과 및 고찰

토마토 고온기 재배에서 문제가 되고 있는 풋마름병의 방제하는 방법 중에 가장 많이 이용하고 있는 방법 중 하나가 대목을 이용하는 방법이다. 그러나 최근 일부지역에서 발견된 풋마름병균은 기존 대목의 저항성을 붕괴시켰다(Lee 등, 2011). 이러한 풋마름병 방제를 위하여 AVRDC에서 풋마름병 저항성으로 선발한 EG203(가지)을 도입하여 국내 풋마름병 다 발생 지역에서의 EG203 효과를 알아보고 국내에 도입하기 위하여 대한 이번 시험을 실시하였다.

토마토 풋마름병 방제를 위하여 접목을 하기 위해서는 초장과 경경이 적정 굵기와 크기에 도달하여야 한다. 그러나 가지(EG203)는 고온성 작물이고 토마토는 서늘한 기후를 좋아하는 작물이므로 같은 시기에 파종해서는 동일한 경경에 도달할 수가 없다. 토마토의 접목시기는 본엽이 2매 전개 시이고 경경은 2.5 mm에 도달하여야 한다. 토마토와 EG203이 접목하기에 좋은 굵기에 도달하기 위해서는 토마토보다 EG203을 3주 정도 먼저 파종하였을 때였다(Data not shown). Agonon 등(2002)는 EG203의

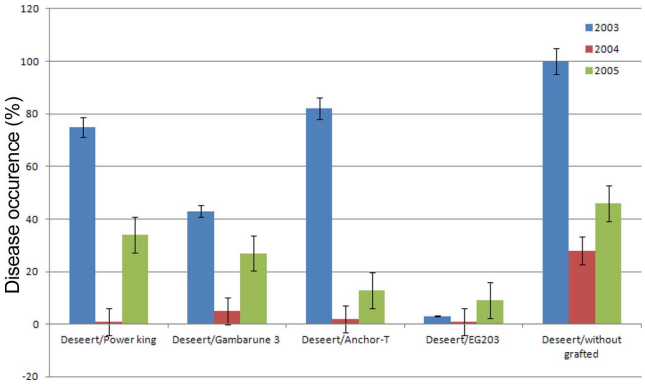

Fig. 1. Comparison of infection rate of bacterial wilt among different cultivars in each different year in the field. Vertical bars represent standard error of the mean (n = 3).

Table 1. Comparison of wilting rate (%) of 'Yoyo' seedling plants and EG 203 grafted tomato plants in 2009[a]

Locations \ Cultivar	Yoyo/without grafted	Yoyo/EG203
Farm 1	80±7.5[b]	5±1
Farm 2	25±12.0	2±0.5
Farm 3	51±9.5	3±0.5
Farm 4	63±8.5	4±0.5
Farm 5	20±12.0	2±1

[a]Tomato plants were replanted on June 20, 2009 and the data were obtained on August 25, 2009.
[b]Data were the average of three replications of hundred plants with standard error.

파종을 토마토 보다 1주 전에 파종하여야 한다고 하였는데 이러한 차이는 Agonon 등(2002)은 열대지역인 필리핀에서 실시하였으나 본 연구는 그보다 날씨가 서늘한 시기에 실시하여 이러한 결과를 보인 것으로 생각된다.

가지(EG203) 대목의 활착률은 핀접 66%, 삽접 96%, 맞접 93%로 나타났으며 현재 가장 많이 사용되고 있는 맞접과 삽접에서 90% 이상의 활착률을 보여 대목으로써의 활착률에서는 문제가 없는 것으로 확인했다(Data not shown).

토마토 대목들과 EG203의 풋마름병 저항성을 비교하기 위하여 농가포장에서 가장 많이 사용되고 있는 것들을 재료로 하여 시험하였다. 2003년–2005년까지 연구에서는 시험기간 중 많이 사용되는 '파워킹', '감바루네', '앙카-T'를 시험 대목으로 사용하였으며 2009년–2011년 연구에서는 'B블로킹', '청강'을 이용하였다. 시험년도에 따라 발병률이 매우 다르며 이것은 환경의 영향으로 생각된다(Fig. 1, Table 1, 2, 3). 2003년부터 2005년까지 토마토시험장 포장에서 접목 후 포장에 정식한 풋마름병 발병률은 Fig. 1에서와 같다. 동일 조건의 포장에서 2003년 실생('디저트')의 경우 100% 이병되어 고사되었고 풋마름병에 내병성인 대목(토마토)용 품종의 경우도 43–83% 이병률을 보였으나 EG203(가지)의 경우는 3%만이 발병되었다. 그러나 2004년에는 전반적으로 풋마름병이 발생되지 않았으며 실생의 경우만 28%의 이병률을 보였고 대목용 품종의 경우는 거의 발병하지 않았다. 2005년도에도 EG203(가지)은 9%만 발생하였으나 대목용 품종에서는 12–33%, 실생('디저트')은 46%에서 풋마름병이 발생하였다. 시험에 사용된 대목용 품종은 풋마름병에 저항성으로 알려져 있으나 이번 연구에서는 다 발생하였다. 이러한 결과는 우리나라에서 토마토와 고추에 발생하는 풋마름병균은 race 1과 biovar 3, 4에 속하며(Jeong 등, 2007; Park 등, 2007; Seo 등, 2007), 국내에서 분리한 균주를 이용하여 국내시판중인 풋마름병 저항성 품종 및 계통 'B블로킹', 'Hawaii7996', 'Hawaii7998' 등에 접종한 결과 같은 race 1, biovar 3, 4 임에도 불구하고 일부 균주에 대하여 저항성이 붕괴되었다(Lee 등, 2011)는 결과와 일치하였다. 저항성이 검증된 풋마름병 대목도 균주에 따라서는 저항성이 없을 수 있으므로 대목을 활용할 때에는 지역의 균주에 맞는 대목 조사가 필요할 것으로 생각된다.

Table 1은 2009년 구미지역 5농가에서 EG203을 대목으로 사용한 것과 '요요' 실생묘의 풋마름병에 의한 고사율을 비교한 것이다. 실생묘('요요')는 20–80%가 발병하였으나 EG203(가지)을 대목으로 사용한 것은 2–5% 정도의 발병률을 보였다.

2010년 구미지역 5농가에서 EG203(가지), '청강'(토마토), 'B블로킹'(토마토)을 대목으로 사용한 것과 '요요' 실생묘를 비교한 결과에서는 EG203을 사용한 포장에서는 100% 발병하지 않았으며 '청강'대목을 사용한 포장에서도 0–0.2%, 'B블로킹' 0–0.1%로 발병이 없었다. 그러나 '요요'(실생)에서는 12% 풋마름병이 발생하여 고사하였다(Table 2).

2011년 구미지역 3농가에서 '청강'과 EG203을 접목한 토마토의 풋마름병에 의한 이병률을 조사한 결과는 Table 3과 같다. EG203을 대목으로 사용했을 경우 0–1%로 거의 발생이 없었으나 '청강'(토마토대목)을 사용한 경우 60–85%로 매우 높게 나타났다(Fig. 3). 이 결과는 EG203 대목이 다른 토마토 대목보다 낮은 고사율을 보였다(Agonon 등, 2002; Lin 등, 2008)는 결과와 일치하였다. '청강'은 풋마름병에 저항성 있는 대목으로 이번 연구에서는 감수성으로 나타났다. Lee 등(2011)은 풋마름병 저항성 대목의 저항성이 고온에서 쉽게 붕괴되며 국내에서 분리된 일부 균주들에 대하여 감수성을 보였다고 하였는데 이 연구는 가장 더운 6월부터 8월까지 이루어져 저항성 대목

Table 2. Comparison of wilt rates, the number of fruits per plant, fruit weight, Brix, and location of first double cluster in eggplant grafted (EG203) and tomato grafted ('Chung-gang' or 'B-blocking') plants in 2010[z]

Location	A		B		C		D		E	
Root stock	Yoyo /EG203	Yoyo /Chung-gang	Yoyo /EG203	Yoyo /Chung-gang	Yoyo /EG203	Yoyo /B-blocking	Yoyo /EG203	Yoyo /B-blocking	Yoyo /EG203	Yoyo /without grafted
Wilt rate (%)	0[y]	0.2±0.1	0	0	0	0	0	0.1±0.1	0	12±5.3
No. of fruits per plant	110b[T]	125a	107b	130a	115b	121ab	101b	127a	105b	118ab
Fruit weight	12.6a	13.0a	11.8a	11.6a	11.9a	12.0a	11.3a	11.5a	12.8a	11.9a
Location of first double cluster	4±0.3[X]	2±0.2	3±0.4	2±0.3	4±0.3	3±0.3	4±0.5	3±0.4	4±0.7	2±0.3

[z]Tomato plants were replanted on June 12, 2010 and the data were obtained from August 26, 2010 to August 27, 2010.
[y]Data were the average of three replications of hundred plants with standard error.
[T]Mean separation in a column by Duncan's multiple range test at 5% level.
[X]Data were the average of twenty plants with standard error.

Table 3. Comparison of bacterial wilt rate of 'Chung-gang' seedling plants and EG 203 grafted tomato plants in 2011[a]

Locations \ Rootstock	Yoyo/Chung-gang (tomato)	Yoyo/EG203 (eggplant grafted)
Farm 1	60±5[b]%	1±0.3%
Farm 2	85±15%	0%
Farm 3	75±11%	0%

[a]Tomato plants were replanted on June 10, 2011 and the data were obtained on August 19, 2011.
[b]Data were the average of three replications of hundred plants with standard error.

Fig. 2. Roots of grafted and non-grafted tomato plants (From left to right, 'Anchor-T', EG203, and 'Dessert' (seedling)).

A. Chung-gang (tomato rootstock)

B. EG203 (eggplant rootstock)

Fig. 3. Comparison of wilt symptoms on 'Chung-gang' (**A**, Bacterial wilt-resistant tomato rootstock grafted) and EG203 (**B**, Bacterial wilt-resistant eggplant rootstock grafted).

의 저항성이 쉽게 붕괴될 수 있는 조건이었기 때문에 청강의 저항성도 무너졌으며, EG203이 강한 저항성을 보인 것은 EG203이 고온을 좋아하며 뿌리가 조기에 목질화 되어 물리적인 저항성을 가졌기 때문으로 판단된다.

풋마름병에 강한 저항성을 갖은 대목이라도 재배기간이 길고 다른 작물에 비해 지상부위가 큰 토마토에서 뿌리 발생량이 적으면 대목으로 부적합하므로 뿌리 발달정도를 비교하였다. 실생묘의 경우보다 EG203을 접목한 경우 뿌리발달이 매우 양호 하였으며, '앙카-T'를 접목한 것과 EG203을 접목한 것을 비교하여도 EG203을 접목한 것

이 뿌리 발달이 양호하였다(Fig. 2). 수확 과일수는 주당 101–115개로 토마토 대목 121–130개와 비교 10–15개 정도 작았으며 이것은 복화방 출현이 EG203에서는 대부분 4화방에서 나타났지만 '청강'은 2화방, 'B블로킹'은 3화방에서 나타난 것과 관련된 것으로 판단된다(Table 2). 이 결과는 EG203 대목에서 주당 수확 과일수가 많았다(Agonon 등, 2002)는 결과와 반대로 나타났는데 Agonon 등(2002)은 일반 토마토로 시험하여 복화방 출현의 영향을 받지 않았고 노지 재배이기 때문에 환경의 영향을 직접적으로 받아 불량환경에 적응성이 좋은 EG203에서 수확량이 많았던 것으로 사료된다. EG203 가지대목을 이용하여 방울토마토를 재배할 경우 수확 과일수가 적어 토마토대목과 비교 약간의 수확량이 감소될 수 있으므로 EG203 가지대목은 풋마름병 발생이 심한 포장에서만 사용되어야 할 것이다.

요 약

*Ralstonia solanacearum*에 의한 시들음 피해는 고온기 재배가 증가함에 따라 피해가 증가하고 있다. 이에 재배적 방법으로 토마토대목을 이용하고 있으나 병이 다 발생하는 지역에서는 효과가 기대에 미치지 못한다. 이에 따라서 AVRDC에서 수집한 풋마름병 저항성 가지 대목인 EG203을 재료로 하여 풋마름병 다 발생포장인 부여 토마토시험장 비닐하우스에서 2003–2005년, 구미시 비닐하우스에서 2009–2011년까지 두 곳에서 각각 3년간 실시하였다. EG203(가지)는 광발아 종자로 파종 시 육묘 트레이에 직접 파종하여야 하며 EG-203(가지)의 파종 적기는 토마토 접수보다 3주전에 파종해야 접수와 비슷한 경경(2.5–3.0 mm)에 도달하여 접목하기에 알맞았다. 접목방법은 맞접과 삽접이 93–96%의 활착률을 보여 대목으로 사용가능한 것으로 확인되었다. 접목 후 포장에 정식한 후의 풋마름병 발생을 2003년부터 2005년까지 3년 동안의 평균은 EG203(가지) 접목 시 4.3%로 실생의 58.0%보다 매우 낮았으며 대목용 품종의 25.0–36.7%보다도 낮게 나타났다. 구미에서 2009년부터 2011년까지 3년간 대목효과에 대하여 시험한 결과는 2009년 5농가에서 EG203과 실생묘를 비교한 결과 EG203에서는 풋마름병 발생률이 2–5%였으나 실생은 20–80%를 보였다. 2010년에는 토마토대목('B-blocking', '청강')과 가지대목(EG203)을 갖고 비교 한 결과 풋마름병 발생률의 차이는 보이지 않았으나 가지대목(EG203)에서 복화방 출현이 늦어 수확이 감소되는 경향을 보였다. 2011년 토마토대목('청강')과 가지대목(EG203)으로 3농가에서 시험한 결과 토마토대목('청강')에서 풋마름병 발생률은 60–85%, 가지대목(EG203)은 0–1%로 가지대목에서 병발생률이 매우 낮았다.

가지대목(EG203)을 이용할 경우 토마토대목과 비교 복화방이 늦게 발생하여 토마토 생산량이 줄었다. 따라서 병 발생이 낮은 곳에서는 토마토대목을 활용하여 접목을 하고 병이 다 발생하는 지역에서는 가지대목(EG203)을 활용하는 것이 재배에 유리하다고 판단되어진다.

Acknowlegement

This study was carried out with the support of Agenda Project (Project No. C1007952-01-02) of National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration, Republic of Korea.

References

Aganon, C. P., Mateo, L. G., Cacho, D., Anacleto, B. J. and Aganon, T. M. 2002. Enhancing off-season production through grafted tomato technology. *Philippine J. Crop Sci.* 27: 3–9.

Frey, P., Prior, P., Marie, C., Kotouiansky, A., Trigaliet-Demery, D. and Trigalet, A. 1994. *Hrp* mutants of *Pseudomonas solanacearum* as potential biocontrol agents of tomato bacterial wilt. *Appl. Environ. Microb.* 60: 3175–3181.

Guo, J., Qi, H., Guo, Y., Ge, H., Gong, L., Zhang, L. and Sun, P. 2004. Biocontrol of tomato wilt by plant growth-promoting rhizobacteria. *Biol. Control* 29: 66–72.

Han, Y.-K., Min, J.-S., Park, J.-H., Kim, D.-H., Lee, J.-S. and Kim, H.-H. 2009. Screening of tomato cultivars resistance to bacterial wilts. *Res. Plant Dis.* 15: 198–201. (In Korean)

Hayward, A. C. 1991. Biology and epidemiology of bacterial wilt caused by *Pseudomonas solanacearum. Annu. Rev. Phytopathol*. 29: 65–87.

Hoitink, H. A. J. and Fahy, G. A. 1986. Basis for the control of soil-borne plant pathogens with composts. *Annu. Rev. Phytopathol.* 24: 94–114.

Hsu, S. T. 1991. Ecology and control of *Pseudomonas solanacearim* in Taiwan. *Plant Prot. Bull. Taiwan* 33: 72–79.

In, M.-S., Choi, E.-J. and Choi, J.-E. 1996. Resistance tomato cultivars to bacterial wilt caused by *Pseudomonas solanacearum* and the effect of soil sterilization. *RDA J. Agri. Sci.* 38: 473–476.

Islam Tajul, M. D. and Koki, T. 2004. Suppression of bacterial wilt of tomato by *Ralstonia solnacearum* by incorporation of composts in soil and possible mechanism. *Microbes Environ*. 19: 53–60.

Jeong, Y., Kim, Y., Lee, S. and Hwang, I. 2007. Genetic diversity and distribution of Korea isolates of *Ralstonia solanacearum.*

Plant Dis. 91: 1277–1287.

Kuter, G. A., Nelson, E. B., Hointink, H. A. J. and Madden, L. V. 1983. Fungal populations in composted hardwood bark suppressive and conductive to *Rhizoctonia* damping-off. *Phytopathology* 73: 1450–1456.

Lazarovits, G. 2001. Management of soil-borne plant pathogens with organic soil amendments: a disease control strategy salvaged from the past. *Can. J. Plant Pathol*. 23: 1–7.

Lee, H.-J., Jo, E.-J., Kim, N.-H., Chae, Y. and Lee, S.-W. 2011. Disease response of tomato pure lines against *Ralstonia solanacearum* strains from Korea and susceptibility at high temperature. *Res. Plant Dis*. 17: 326–333. (In Korean)

Lin, C., Hsu, S., Tzeng, K. and Wang, J.-F. 2008. Application of a preliminary screen to select locally adapted resistant rootstock and soil amendment for integrated management of tomato bacterial wilt in Taiwan. *Plant Dis.* 92: 909–916.

Nishiyama, M., Shiomi, Y., Suzuki, S. and Marumoto, T. 1999. Suppression of growth of *Ralstonia solanacearum*, tomato bacterial wilt agent, on/in tomato seedlings cultivated in a suppressive soil. *Soil Sci. Plant Nutr*. 45: 79–87.

Palada, M. C. and Wu, D. L. 2005. Increasing off-season tomato production using grafting technology for peri-urban agricultural in southeast Asia. *Acta Hort.* 742: 125–132.

Park, E. J., Lee, S. D., Chung, E. J., Lee, M. H. and Um, H. Y. 2007. Microtom-A model plant system to study bacterial wilt by *Ralstonia solanacearum. Plant Pathology J.* 23: 239–244.

Seo, S. T., Park, J. H., Han, K. S., Chung, S. R. and Lee, S. D. 2007. Genetic diversity of *Ralstonia solanacearu* strains isolated from pepper and tomato plants in Korea. *Res. Plant Dis.* 13: 24–29. (In Korean)

Trigalet, A., Trigalet-Demery, D. and Prior, P. 1998. Elements of biocontrol of tomato bacterial wilt. In: Bacterial Wilt Disease. pp. 332–336. Springer, Berlin.