

고추의 풋마름병(靑枯病)에 대한 저항성

임양숙¹ · 김병수*

¹경북농촌진흥원, *경북대학교 원예학과

Resistance to Bacterial Wilt in Pepper (*Capsicum anuum* L.)

Yang Sook Lim¹ and Byung Soo Kim*

¹Kyungpook Provincial Rural Development Administration, Taegu 702-320, Korea

*Department of Horticulture, Kyungpook National University, Taegu 702-701, Korea

ABSTRACT : Experiments were conducted to determine the method of inoculation and inoculum level, and the optimum age of pepper seedlings for evaluation of resistance to bacterial wilt in pepper. Injection of bacterial suspension ($10^7 \sim 10^8$ cells/ml) to the leaf axil of the top 3rd or 4th leaf of pepper, and drenching the soil planted with pepper seedling after wounding roots with scalpel, resulted in good varietal difference in resistance to bacterial wilt. PI377688, PI358812 and PI369994 of 298 open-pollinated lines and 10 hybrids tested for resistance to bacterial wilt were highly resistant and such local cultivars as Masan, Anjinbaengi, Kimyongcho and Punggakcho moderately resistant.

Key words : *Pseudomonas solanacearum*, bacterial wilt, pepper.

고추는 1992년의 재배면적이 62,759 ha로 전체 채소 재배면적의 약 20%를 차지하는 주요 작물이다. 근래 남부지방의 일부 고추 재배지역에서 풋마름병(靑枯病, Bacterial wilt)이 발생하여 크게 문제가 되고 있다.

풋마름병균(*Pseudomonas solanacearum* E. F. Smith)은 토양전염을 하고 식물체의 도관을 침해하여 시들어 말라죽게 하므로(4) 약제의 살포로는 방제효과를 기대할 수 없는 병이다. 따라서 저항성 품종을 개발하면 보다 경제적이고도 안정되게 방제하는 것이 가능할 것이다. Peter(8)는 인도 품종에서, Matos 등(7)은 MC5, MC4, MC10 등이 풋마름병에 저항성이라고 보고하였다. 그러나 국내에서는 아직까지 고추의 풋마름병 저항성에 관한 연구는 거의 없는 실정이다. 필자들은 고추 풋마름병 저항성 육종을 위한 기초단계로서 저항성 검정방법을 검토하고 본 연구실 보존의 고추 유전재료에 대하여 풋마름병에 대한 저항성을 검정한 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

병원균주 및 접종원. 1991년 경남 창녕군 유어면

의 고추 재배 포장에서 채집한 균주를 사용하였다. 접종에는 보존 병원균을 TZC agar(4)배지에 옮겨 28°C의 항온기에서 48시간 배양하여 증식된 세균을 살균수로 씻어내어 세균현탁액을 만들어 사용하였으며 세균밀도는 McFarland의 탁도관을 기준으로 하여 조정하였다.

접종방법 및 접종 밀도시험. 재래종 5품종과 이병성 대조품종으로 '오류'를 공시하여 파종 후 30일 묘에 뿌리침지법, 줄기주사법, 뿌리절단-세균현탁액 관주법의 3가지 방법으로, 접종원의 밀도를 10^6 , 10^7 , 10^8 , 10^9 로 하여 접종하였다. 침지법에서는 수세한 묘의 뿌리를 세균현탁액에 잠시 담구었다 이식하였으며 줄기주사법에서는 줄기의 본엽 3, 4번째 엽액의 도관으로 침투되게 세균현탁액을 주사접종하였고, 뿌리절단-세균현탁액관주법은 줄기로부터 뿌리가 뺀 부분의 한쪽면을 칼로 잘라 상처를 준 후 10 ml의 세균현탁액을 절단부위에 관주하였다. 밀도는 $10^6 \sim 10^9$ cells/ml 4수준의 현탁액을 사용하였다. 접종 후 3일 간격으로 개체별 발병 정도를 French(1)의 방법에 따라 조사하였으며 발병도를 5등급으로 나누어, 즉 1: 전혀 병징이 없는 것, 2: 1개의 잎이 시들은 것, 3: 잎 수의 반 정도가 시들은 것, 4: 거의 모든 잎들이 시들은 것, 5: 완전히 시들어 말라 죽은 것

*Corresponding author.

으로 하여 조사하였으며 각 처리당 36주씩 완전 임의배치법에 의해 배치하였다.

모령에 따른 감염 효과. 중 정도의 저항성 계통 'KC205(칼미초)'와 이병성 계통 '오류'을 공시 재료로 하여 파종기를 달리하여 파종후 35, 30, 25, 20, 15, 10일의 모령이 되도록 육묘하였다. 세균현탁액(10^8 cells/ml)을 뿌리절단-세균현탁액 관주법으로 접종하였고 각 처리당 24주씩 완전임의배치법에 의해 배치하였다.

저항성 검정. 경북대학교에 보존하고 있는 고추 유전자원 287계통과 10개의 시판품종의 종자를 '92년 4월 30일 사각분(45 cm×30 cm×15 cm)에 파종하여 육묘하였으며 6월 11일에 40일 묘를 뽑아 뿌리를 세균현탁액(10^8 cells/ml)에 잠시 담근 후 종이접시에 가식하여 접종하였다. 접종한 식물은 비닐하우스에서 재배관리하였으며 30일 후 발병이 적은 계통을 선발하고 그중 외관상 건전한 개체를 선발하여 7월 18일 뿌리절단-세균현탁액 관주법으로 2차 접종을 실시한 다음 30일 후에 발병정도를 조사하였다.

결과 및 고찰

접종방법 및 접종원의 밀도와 발병. '오류'을 포함한 6개의 고추 품종을 3가지 접종방법과 4수준의 접종원밀도로 접종하여 30일 후 발병을 조사한 결과는 Table 1과 같다. 접종원의 밀도 10^6 cells/ml에서는 줄기에 주사접종한 경우는 이병성 대조품종에 충분히 발병하였으나 침지법이나 뿌리절단-세균현탁액관주법에서는 발병량이 적어 품종간에 차이를 분별하기가 곤란하였다. 10^9 cells/ml에서는 발병이 전반적으로 많아 품종간의 저항성의 차이를 분별하기 곤란한 경향을 보였다. 이병성 대조품종에 발병량이

충분하고 저항성 수준의 차이를 분별할 수 있으며 품종간의 발병량의 차이가 잘 나타나는 것이 저항성 검정에 필요한 요건이라고 보면 접종원으로서 적당한 세균밀도는 $10^7 \sim 10^8$ cells/ml 범위인 것으로 보인다. 품종과 접종방법과의 관계를 보면 이병성 대조품종인 '오류'은 $10^7 \sim 10^8$ cells/ml 밀도범위에서 3가지 접종방법에서 모두 발병이 많아 이병성으로 나타났으며 '풍각'과 '수비'는 침지법(10^8 cells/ml)을 제외하고는 대체로 일관되게 발병량이 적었다. 줄기 주사접종법과 뿌리절단-세균현탁액관주법의 결과는 거의 일치하는 경향이었으며 침지법의 결과는 다른 2가지 방법과 다소 다른 경향을 보였는데 이는 줄기 주사접종은 줄기도관에 세균을 직접 주사하여 주고 뿌리절단-세균현탁액관주법은 강한 상처와 함께 병원균을 관주해 줌으로서 병원균의 침입을 보장해 준다는 점에서 공통점이 있는 반면 침지법과는 다른데 기인한 것으로 사료된다.

Kishun 등(6)은 토마토에서의 저항성 검정을 위한 적정 밀도는 10^5 cells/ml라고 하였는데 본 실험에서도 줄기 주사접종의 경우는 10^6 cells/ml에서도 충분히 발병하여 토마토의 경우와 같은 경향이였다. Winstead 등(9)은 이병성 계통의 경우에는 줄기접종 방법과 뿌리절단 방법이 모두 효과적이거나 저항성 계통의 경우는 줄기접종 방법이 뿌리절단 방법보다 더 높은 발병율을 보였다고 하였다. 그러나 저항성 평가를 위해서는 저항성과 이병성 계통 사이의 가장 큰 차이를 낸 뿌리절단 방법이 효과적이라 하였으며, Kishun 등(6)은 줄기의 본엽 3, 4매째 엽액에 주사 접종하는 방법이 가장 효과적이라 하였다. 본 실험에서 Kishun의 결과와 일치하는 경향으로 줄기접종 방법이 저항성 계통과 이병성 계통 사이의 발병도에 가장 큰 차이를 나타내었다. 그러나 풋마름병균은

Table 1. Effect of inoculation method and inoculum level on disease development of pepper seedlings 30 days after inoculation with *P. solanacearum*

K.C. No.	Cultivar	Dipping method				Stem injection method				Drenching with wounding			
		10^6	10^7	10^8	10^9 ^b	10^6	10^7	10^8	10^9	10^6	10^7	10^8	10^9
KC201	Chilsungcho	1.60 ^a	2.60	2.00	2.40	1.60	3.80	2.40	3.80	1.00	2.00	2.00	1.80
KC206	Kimyongcho	1.00	3.00	2.80	3.00	1.20	2.40	3.20	2.20	1.00	3.00	4.40	2.40
KC207	Punggakcho	1.40	2.20	3.00	2.20	1.80	1.80	1.60	2.25	1.80	1.80	1.60	2.20
KC214	Paejae	1.40	1.40	2.20	3.00	1.80	2.40	2.40	2.40	1.10	1.80	4.20	3.80
KC218	Subicho	2.60	2.00	3.40	2.60	1.80	1.60	1.60	2.00	1.40	1.20	1.40	2.60
	Oryun	1.00	2.40	2.60	2.40	3.60	3.00	3.60	3.60	1.00	2.20	4.00	4.00

^a 1: no symptom, 2: one leaf wilting, 3: wilting about a half of the leaves, 4: wilting nearly all the leaves, 5: whole plant wilting or dead.

^b Inoculum concentration (cells/ml)

토양전염성 병균으로서 토양속의 뿌리를 통하여 침입을 하는 것이기에 침지법이 자연상태의 감염과 가장 비슷한 반면에 줄기주사접종방법은 발병도는 높으나 인위적으로 도관에 세균 현탁액을 침투시키므로 병원세균의 체내증식과 발병을 저지하는 저항성 성분(constitutive resistance component)의 검정은 가능하나 뿌리 표피조직 등의 차이에 유래한 저항성의 검정은 곤란한 점이 있다. 또한 대량으로 저항성 검정을 할 경우에는 줄기접종의 방법상 어려움과 접종시 많은 노력이 드는 문제점이 있다. 그러므로 대량접종의 경우 노력 문제나 자연감염의 재현성 등을 고려한다면 침지법이 실용적일 것으로 사료된다.

묘령에 따른 감염 효과. 저항성 계통 'KC205(칼미초)'와 이병성 계통 '오륜'의 묘령을 달리하여 뿌리절단-세균현탁액 관주방법으로 접종하여 발병을 조사한 결과(Table 2) 'KC205'와 '오륜'은 다같이 묘령이 15일에서 30일까지 증가함에 따라 발병량이 높았고 35일부터 다시 발병량이 감소하는 경향을 나타내었다. 'KC205'는 '오륜'보다 접종 묘령의 증가에 따른 발병의 감소가 현저하였다. 이병성인 계통 혹은 개체를 가능한 한 빨리 제거하고 저항성인 개체를 선발하는 것이 목표로 되는 대량의 유전자원이나 육성집단의 검정에서는 발병량이 많은 30일 묘를 접종에 사용하는 것이 효과적일 것으로 사료된다.

Winstead 등(9)은 토마토의 경우 어린묘에 접종하기 보다 24일 묘령의 식물체에 접종하는 것이 상대적 저항성 수준을 평가하는데 더 유리하다고 보고한 바 있으며 감자의 경우 20, 25일 묘령의 식물체가 저항성을 평가하기에 가장 적당하며 너무 노화된 식물체는 부적당하다고 보고하였다(2).

저항성 검정. 실험실 보존의 고추 유전자원 287 계통과 10개의 시판품종을 침지법과 뿌리 절단-세균 현탁액 관주법으로 접종하여 저항성을 검정한 결과 발병이 적은 25계통 및 품종과 이병성인 19개의 계통 및 품종을 Table 3에 나타내었다. 미국 식물도입국 계통 PI257044, PI267738, PI271043, PI322727, PI322728, PI358812, PI369994, PI369998, PI377688은 1, 2차의 접종 이후에도 거의 병징 없이 저항성으로 나타났다. 그 중 PI377688은 접종의 영향을 전혀 받지 않아 가장 높은 수준의 저항성을 보였으며 우리나라 재래종인 마산, 안진뱅이, 김용초, 풍각초는 중간 정도의 저항성을 가진 것으로 나타났다. 감미종인 Emerald Giant, Keystone Resistant Giant No. 3과 신미 재배종인 Papri Sweet, P51, Big Jim Chile, Nu-

Table 2. Effect of seedling age at inoculation on disease development of two varieties of pepper seedlings, 30 days after inoculation with drenching by the wounding method

Seedling age at inoculation (days)	Kalmicho		Oryun	
	Disease index ^a	S.D. ^b	Disease index	S.D.
10	2.69 b ^c	1.81	2.74 c	1.84
15	3.71 a	1.70	4.03 b	1.56
20	3.73 a	1.66	4.10 b	1.33
25	3.61 a	1.50	4.71 ab	0.74
30	3.65 a	1.33	4.90 a	0.30
35	2.70 b	1/60	4.39 ab	1.26

^a 1: no symptom, 2: one leaf wilting, 3: wilting about a half of the leaves, 4: wilting nearly all the leaves, 5: whole plant wilting or dead.

^b Standard deviation.

^c Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

Mex R. Naky, NeMex Conquistador는 고도로 이병성인 것으로 나타났으며, 국내 시판의 일대잡종 품종의 경우는 오륜을 제외하고 발병도는 미미하여 국내 품종들은 대부분 낮은 수준이기는 하나 풋마름병에 저항성을 보유하고 있는 것으로 나타났다. PI 369994는 더댕이병(斑點細菌病, bacterial spot)에도 저항성이어서(5) 복합저항성 재료로서 유용한 자원으로 사료된다.

Matos 등(7)은 MC5, MC4, MC10이 고도의 저항성을 나타내며 Keystone Resistant Giant는 고도의 이병성을 나타낸다고 보고하였는데 본 시험에서도 Keystone Resistant Giant는 고도의 이병성을 나타내었다. Peter(8)는 풋마름병에 대한 저항성 재료로서 Indian Hot Pepper, Pant C-1이 고도의 저항성임을 보고하였으며, Indian Pepper 계통 KAU, White Khandari, Pant C-1이 저항성 재료로 사용될 수 있음을 보고한(3) 바 있다. 이들 저항성 재료들을 도입하여 본 시험에서 저항성으로 나타난 재료들과 비교검정하고 저항성 육종에 활용성을 검토하는 것이 필요하며 그리고 일반적으로 많은 병의 실내 저항성검정의 결과와 포장상태에서의 저항성검정 결과가 일치하지 않는 경우가 많으므로 앞으로 본 실험의 실내 저항성검정 결과가 포장상태에서도 같은 결과가 나올 수 있는지는 앞으로 더욱 연구가 필요할 것으로 사료된다.

우리나라에서는 아직까지 풋마름병의 피해가 경미한 편인 것은 우리나라에는 추운 겨울이 있어서

Table 3. Mean disease rating of selected lines of pepper 30 and 20 days after 1st and 2nd inoculation, respectively, with *Pseudomonas solanacearum*

K.C. No.	Cultivar	1st inoculation ^a		2nd inoculation ^b	
		Plants tested	Disease index ^c ± S.D. ^d	Plants tested	Disease index± S.D.
123	PI322728	11	1.00± 0.00	9	1.14± 0.38
122	PI322727	10	1.00± 0.00	7	1.60± 1.12
137	PI377688	20	1.05± 0.22	20	1.25± 0.44
127	PI369994	20	1.05± 0.22	19	1.26± 0.45
126	PI358812	20	1.05± 0.22	18	1.26± 0.45
121	PI322726	10	1.10± 0.00	10	1.44± 0.78
131	PI369998	20	1.15± 0.37	20	1.50± 0.69
77	PI271043	12	1.17± 0.39	12	1.33± 0.49
51	PI257044	19	1.26± 0.45	17	1.24± 0.56
181	Masan	20	1.30± 0.47	20	1.50± 0.69
	Hongilpum	20	1.30± 0.37	19	1.90± 1.25
76	PI267738	22	1.36± 0.58	21	1.48± 0.98
196	Anjinbaengi	20	1.45± 0.64	18	1.39± 0.70
207	Punggakcho	20	1.45± 0.60	19	1.74± 0.81
206	Kimyongcho	20	1.45± 0.51	18	1.78± 0.81
	Oryun	19	2.68± 1.38	7	3.43± 1.62
157	Papri Sweet	20	2.95± 1.43	9	3.89± 1.54
143	Emerald Giant	19	3.21± 1.18	4	4.00± 0.82
144	Keystone Resistant Giant No. 3	20	3.35± 1.23	3	4.33± 1.15
152	Yolo Wonder L	20	3.50± 1.10	1	5.00± 0.00
289	Big Jim Chile	20	3.70± 1.38	2	4.00± 1.41
293	NuMex Conquistador	14	4.14± 1.17	2	5.00± 0.00
290	NuMex R. Naky	20	4.20± 1.28	—	—
256	P51	14	4.21± 1.12	—	—
292	New Mexico 6-4	20	4.25± 1.12	1	3.00± 0.00

^aSeedlings of 40 days old were inoculated with dipping in bacterial suspension of 10^8 cells/ml.

^bSeedlings of lines selected after 1st inoculation were reinoculated with drenching with wounding method.

^c1: no symptom, 2: one leaf wilting, 3: wilting about a half of the leaves, 4: wilting nearly all the leaves, 5: whole plant wilting or dead.

^dStandard deviation.

고온성의 풋마름병균이 월동하기 어렵고 시판 품종들이 대부분 중(中) 정도의 저항성을 보유하고 있기 때문인 것으로 사료된다. 병원균의 월동이 용이한 남부지방에서는 지역에 따라 발병이 많아질수 있는데 그러한 경우는 본 시험에서 저항성으로 나타난 계통들을 이용하여 저항성 품종을 육성하여 보급하는 것이 필요할 것이다.

요 약

고추 풋마름병(靑枯病)에 대한 저항성 검정에 적합한 접종방법 및 접종밀도 그리고 접종묘령과 풋마름병 저항성 유전자원을 선발하고자 검토한 결과 접종원은 $10^7 \sim 10^8$ cells/ml, 접종방법에서는 줄기에

주사하는 방법과 뿌리절단-세균현탁액 관주법, 접종묘령은 파종후 30일 묘를 이용하는 것이 충분한 발병과 품종간 차이를 나타내 저항성 평가를 위해 적합한 것으로 나타났다. 그리고 본 대학 보존의 287 방입수분 계통과 10개의 시판품종을 병원균 현탁액에 뿌리를 침지하는 방법으로 일차선발한 계통에 대하여 뿌리절단-세균현탁액 관주 방법으로 저항성을 검정한 결과 PI322727, PI322728, PI377688, PI358812, PI369994가 고도의 저항성을 나타내었으며, 재래종인 마산, 안진맹이, 김용초, 풍각초는 중간 정도의 저항성을 나타내었다.

참고문헌

1. French, E. R. and De Lindo, L. 1982. Resistance

- to *Pseudomonas solanacearum* in potato: Specificity and temperature sensitivity. *Phytopathology* 72:1096-1099.
2. Gonzalez, L. C., Sequeira, L. and Row, P. R. 1973. A root inoculation techniques to screen potato seedlings for resistance to *Pseudomonas solanacearum*. *Amer. Potato J.* 50:96-104.
 3. Goth, R. W., Peter, K. V. and Webb, R. E. 1983. Bacterial wilt *Pseudomonas solanacearum* resistance in pepper and eggplant lines. *Phytopathology* 73:808 (Abst.).
 4. Kelman, A. 1953. The Bacterial wilt caused by *Pseudomonas solanacearum*: A literature review and biography. *N. C. Agri. Exp. Sta. Tech. Bul.* 99:194.
 5. Kim, Byung-Soo. 1983. Inheritance of resistance to bacterial spot (*Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* (Doidge) Dye) in peppers (*Capsicum* spp.). Ph. D. dissert., Univ. of Hawaii.
 6. Kishun, R. and Rames, C. 1990. Efficacy of different methods of inoculation and inoculum concentrations for inducing bacterial wilt in tomato. *Plant Dis. Rep.* 74:126-131.
 7. Matos, F. S. A., Lopes, C. A. and Takatsu, A. 1990. Identificao de fontes de resistencia. A *Pseudomonas solanacearum* EM *capsicum* spp. *Hort. Bras.* 8(1):22-23.
 8. Peter, K. 1984. Indian hot peppers as new sources of resistance to bacterial wilt, Phytopathora root rot, root-knot nematode. *HortScience* 19(2):277-278.
 9. Winstead, N. N. and Kelman, A. 1952. Inoculation techniques for evaluating resistance to *P. solanacearum*. *Phytopathology* 42:628-634.