토마토황화잎말림바이러스, 선충, 잎곰팡이병 내병성 방울토마토 신품종 ‘TY캔디’

김명권¹ · 김용권^{2*}

¹토마토생명과학연구소, ²신경대학교 생명공학과

Tomato Yellow Leaf Curl Virus, Nematode, Cladosporium Resistant Cherry Tomato ‘TY Candy’

Myung-Kwon Kim¹, and Yong-Kwon Kim^{2*}

¹Tomato Life Science & Research Institute, Cheongju 28171, Korea

²Department of life science & biotechnology, Shingyeong University, Hwaseong 18274, Korea

Abstract : Cherry tomato ‘TY Candy’ F₁ Hybrid was bred in Tomato Life Science and Research Institute from 2008 to 2014, which has indeterminate plant type, oblong fruit shape, average fruit weight 17~22 g and sugar content brix 8~9. Female line was selected and fixed with vigorous plant, firm fruit texture, Fusarium and Cladosporium resistance. Male line was selected and fixed with medium internode, deep leaf color, high brix, Yellow leaf curl virus and Nematode resistance. F₁ combination was made and pollinated in 2011 year, hybrid selection and sample seed production were progressed in 2012 year, farmers’ field trial was conducted at major tomato cultivation area and resulted good performance in 2013~2014. The distinctive characteristics of ‘TY Candy’ are higher yield, fruit quality and TYLCV, Nematode, Cladosporium etc. multi-disease resistance compared to existed varieties.

Keywords : Cherry tomato, F₁ hybrid, TYLCV, Nematode, Cladosporium resistance

서 언

토마토는 세계 과채류 중에서 가장 재배면적이 많은 채소 작물이며, 국내 토마토 재배면적은 6,054 ha(2013년 FAO통계)로 증가 추세에 있다. 농가 소득작물로뿐만 아니라 국민건강 증진 차원에서도 매우 중요한 작물이다. 국내 토마토 품종은 대과토마토와 방울토마토가 주를 이루며, 그 밖에 일부 송이토마토와 흑토마토 등이 재배되고 있으나 그 면적은 매우 미미하다. 대과토마토와 방울토마토의 재배면적 비율은 55:45 정도로 추산되며, 대과토마토는 핑크계:레드계가 80:20, 방울토마토는 원형계:타원형계(대추형)이 20:80 정도의 비율로 재배되고 있다.

최근에 토마토 재배단지에서 토마토황화잎말림바이러스(Tomato yellow leaf curl virus, TYLCV)가 만연하여 토마토 재배에 많은 어려움을 겪고 있다. 토마토황화잎말림바이러스는 담배가루이(*Bemisia tabaci*)가 토마토 식물체를 흡즙하면서 바이러스를 전파시키며, 발병된 토마토는 다시 회복되지 않으므로 치명적인 피해를 준다. 따라서 TYLCV 내병성 품종을 만드는 것이 가장 효과적인 예방법이라고 할 수 있다.

우리나라에서 재배되고 있는 주요 채소작물 중 바이러스가 검출된 작물을 보면 고추와 토마토가 각각 51.6%와 26.5%로 토마토의 바이러스 검출율이 매우 높게 나타남을 알 수 있다(Choi et al. 2010). 국내 토마토에 발병하는 바이러스는 TBSV(Tomato bushy stunt virus), ToMV(Tomato mosaic virus), TSWV(Tomato spotted wilt virus), TYLCV(Tomato yellow leaf curl virus) 등이 있으며, 세계화가 진행됨에 따라 우리나라에 없던 꽃노랑총채벌레나 담배가루이와 같은 외래충의 유입으로 인하여 새로운 바이러스병이 발병하고 있다

*Corresponding author (E-mail: kimyoko@daum.net, Tel: +82-31-369-9184, Fax: +82-31-369-9187)

(Received on December 02, 2015. Revised on December 18, 2015.
Accepted on December 28, 2015.)

(Kim et al. 2012, Ji et al. 2008). 최근 우리나라에 처음으로 발병하여 피해를 주고 있는 바이러스는 TSWV(2004년 발병)와 TYLCV(2008년 발병) 등이 있다(Kim et al. 2012). 우리나라에서는 처음으로 토마토황화잎말림바이러스(Tomato yellow leaf curl virus, TYLCV)가 2008년 5월 경상남도 통영지역 토마토 시설재배 농가에서 감염이 확인된 이후(Ji et al. 2008) TYLCV에 의한 피해는 급속도로 확산되었다. 2008년 최초 발생 이후 당년에 경남, 전북, 전남, 제주지역 12개 시·군에서 발병하였고, 2년차인 2009년에는 경남, 전북, 전남, 경북, 제주 35개 시·군에서 발병하였으며, 2010년에는 경남, 전북, 전남, 경북, 충남, 충북 등에서 발병하여 3년만에 58개 시·군으로 확산되어 농가에 막대한 피해를 초래했다(Kim et al. 2012). TYLCV의 병징은 토마토 잎 가장자리가 황화되고 오그라들면서 작아지며, 식물체 전체가 위축되고 총생되어 초기에 감염되면 거의 수확을 할 수 없다(Kil et al. 2014). TYLCV는 담배가루이에 의해 감염이 되고, 기주식물로 털쇠무릎(*Archyranthes fauriei*), 주홍서나물(*Crassocephalum crepidioides*), 큰방가지뚥(*Sonchus asper*) 등이 알려져 있다. 2008년 TYLCV가 급속히 확산된 것은 초기 방제에 신속하게 대처하지 못했을 뿐만 아니라 토마토 육묘장에서 바이러스 감염묘를 공급했던 요인들에 기인한 것으로, 재배지역 주변의 기주식물에 대한 철저한 제거와 육묘장에서 토마토 묘를 구입할 때 건전묘를 구입하여 이용하는 것이 바이러스 피해를 예방할 수 있고 전국적 확산을 막을 수 있다(Choi et al. 2010). 또한 황화잎말림바이러스 저항성 유전자를 도입하여 TYLCV 저항성 품종을 육성하여 보급하는 것이 바이러스를 방지하는 수단이 될 것이다. 현재까지 Ty-1, Ty-2, Ty-3, Ty-4 등 4개의 황화잎말림바이러스 저항성 유전자가 보고 되었는데, Ty-1 유전자는 6번 염색체에 있으며, 그 근처에 Ty-3 유전자도 있는 것으로 밝혀졌다(Ji et al. 2007b, Verlaan et al. 2011). 스카마커를 이용하여 Ty-3와 Ty-3a 저항성 유전자가 토마토 6번 염색체에 있음을 증명하였고(Ji et al. 2007a), Ty-4 유전자는 염색체 3번에 있음을 확인하였다(Ji et al. 2009). 최근에는 분자마커를 이용하여 유전자를 탐색하고 우수 계통의 조기선발에 효율적으로 활용하고 있다(Kim 2011, Park et al. 2010, Lapidot et al. 1997).

토마토 시들음병은 토양 전염성병으로 식물체 전체를 고사시키는 피해가 매우 심각한 병이다. 토마토 시들음병은 *fusarium oxysporum*이 원인으로 Clayton(1923)이 처음 미국에서 발견하여 그 병원균을 *fusarium lycopersici*로 보고 하였으며, 우리나라

에서는 1958년에 처음으로 보고되었다(Park 1958). 현재까지 기주품종에 따른 차이에 의해 race를 분류하고 있으며, race 1, 2 및 3이 분화되어 있는 것으로 보고하고 있다(Kang et al. 2002). 토마토 시들음병은 race별로 발병온도의 차이를 보이는 데, race 1 및 2는 28℃의 고온에서 발병하며 race 3은 10~20℃의 온도범위에서 주로 발생하는 것으로 알려져 있다(Grattidge & O'Brien 1982, Volin & Jones 1982). 토마토 시들음병을 방제하기 위하여 농가에서는 토마토 시들음병 저항성 대목을 이용하여 접목재배를 하고 있으나(Chung et al. 1997), 이는 많은 노력과 경비가 수반되기 때문에 근본적으로는 토마토 시들음병을 방지하기 위한 저항성 품종의 육성이 필요하다.

뿌리혹선충은 전 세계적으로 널리 분포하고 있으며 경제적으로도 심한 피해를 끼치고 있는 중요한 선충집단이다. 우리나라에서 뿌리혹선충은 *Meloidogyne hapla*, *M. arenaria*, *M. incognita*, *M. javanica* 및 *M. cruciani*의 5종이 분포하고 있으며(Choi & Choi 1982), 이들 중 우점종은 당근혹 선충인 *Meloidogyne hapla*로 50%를 점유하고 있고, *M. incognita*와 *M. arenaria*도 널리 분포한다고 보고되고 있다(Choi & Choo 1978). 그러나 농작물에 가장 피해를 많이 주는 선충은 *M. incognita*로 남부지역의 시설재배에서 크게 문제가 되고 있다. 선충의 피해 특징은 기주식물의 지상부와 지하부의 활력을 감소시켜 생산물의 품질을 떨어뜨리고 수량의 감소를 가져온다(Kim & Han 1990). 토양 중 선충의 밀도가 높으면 생장이 현저하게 떨어지고 시들며, 심하면 고사되어 수확을 할 수 없는 상황에 이른다. 특히 시설재배에서는 지역적인 여건으로 시설의 이전이 어렵고, 또한 작물이 단순화 됨으로 인해 토양 병원균의 집단이 크게 증가하게 되어 방제가 더욱 어렵다. 특히 토마토는 경제적으로 피해가 심한 작물에 속하며 선충에 의해 평균 15% 정도의 손실을 가져온다고 했다(Choi et al. 1982, Han & Choi 1987). 뿌리혹선충을 방제하기 위하여 살선충제를 처리하나 이는 독성이 높고 토양 중 잔류기간이 길며 토양 미생물에 광범위한 치사효과를 가져오기 때문에 연용할 경우 유용한 미생물을 소멸시킬 뿐만 아니라 환경오염을 초래할 수 있다(Kim et al. 2002). 따라서 뿌리혹선충 방제를 위하여 미국에서는 1959년에 토마토 품종 중에서 *M. incognita* 선충에 저항성을 보인 계통을 발견하여 품종육성에 이용하였으며, 일본에서도 1965년부터 선충저항성 유전자를 찾아 이를 품종육성에 활용하여 왔고, 우리나라에서도 선충 저항성 품종이 육성되어 보급되고 있다.

본 연구는 시설재배에서 농가에 심각한 피해를 입히고 있는 토마토황화잎말림바이러스(TYLCV), 잎곰팡이병, 위조병 및 선충에 저항성을 가지면서 당도와 수량성이 높은 대추형 방울토마토를 육성하고자 2008년부터 이들 저항성 유전자가 도입된 모본을 이용하여 교배조합을 작성한 후 2013년 생산력 검정시험을 거쳐 토마토황화잎말림바이러스(TYLCV), 잎곰팡이병, 위조병 및 선충에 저항성을 가진 “TY 캔디” F₁ Hybrid 품종을 육성하여 농가에 보급하고 있다.

재료 및 방법

본 연구는 토마토생명과학연구소에서 2008년에 recombination으로 유전적 변이를 창출하고 2009년부터 2011년까지 1년에 2cycle씩 개체선발과 세대진전으로 양친 계통을 육성 고정시켰다. 2011년도에 F₁조합을 작성 교배하여 2012년도에 조합검정 및 선발을 하였고, 2013년도에 농가실증시험과 생산력검정시험으로 F₁ hybrid의 특성을 조사하였다. 2013년 3월 11일 40구 tray에 파종·육묘를 하여 2013년 5월 3일 2중 비닐하우스에 정식하였다, 재식간격 90cm × 50 cm, 시비량 N-P-K: 25-15-20 kg/10a, 주지 1본재배로 줄유인하였으며 토마토톤으로 착과시켜 8단까지 생육시킨 후 조사하였다.

초형은 유한생장형과 무한생장형으로 구분하였고, 절간은 지제부에서 제1화방이 출현하는 지점까지의 높이를 조사하였고, 엽장, 엽폭은 제1단과 2단사이 잎의 길이와 폭을 측정하였다. 화방의 발달은 1단부터 8단까지의 화방출현 모양을 조사했으며, 또한 꽃자루의 이층(離層)이 있는지 유무를 관찰하였다. 과품질은 성숙착색된 10개의 토마토 과의 평균과중, 과장, 과경을 조사하였다. 어깨색은 착색이 되기 전의 어깨부분의 base green 유무를 조사하였고, 심실수는 과일을 횡으로 잘랐을 때 심실의 수를 조사하였으며, 당도는 굴절당도계를

이용하여 측정하였다.

TYLCV 바이러스, 곰팡이 및 선충저항성 계통을 선발하기 위하여 Park et al. (2010)이 개발한 분자마커를 이용하였다.

내병성은 개발되어 있는 분자마커(Table 1)를 이용하여 토마토황화잎말림바이러스(TYLCV: Ty1, Ty3), 토마토모자이크바이러스(ToMV: Tm2a), 시들음병(*Fusarium* race2: I2), 반신위조병(*Verticillium*: Va), 근부위조병(*Fusarium radici*: Forl), 선충(Nematode: Mi1), 잎곰팡이병(*Cladosporium*: Cf9) 등에 대해 검정 선발하였으며, 포장저항성도 확인하였다.

결과 및 고찰

육성경위

본 연구는 토마토생명과학연구소에서 고품질 멀티내병성 방울토마토 F₁ hybrid 품종 육종을 목표로 2008년부터 모계 육성과 부계육성으로 나누어 개체선발과 계통선발을 하면서 유전적으로 순화시킨 후 고정시켰다. 모계 LC218은 장타원형에 23g 정도이며, 무한생장형에 초세가 강하고 과육이 단단하여 열과에 강하며, 시들음병, 잎곰팡이병 등에 내병성인 계통으로 육성하였고, 부계 CT289는 절간이 중간 정도이고 잎색이 진하며, 당도가 높으며 바이러스, 선충 등에 내병성이 있는 계통으로 선발 육성하였다. 2011년도에 F₁조합을 작성 교배하여 Hybrid를 만들었으며 2012년도에 조합선발과 시교채종을 하였다. 2013년도에 경기 수원, 충북 청원, 전남 화순 등지에서 농가 실증시험을 실시하여 최종 선발하고, 타원형 방울토마토 ‘TY 캔디(TY Candy)’로 명명하여 품종등록하였다(Fig. 1).

주요특성

‘TY 캔디(TY Candy)’의 생태·생리적 특성(Table 2)을

Table 1. Tomato molecular marker used for breeding material screening

	병 명	병원균	분자마커
바이러스	토마토황화잎말림바이러스	<i>Tomato yellow leaf curl virus</i>	Ty1,Ty3
	토마토모자이크바이러스	<i>Tomato mosaic virus</i>	Tm2a
곰팡이	시들음병	<i>Fusarium oxysporum</i> sp. <i>Lycopersici</i>	I2
	반신위조시들음병	<i>Verticillium dahliae</i>	Va
	근부위조병	<i>Fusarium radici</i>	Forl
	잎곰팡이병	<i>Cladosporium fulvum</i>	Cf9
선충	뿌리혹선충	<i>Meloidogyne incognita</i>	Mi1

Fig. 1. Pedigree diagram of the new tomato cultivar 'TY Candy'

Table 2. Plant growth habit and morphological characteristics of 'TY Candy'

Cultivar	Vine type	Stem length (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Time of flowering (days)	Inflorescence type	Flower color	Peduncle: abscission layer
TY Candy	indeterminate	40.8	47.4	42.3	56	uniparous and multiparous	yellow	present
Vita Mini (Check)	indeterminate	43.2	45.0	39.5	54	uniparous and double	yellow	present

보면 초형은 무한생장형으로 제1화방까지의 줄기의 길이가 40.8 cm, 엽장은 47.4 cm, 엽폭은 42.3 cm 정도이다. 절간이 짧을수록 재배관리가 용이하며, 겨울철재배에서는 엽면적이 작은 것이 투광율이 좋고 반면에 여름철에는 엽면적이 큰 것이 유리하다고 할 수 있다. 제1화방의 꽃이 피는 시기는 첫 번째 과의 착과와 관련이 있으므로 꽃이 빨리 피는 것이 조생이라고 할 수 있다. 'TY 캔디'의 화방발달은 1단, 2단까지는 단화방이 많으며 3화방 이후부터 다화방으로 발달한다. 꽃색 짙은 노란색이며 꽃자루에는 이층(離層)이 있다. 이층은 손으로 수확시 수확작업을 용이하게 하며, 반면에 가공용 토마토 품종에서는 이층(joint)이 없어 꽃받침까지 분리되면서 과일이 수확된다.

'TY 캔디'는 평균과중 22 g, 과장 4.2 cm, 과경 2.6 cm, 과장/과경 비율은 1.6으로 장타원형이다(Fig. 2). 특히 'TY 캔디'

Fig. 2. Fruit phenotype of 'TY Candy' cultivar

품종은 대조품종 'Vita Mini'에 비하여 과중, 과장 및 과폭이 더 컸다. 과의 성숙전 어깨부분의 색은 옅은 녹색이며 심실수는 2개로 대부분의 방울토마토와 같다. 착색은 진홍색(red)이

Fig. 3. Molecular marker by tomato disease resistant gene

Table 3. Fruit characteristics of ‘TY Candy’

Cutivar	Weight (g)	Length (cm)	Width (cm)	Ratio length/width	Shoulder color	Number of flocules	Color	당도 (brix)
TY Candy	22	4.2	2.6	1.6	light green	2	red	9.0
Vita Mini	18	3.6	2.4	1.5	light green	2	red	8.8

며 당도는 9.0 brix 정도로 기존의 품종보다 높은 편이다 (Table 3).

방울토마토 ‘TY캔디’의 내병성은 분자마커로 검정하고 포장저항성을 확인하였다(Fig. 3). 토마토황화잎말림 바이러스 (TYLCV)의 Ty1, Ty3 유전자, 토마토모자이크바이러스

(ToMV)의 Tm2a 유전자, 시들음병(*Fusarium*)의 I2 유전자, 근부위조병(*Fusarium radicans*)의 For1 유전자, 뿌리혹선충 (Nematode)의 Mi1 유전자, 반신위조병(*Verticillium*)의 Va 유전자, 잎곰팡이병(*Cladosporium*)의 Cf9 유전자 등을 지니고 있다(Table 4). ‘TY캔디’ 품종은 대조품종 ‘Vita Mini’에

Table 4. Disease resistance of ‘TY Candy’

Cutivar	TYLCV (Ty1,Ty3)	ToMV (Tm2a)	Fusarium race 2 (I2)	Fusarium radicans (Forl)	Nematode (Mi1)	Verticillium (Va)	Cladosporium (Cf9)
TY Candy	R	R	R	R	R	R	R
Vita Mini	S	R	R	S	R	R	R

비하여 토마토황화잎말림바이러스(TYLCV)와 근부위조병에 저항성을 나타냈다. 토마토황화잎말림바이러스(TYLCV)의 Ty1, Ty3 유전자는 6번 염색체에 근접하게 위치하고 있고 서로 연관되어 있으므로(Ji et al. 2007b, Verlann et al. 2011) 분자마커로 용이하게 선발이 가능하였다. 특히 최근에 토마토 재배단지에서 고온기 황화위축바이러스(TYLCV)의 발생이 심하여 토마토 재배농가에 큰 피해를 주고 있는데, TYLCV 내병성 품종을 개발 보급함으로써 예방효과가 매우 크다고 할 수 있다.

재배상 유의점

타원형 방울토마토 ‘TY 캔디’는 숙기가 빠르기 때문에, 육포기간이 짧고 정식을 빨리하여 초기 초세를 강하게 키우는 것이 화방발달과 생육에 좋다. 토마토톤으로 착과시킬 때 생장점, 측지제거 부위, 잎 등에 약액이 묻지 않도록 하여 손상해를 방지한다. 저온기 재배에서 시설내 최저온도를 12℃ 이상 맞추어 착과비대가 잘 되게 한다. 반면에 고온기에는 적심(摘心)할 때 마지막 화방 위의 잎을 3매 이상 남기고, 상단의 측지도 늦게 제거하여 고온 강광으로 인한 착색불량과 발생을 예방한다. 황화잎말림바이러스 내병성 품종이라도 담배가루이나 온실가루이의 밀도가 높으면 바이러스가 발병할 수 있으므로 미리 방제하는 것이 좋다.

유용성

2014년 2월에 품종생산판매신고를 하였으며, 신고번호 02-0005-2014-41, 품종명칭 등록출원번호 40-2014-000285로 등록되었다. 고품질 · 다수성 · 복합내병성 대추형 방울토마토로 전국의 토마토 재배농가에 보급되고 있다.

적 요

방울토마토 ‘TY 캔디’는 토마토황화잎말림바이러스(TYLCV)에 내병성인 F₁ Hynrid 품종으로 무한생장형에 과형은 장타원형이며 평균과중 17~22 g으로 당도 brix 8~9 정도이다.

모계 LC218은 초세가 강하고 과육이 단단하고 위조병, 잎곰팡이병 등에 내병성인 계통으로 선발 고정시켰다. 부계 CT289는 절간이 중간이고 잎색이 진하며 당도가 높고 황화잎말림바이러스, 선충 등에 내병성인 계통으로 선발 고정시켰다. 2011년도에 조합작성 교배하여, 2012년도에 조합선발시험과 시교채종을 하였고, 2013년도에 주요 재배단지에서 농가 실증시험을 실시한 결과 우수하게 평가되었다. ‘TY 캔디’ 품종의 특징은 기존의 대추방울토마토보다 수량성이 높고 과 품질이 우수하며 황화잎말림바이러스, 선충, 잎곰팡이병 등에 멀티내병성 품종으로 육성하여 농가에 보급하고 있다.

사 사

본 연구는 농림축산식품부 · 해양수산부 · 농촌진흥청 · 산림청 Golden Seed 프로젝트 사업(원예종자사업단, 과제번호: 213003-04-3-SBC20)에 의해 이루어진 것임

REFERENCES

1. Cho MR, Lee BC, Kim DS, Jeon HY, Yiem MS, Lee JO. 2000. Distribution of plant-parasitic nematodes in fruit vegetable production areas in Korea and identification of root knot nematodes by enzyme phenotypes. Korean J. Appl. Entomol. 39: 123-129.
2. Choi DR, Choi YE. 1982. Survey on Plant Parasitic Nematodes in Cropping by Controlled Horticulture. Korean J. Plant Prot. 21: 8-14.
3. Choi HS, Lee SH, Kim MK, Kwak HR, Kim JS, Cho JD, Choi GS. 2010. Occurrence of Virus Diseases on Major Crops in 2009. Res. Plant Dis. 16: 1-9.
4. Choi YE, Choo HY. 1978. A study on root-knot nematodes affecting economic crops in Korea. Korean J. Plant Protec. 17: 89-98.
5. Chung HD, Youn SJ, Choi YJ. 1997. Effects of Rootstocks on Seedling Quality, Growth and Prevention of Root Rot Fusarium Wilt (radicis J₃) in Different

- Tomato Cultivars. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 38: 327-332.
6. Garcia BE, Graham E, Jensen KS, Hanson P, Mejía L, Maxwell DP. 2007. Co-dominant SCAR markers for detection of the begomovirus-resistance Ty2 locus derived from *Solanum habrochaites* in tomato germplasm. [www.plantpath.wisc.edu/Geminivirus Resistant Tomatoes/Markers](http://www.plantpath.wisc.edu/Geminivirus%20Resistant%20Tomatoes/Markers).
7. Grattidge R, O'Brien RG. 1982. Occurrence of a third race of Fusarium wilt of tomatoes in Queensland. Plant Dis. 66: 165-166.
8. Han SC, Choi KM. 1987. Investigation of Plant Parasitic Nematodes in Vegetable Fields of Various Cropping Systems. Res. Rept. RDA 29: 93-98.
9. Ji J, Sumita L, Lee HJ, Oh YK, Kim SJ, Lee HK, Kim SC, Choi CW. 2008. Occurrence and characterization of tomato infecting Geminivirus in Korea. Plant Pathol. J. 24: 238. (Abstract)
10. Ji Y, Salus M, Van Betteray B, Smeets J, Jensen K, Martin C, Mejia L, Scoot J, Havey M, Maxwell D. 2007a. Codominant SCAR markers for detection of the Ty-3 and Ty-3a loci from *Solanum chilense* at 25 cM of chromosome 6 of Tomato. Tomato Genet. Coop. 57: 25-28.
11. Ji Y, Schuster DJ, Scott JW. 2007b. Ty-3, a begomovirus resistance locus near the Tomato yellow leaf curl virus resistance locus Ty-1 on chromosome 6 of tomato. Mol. Breeding 20: 271-284.
12. Ji Y, Scott JW, Schuster DJ, Maxwell DP. 2009. Molecular mapping of Ty-4, a new Tomato yellow leaf curl virus resistance locus on chromosome 3 of Tomato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 134: 281-288.
13. Kang NJ, Joung JI, Shon YG, Jung HB, Cho YS, Kim HT. 2002. Identification of Randomly Amplified Polymorphic DNA Markers Linked to the Gene for Resistance to *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (race 1) in Tomato. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 43: 545-548.
14. Kil EJ, Park JA, Lee HY, Kim JD, Choi HS, Lee KY, Kim CS, Lee SC. 2014. *Lamium amplexicaule* (Lamiaceae): a weed reservoir for tomato yellow leaf curl virus (TYLCV) in Korea. Arch Virol 159: 1305-1311.
15. Kim HH, Choo H. Y., Cho MR, Jeon HY, Yiem MS and Ha PJ. 2002. Effect of Entomopathogenic Nematodes on Egg Mass Formation by the Northern Root-knot Nematode, *Meloidogyne hapla*. Korean J. Appl. Entomol. 41: 225-231.
16. Kim JI, Han SC. 1990. Survey of Plant Parasitic Nematodes in Crops of Controlled Horticulture. Res. Rept. RAD(C. P.) 32: 36-45.
17. Kim JS, Lee S. H., Choi HS, Kim MK, Kwak HR, Nam M, Kim JS, Cho JD, Cho IS, Choi GS. 2012. 2007-2011 Characteristics of Plant Infections on Crop Samples Submitted from Agricultural Places. Res. Plant Dis. 18: 277-289.
18. Kim KH. 2011. Gene pyramiding of disease resistances using molecular markers in tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.). M.S. Thesis, Pusan National University, Miryang, Korea.
19. Lapidot M, Friedmann M, Lachman O, Yehezkel A, Nahon S, Cohen S, Pilowsky M. 1997. Comparison of resistance level to Tomato Yellow Leaf Curl Virus among commercial cultivars and breeding lines. Plant Dis. 8: 1425-1428.
20. Park JS. 1958. Fungus disease of plants in Korea. College of Agric. Chungnam Nat'l Univ. Bull. 1.
21. Park YH, Kim KH, Choi YM, Choi HS, Chae Y, Park YH, Chung SM. 2010. Evaluation of TYLCV-resistant tomato germplasm using molecular markers. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 28: 89-97.
22. Verlaan MG, Szinay D, Hutton SF, Jong H, Kormelink R, Visser RGF, Scott JW, Bai Y. 2011. Chromosomal rearrangements between tomato and *Solanum chilense* hamper mapping and breeding of the TYLCV resistance gene Ty-1. Plant J. 68: 1093-1103.
23. Volin RB, Jones JP. 1982. A new race of Fusarium wilt of tomato in Florida and sources of resistance. Proc. Fl. State Hort. Soc. 95: 268-270.