

포장조건에서 주요 배 유전자원과 종간교배 집단의 검은별무늬병 저항성

김윤경^{1*}, 정해원², 원경호², 강삼석¹, 이욱용³, 한태호⁴

¹국립원예특작과학원 배연구소, 연구관, ²연구사, ³박사후전문연구원, ⁴전남대학교 원예학과, 교수

Scab Resistance of Some Pear Genetic Resources and Inter Specific Hybrid Seedlings in Field Condition

Yoon-Kyeong Kim^{1*}, Hae-Won Jeong², Kyung-Ho Won², Sam-Seok Kang¹,
Ug-Yong Lee³ and Tae-Ho Han⁴

¹Senior Researcher, ²Researcher and ³Post-doc, Pear Research Institute, National Institute of Horticultural and Herbal Science, Rural Development Administration, Naju 58216, Korea

⁴Professor, Department of Horticulture, Jeonnam National University, Gwangju 61186, Korea

Abstract - This study was accomplished to select breeding materials among the pear germplasm 6 species 43 accessions and check out the expression of scab incidence of inter specific hybrids of 5 crosses 609 seedlings for scab resistance breeding. Fruitlets scab incidence of *P. pyrifolia*, *P. bretschneideri* and *P. ussuriensis* were 59.5, 73.4 and 63.0% respectively, and also fruitlets scab incidence of interspecific hybrid cultivars between *P. pyrifolia* and *P. bretschneideri* were 77.7%. However, fruitlets scab incidence of *P. communis* and interspecific hybrid accessions between *P. pyrifolia* and *P. communis* were significantly less than 15%. As a result of the Duncan test, scab resistance of pear accessions were classified into two groups: *P. communis* and their hybrid were resistance and *P. bretschneideri*, *P. pyrifolia*, *P. ussuriensis*, and among their hybrid were susceptible. Also, it showed the same trend in the seedlings. Scab incidence of ‘Seolwon’ × ‘Chuhwangbae’ and ‘Supergold’ × ‘Mantienhong’ in *P. pyrifolia* seedlings showed more than 80%, while that of interspecific hybrid between *P. pyrifolia* and *P. communis* showed about 2%. It showed scab resistance of *P. communis* transferred to hybrid seedlings and expressed to be dominant in their seedlings. Namely, *P. communis* was good breeding materials for scab resistance.

Key words – Breeding, Disease resistance, Germplasm, *Pyrus*, *In vivo*

서 언

소비자는 친환경 농산물에 대해서는 ‘안정성’을 더욱 강조하고, 환경적으로는 ‘지속 가능한 생산과 소비’가 이루어지는 쪽으로 그 인식이 변화하고 있다(KREI, 2019). 또한, 과실 구매 시 맛과 품질 외에 안정성까지도 고려하는 소비자가 많아지고 있어 내병성이 강한 품종에 대한 요구는 지속적으로 증가할 것으로 전망된다.

배 산업에 가장 큰 손실을 끼치는 요소인 배 검은별무늬병

(*Venturia nashicola*)은 진균류에 의해 배의 과실, 잎, 줄기에 흑색의 병반을 나타내며 세대가 짧고, 변이가 심해 약제 저항성이 빈번하게 나타난다(Ishii and Yamaguchi, 1977). 특히, 봄철 기온이 12~23°C이며 비가 자주 와 잎이 젖어 있는 시간이 길어지면 발병하고, 엽병과 과경에 발병하면 낙엽과 낙과를 유발하며, 과실에 남는 병반은 상품가치를 저하시킨다.

우리나라의 배 과원에서는 전국 평균 15.2회 정도 약제를 살포하고 있으며, 이와 같은 약제 다량살포는 생산비 증가, 생산자와 소비자의 안전성, 환경오염의 원인이 될 수 있다. 특히, 국내에서 배 재배면적의 83%를 차지하고 있는 ‘신고’는 배 검은별무늬병에 매우 민감한 품종으로 방제를 소홀히 할 경우, 과실의 안정생산이 어렵고 배 검은별무늬병은 배의 일반 관행재배나

*교신저자: E-mail horti8992@korea.kr

Tel. +82-61-330-1541

Table 1. Pear germplasms used for pear scab incidence research in field condition

Origin ^z	Cultivar	Species ^y	Parentage
Korea	Chuhwangbae	<i>P. pyrifolia</i>	Imamuraaki × Nijisseiki
	Whangkeumbae	<i>P. pyrifolia</i>	Niitaka × Nijisseiki
	Danbae	<i>P. p</i> × <i>P. b</i>	Chojuro × Cheongsilli
China	Cili	<i>P. bretschnideri</i>	Unknown
	Daxiangshuli	<i>P. bretschnideri</i>	Unknown
	Jinfengli	<i>P. bretschnideri</i>	Pingguoli × Cili
	Jinhua	<i>P. bretschnideri</i>	Unknown
	Xuehuali	<i>P. bretschnideri</i>	Unknown
	Yali	<i>P. bretschnideri</i>	Unknown
	Zaosu	<i>P. bretschnideri</i>	Pingguoli × Mishirazu
	Zaohua	<i>P. bretschnideri</i>	Unknown
	Pingguoli	<i>P. ussuriensis</i>	Unknown
	Pingboxiang	<i>P. ussuriensis</i>	Pingguoli × Hakataao
	Xioxiangshuli	<i>P. ussuriensis</i>	Unknown
Japan	Atago	<i>P. pyrifolia</i>	Nijisseiki × Imamuraaki
	Chojuro	<i>P. pyrifolia</i>	Chance seedling
	Gold Nijisseiki	<i>P. pyrifolia</i>	Nijisseiki mutation
	Hosui	<i>P. pyrifolia</i>	(Kikusui × Yakumo) × Yakumo
	Imamuraaki	<i>P. pyrifolia</i>	Unknown
	Kosui	<i>P. pyrifolia</i>	Kikusui × Wasekozo
	Kunitomi	<i>P. pyrifolia</i>	Taihaku OP
	Niitaka	<i>P. pyrifolia</i>	Amanogawa × Imamuraaki
	Nijisseiki	<i>P. pyrifolia</i>	Unknown
	Okusankichi	<i>P. pyrifolia</i>	Unknown
	Osanijisseiki	<i>P. pyrifolia</i>	Nijisseiki mutant
	Shinko	<i>P. pyrifolia</i>	Nijisseiki mutant
	Shinsetsu	<i>P. pyrifolia</i>	Imamuraaki × Okusankichi
	Shinsui	<i>P. pyrifolia</i>	(Taihaku×Nijisseiki)×Kimitsukawase
	Taihaku	<i>P. pyrifolia</i>	Unknown
	Taihei	<i>P. pyrifolia</i>	Unknown
	Waseaka	<i>P. pyrifolia</i>	Unknown
	Yasato	<i>P. pyrifolia</i>	Hakko × (Nijisseiki × Li14)
	Hokaiwase	<i>P. p</i> × <i>P. c</i>	Unknown
	Kiyomaru	<i>P. p</i> × <i>P. c</i>	(Okusankichi × La france) × Bartlett
Ooharabeni	<i>P. p</i> × <i>P. c</i>	Okusankichi × Max Red Bartlett	
Taiheiyo	<i>P. p</i> × <i>P. c</i>	Okusankichi × La France	
Hatatsu	<i>P. b</i> × <i>P. p</i>	Yali × Nijisseiki	
Senken	<i>P. b</i> × <i>P. p</i>	Yali × Nijisseiki	
France	Abate Fetal	<i>P. communis</i>	Unknown
UK	Bartlett	<i>P. communis</i>	Chance seedling
Belgium	Bosc	<i>P. communis</i>	Unknown
USA	Canal Pear	<i>P. communis</i>	Forelle × Max Red Bartlett
France	Favorite	<i>P. communis</i>	Seedling of cultivar Bartlett

^zThe country in which these accessions were introduced or collected.

^y*P. p.*: *P. pyrifolia*, *P. b.*: *P. bretschnideri*, *P. c.*: *P. communis*.

유기재배에서 가장 큰 애로사항 중 하나이기 때문에 안정성과 생력화 측면에 있어서 저항성 품종 육성이 시급하다(Cha *et al.*, 2018; Cho *et al.*, 1985; Song *et al.*, 2013). 아직까지 배 검은별무늬병에 완벽한 저항성을 나타내는 상업 품종은 존재하지 않지만 ‘Kinchaku’ (Abe *et al.*, 2008), ‘Greensis’ (Kim *et al.*, 2016) 등이 *V. nashicola*에 비교적 강한 저항성을 보인다고 보고되었다.

자연발생 조건에서의 배 검은별무늬병의 관찰은 환경조건의 변동, 병원균의 활성도 및 밀도의 균일성 등에 대한 영향이 커서 결과의 재현성에 대한 신뢰성이 떨어질 수 있는 우려가 있으나 (Shin *et al.*, 2004) 자연발생 조건에서 병원균은 엽 외에 과실, 가지에도 큰 피해를 주고 해에 따라 감염률이 높은 부위가 달라질 수 있으므로 기내 검정 외에 포장조건에서 식물체의 병 저항성 발현 확인은 중요한 의미를 갖는다. 즉, 육종소재로 활용하기 위한 자원선발 뿐 아니라 교배집단에서의 저항성 발현 정도는 기내 또는 포장 조건에서의 확인이 필요한 것이다. 따라서 배 검은별무늬병 저항성 육종소재로 활용할 수 있는 배 유전자원을 선별하고, 교배 집단에서 배 검은별무늬병 발현 정도를 확인함으로써 병저항성 품종육성을 효율적으로 수행하고자 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

배 유전자원의 검은별무늬병 저항성 평가

2006년 국립원예특작과학원 배연구소에서 보유하고 있는 43개 유전자원의 유과를 대상으로 배 검은별무늬병(*V. nashicola*)에 감염된 병든 과실률 및 병든 정도를 조사하였다. 조사에 사용된 43개 자원은 ‘Chuhwangbae’ 등 한국배 3개 accession, ‘Atago’ 등 일본배 24개 accession, ‘Cili’ 등 중국배 11개 accession, ‘Abate Fetal’ 등 서양배 5개 accession이었다(Table 1). 병든 과실률은 조사한 유과 개수에 대한 병징을 나타내는 유과의 수를 비율로 나타내었고, 품종별로 100개 이상이 되는 유과를 조사하였다. 감염된 과실의 병든 정도는 Fig. 1을 기준으로 0~5까지 구분하여 조사하였다.

종간교배 집단의 검은별무늬병 저항성 평가

2015년에는 ‘Seolwon’ × ‘Chuhwangbae’, ‘Supergold’ × ‘Mantienhong’ 등 *P. pyrifolia* 종내 교배 2개 집단 210개체와 ‘Whangkeumbae’ × ‘Bartlett’, ‘Shinhwa’ × ‘Bartlett’, ‘Bartlett’ × ‘Supergold’ 등 *P. pyrifolia*와 *P. communis*를 종간교배 한 3개 집단 399개체를 대상으로 개체 당 50엽씩 배 검은별무늬병



Fig. 1. Standard of pear scab infection degree. Degree: 0, no disease symptom; 1, symptom incidence area 0-5%; 2, incidence area 6 to 20%; 3, symptom incidence area 21 to 35%; 4, symptom area 36 to 50%; 5, symptom incidence area \geq 51%.

에 감염된 병든잎률을 조사하였다. 병든잎률은 조사한 전체 잎수에 대한 병든 잎의 수로 나타내었다.

통계

배 유전자원과 교배집단의 병 발생 정도 비교를 위해 수집된 데이터는 R 통계 프로그램(R ver. 2.14.1, Newzeland)을 이용하여 평균간 유의차를 95% 수준에서 Duncan’s multiple range test와 T-test로 분석하였다.

결과 및 고찰

포장조건에서 배 유전자원의 검은별무늬병 저항성 평가

주요 배 유전자원 43개 accession의 유과의 검은별무늬병(*V. nashicola*) 병든 과실률 및 병든 정도를 조사한 결과(Table 2), ‘Daxiangshuili’, ‘Yali’, ‘Shinsetsu’, ‘Senken’, ‘Hatatsu’, ‘Xuehuali’, ‘Pingboxiang’, ‘Niitaka’, ‘Imamuraaki’, ‘Atago’, ‘Pingguoli’, ‘Shinko’ 등이 80% 이상의 병든 과실률과 3 이상의 병든 정도를 보였고, 이들 자원 대부분은 *P. pyrifolia*, *P. bretschneideri*, *P. ussuriensis*, *P. pyrifolia* × *P. bretschneideri* 종이 해당되었다. 반면, ‘Abate Fetal’, ‘Kiyomaru’, ‘Ooharabeni’, ‘Favorite’, ‘Bartlett’, ‘Hokaiwase’, ‘Taiheiyo’, ‘Canal Pear’는 15% 미만의 병든 과실률과 0.2 이하의 병든 정도를 보여 *P. communis* 또는 *P. communis*가 교배친으로 이용된 종간 교잡에 속하는 품종에서는 병징이 거의 확인되지 않았다. 동일 종 내에서도 품종에 따른 병든 과실률은 다소 차이를 보였지만 *P. pyrifolia*, *P. bretschneideri*, *P. ussuriensis*는 검은별무늬병

Table 2. Pear scab (*Venturia nashicola*) incidence and degree of the 43 pear young fruit by species

Species	Cultivar	Pear scab incidence ^z	
		(%)	Degree ^y
<i>P. pyrifolia</i>	Atago	84.0	3.2
	Chojuro	81.0	2.9
	Chuhwangbae	58.8	1.9
	Gold Nijisseiki	39.1	2.4
	Hosui	76.2	3.1
	Imamuraaki	84.6	3.4
	Kosui	36.6	1.4
	Kunitomi	66.7	3.6
	Niitaka	85.9	3.5
	Nijisseiki	56.3	2.0
	Okusankichi	24.4	0.6
	Osanijisseiki	48.5	2.8
	Shinko	81.1	3.7
	Shinsetsu	91.0	5.0
	Shinsui	50.4	1.6
	Taihaku	19.8	1.0
	Taihei	37.3	1.7
	Waseaka	49.7	1.8
	Whangkeumbae	74.0	2.4
Yasato	43.8	1.4	
		59.5 ± 22.0 ^x a ^w	2.47 ± 1.10 a
<i>P. bretschneideri</i>	Cili	75.7	2.4
	Daxiangshuili	96.8	4.7
	Jinfengli	57.5	2.4
	Jinhua	67.4	1.7
	Xuehuali	88.9	3.0
	Yali	91.3	4.9
	Zaohua	48.3	2.2
	Zaosu	60.9	1.7
		73.4 ± 17.7 a	2.88 ± 1.26 a
<i>P. ussuriensis</i>	Pingguoli	82.4	4.3
	Pingboxiang	86.3	4.7
	Xioxiangshuli	20.2	0.4
		63.0 ± 37.1 a	3.13 ± 2.38 a
<i>P. communis</i>	Abate Fetal	0.0	0.0
	Bartlett	2.5	0.0
	Bosc	21.7	1.0
	Canal Pear	13.0	0.2
	Favorite	1.2	0.0
		7.7 ± 9.4 b	0.24 ± 0.43 b
<i>P. pyrifolia</i> × <i>P. communis</i>	Hokaiwase	10.9	0.1
	Kiyomaru	0.0	0.0
	Ooharabeni	0.0	0.0
	Taihejyo	11.0	0.1
		5.5 ± 6.3 b	0.05 ± 0.06 b
<i>P. pyrifolia</i> × <i>P. bretschneideri</i>	Danbae	53.0	1.2
<i>P. bretschneideri</i> × <i>P. pyrifolia</i>	Hatatsu	89.1	4.1
	Senken	91.0	4.7
		77.7 ± 21.4 a	3.33 ± 1.87 a

^zYoung fruit for pear scab incidence and degree was investigated in 2006.

^yDegree: 0, No symptom; 1, symptom incidence area 0-5%; 2, incidence area 6-20%; 3, symptom incidence area 21-35%; 4, symptom area 36-50%; 5, symptom incidence area ≥51%.

^xMeans ± SD.

^wMean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P = 0.05$.

병든 과실률이 각각 59.5, 73.4, 63.0%, *P. pyrifolia* × *P. bretschneideri* 중간 교잡으로 얻어진 품종들은 77.7%로 병든 과실률이 비교적 높아 배 검은별무늬병에 약한 경향을 보였다. 즉, 검은별무늬병에 대한 저항성을 종별로 구분하여 Duncan 검정 한 결과, *P. bretschneideri*, *P. pyrifolia*, *P. ussuriensis*, *P. pyrifolia* × *P. bretschneideri* 중은 *P. communis*, *P. pyrifolia* × *P. communis* 두 개 종보다 검은별무늬병 병든 과실률이 유의하게 높았다.

이는 Shin *et al.* (2004)이 배 검은별무늬병균(*V. nashicola*)을 인공접종 하였을 때 접종 엽 전체에 소량의 포자가 형성되거나 풍부한 분생포자가 형성되는 ‘Yali’, ‘Cili’, ‘Pingguoli’, ‘Nii-taka’, ‘Shinko’ 등은 감수성이고, 병반이 거의 확인되지 않았던 ‘Bartlett’, ‘Packham’s Triumph’ 등은 저항성을 보인다고 보고한 결과와 일치하였다. 또한, Abe *et al.* (2008)이 일본배와 중국배 유전자원의 엽과 과실에 *V. nashicola*를 인공접종 하여 확인한 보고와도 일치하는 경향이였다.

동양배는 *V. nashicola*, 서양배는 *V. pirina*가 배 검은별무늬병을 유발시키는 병원균이기 때문에 동양배는 *V. pirina*에 대해서, 서양배는 *V. nashicola*에 대해서 저항성을 갖는다 (Postman *et al.*, 2005; Vondracek, 1982). 따라서, 동양배인 *P. pyrifolia*, *P. bretschneideri*, *P. ussuriensis* 등은 *V. nashicola*에 대해서는 이병성을, 서양배인 *P. communis*는 내병성을 갖기 때문에 배 검은별무늬병 저항성 품종육성을 위해서는 전반적으로 배 검은별무늬병에 취약한 품종들이 많은 *P. pyrifolia*, *P. bretschneideri*, *P. ussuriensis* 중에 속하는 자원보다는 서양배(*P. communis*)를 교배친으로 이용하는 중간교잡 작성이 바람직 할 것으로 판단되었다.

포장조건에서 중간교배 집단의 검은별무늬병 저항성 평가

Fig. 2는 2015년에 2 또는 3년생 각 교배조합별 실생에 발생한 배 검은별무늬병 병든 잎률의 분포를 나타낸 것으로 ‘Seol-won’ × ‘Chuhwangbae’, ‘Supergold’ × ‘Mantienhong’ 2개

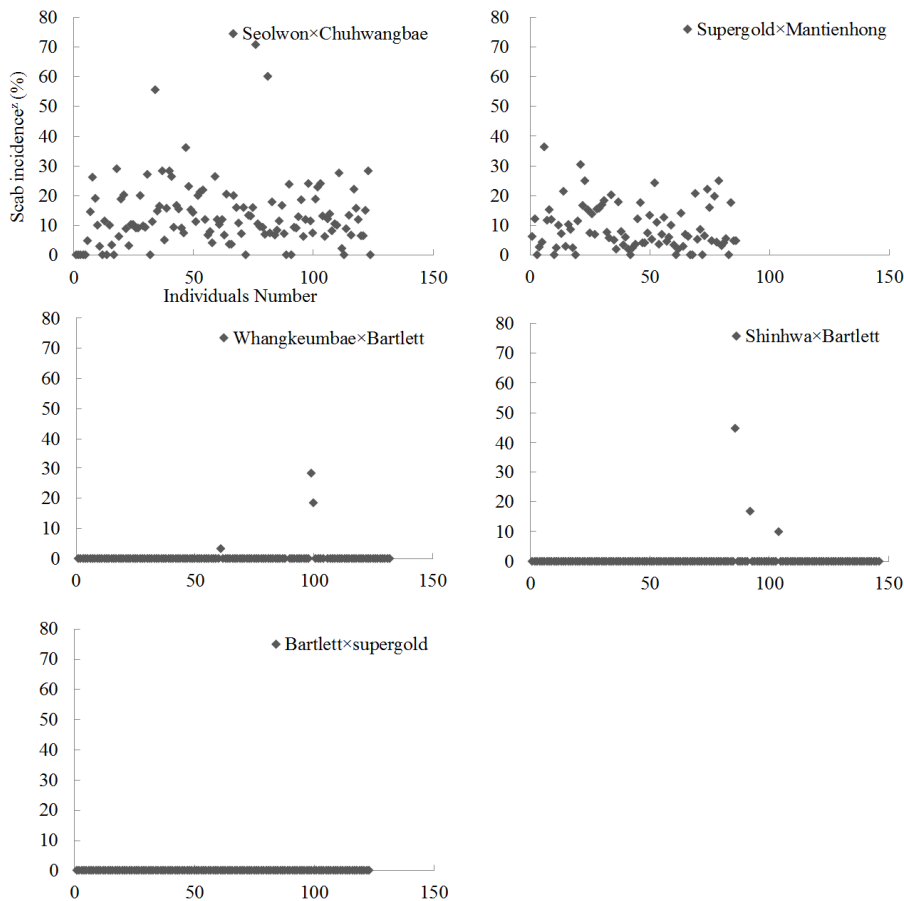


Fig. 2. Pear scab incidence distribution of individuals among cross combination. *Young leaf of pear scab disease incidence and degree was investigated in 2015.

Table 3. Pear scab incidence of seedlings leaf between inner and inter specific hybrids

Crossing	Total seedling number	Pear scab incidence seedling number	Pear scab incidence ^z (%)
<i>P. pyrifolia</i> × <i>P. pyrifolia</i>			
Seolwon × Chuwhangbae	124	110	88.7
Supergold × Mantienhong	86	77	89.5
Means			89.1
<i>P. pyrifolia</i> × <i>P. communis</i>			
Shinhwa × Bartlett	146	3	2.1
Whangkeumbae × Bartlett	130	3	2.3
Bartlett × Supergold ^y	123	0	0.0
Means			1.5
Significance			***x

^zYoung leaf for pear scab disease incidence and degree was investigated in 2015.

^yReciprocal crossing of *P. pyrifolia* × *P. communis*

^xSignificance at $P \leq 0.001$ according to *t*-test compared between inner specific and interspecific hybrids.

조합은 0~40%의 발병률을 보인 개체들이 대부분이었으나 ‘Shinhwa’ × ‘Bartlett’, ‘Whangkeumbae’ × ‘Bartlett’, ‘Bartlett’ × ‘Supergold’ 등 3개 조합은 실생의 대부분에서 병징이 확인되지 않았으며 극히 일부 개체에서만 병징이 확인되었다. 교배집단을 종내, 중간 교배조합으로 구분하여 배 검은별무늬병 감염 정도를 비교한 결과, *P. pyrifolia* 종내 조합인 ‘Seolwon’ × ‘Chuwhangbae’와 ‘Supergold’ × ‘Mantienhong’은 각각 88.7, 89.5%로 평균 89.1%의 높은 병든 잎률을 보였다. 반면, *P. pyrifolia* × *P. communis*의 정역 중간 교배집단인 ‘Shinhwa’ × ‘Bartlett’, ‘Whangkeumbae’ × ‘Bartlett’, ‘Bartlett’ × ‘Supergold’는 각각 2.1, 2.3, 0%로 평균 1.5% 수준의 병든 잎률을 보여주었다. *V. nashicola*에 대해 저항성을 보이며 병징이 거의 확인되지 않는 각각의 조합들은 ‘Bartlett’ (*P. communis*)을 교배친으로 이용한 중간교배 집단이다. 이는 ‘Ooharabenni’ 등 배 주요 유전자원 중 *P. pyrifolia* × *P. communis* 중간 교잡으로 얻어진 품종에서는 병징이 거의 확인되지 않았던 결과와도 유사한 경향이였다(Table 3).

Brewer *et al.* (2009)은 동양배간 또는 동양배와 서양배 각각을 모본으로 하고 동서양배 중간교잡 계통을 부분으로 교배하면 동양배 형질이 혼입된 비율이 높을수록(50% 이상) 배 검은별무늬병(*V. pirina*)에 강한 병 저항성을 보인다고 하였다. 우리나라에서는 *P. communis*가 배 검은별무늬병(*V. nashicola*)에 대해 저항성을 보이기 때문에 *P. pyrifolia* × *P. communis* 또는 정역

교배를 통해 얻어진 중간교배 집단은 거의 모든 개체가 배 검은별무늬병에 대해 저항성을 보여주었다. 이는 *P. pyrifolia*와 *P. communis*의 중간교배 시 서양배가 보유하고 있는 저항성 인자가 우성으로 작용하여 교배집단의 대부분이 저항성을 띠므로 병 저항성 품종 획득이 용이할 것으로 판단되었다. 또한, 서양배와의 중간교배는 서양배의 검은별무늬병 저항성 인자를 동양배로 도입하는 것 외에 동양배의 육질과 서양배의 풍미와 향기를 갖는 품종육성 소재로써도 교배친으로의 활용이 기대된다.

적 요

본 연구는 주요 배유전자원 43 accession을 대상으로 육종소재로 활용할 수 있는 배 유전자원 선별과 종내 또는 중간 5개 교배 집단 609 seedling에서 배 검은별무늬병 저항성 발현을 확인하고자 수행하였다. *P. pyrifolia*, *P. bretschneideri*, *P. ussuriensis*는 검은별무늬병 병든 과실률이 각각 59.5, 73.4, 63.0%, *P. pyrifolia*와 *P. bretschneideri* 중간 교잡으로 얻어진 품종은 77.7%로 병든 과실률이 비교적 높았으나 *P. communis*, *P. pyrifolia* × *P. communis* 중간교잡에 속하는 품종들은 15% 미만의 병든 과실률을 보였다. 검은별무늬병에 대한 저항성을 종별로 구분하여 Duncan 검정한 결과, *P. bretschneideri*, *P. pyrifolia*, *P. ussuriensis*, *pyrifolia* × *P. bretschneideri* 종이 *P. communis*, *P. pyrifolia* × *P. communis* 두 개 종 그룹보다 검은별무늬병 병

든 과실률이 유의하게 높았고 이러한 경향은 교배집단에서도 동일하였다. *P. pyrifolia* 종내 교배집단은 80% 이상의 검은별무늬병 감염률을 보인 반면, *P. pyrifolia* × *P. communis*의 중간교배 집단은 2% 수준의 낮은 배 검은별무늬병 감염률을 보였다. *P. pyrifolia*와 *P. communis*를 중간교배 하면 서양배의 저항성 인자가 우성으로 작용하여 그 후대에서 배 검은별무늬병에 강한 개체들이 대부분 얻어지기 때문에 *P. communis*는 배 검은별무늬병 저항성 품종 육종소재로 적합하다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 차세대바이오그린21 사업단(PJ013115)의 지원에 의해 수행되었으며, 이에 깊은 감사를 드립니다.

References

- Abe, K., T. Saito, O. Terai, Y. Sato and K. Kotobuki. 2008. Genotypic difference for the susceptibility of Japanese, Chinese and European pears to *Venturia nashicola* the cause of scab on Asian pears. *Plant Breeding* 127:407-412.
- Brewer, L.R., P.A. Alspach, C. Morgan and V.G.M. Bus. 2009. Resistance to scab caused by *Venturia pirina* in interspecific pear (*Pyrus* spp.) hybrids. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 37:211-218.
- Cha, J.H., G.H. Kim, E.D. Choi, J.H. Song and Y.J. Koh. 2018. Environment-friendly control of pear scab and rust using lime sulfur. *Res. Plant Dis.* 24(1):52-58 (in Korean).
- Cho, E.K., W.T. Cho and E.J. Lee. 1985. The casual organism of pear scab in Korea. *Kor. J. Myco.* 13:263-265.
- Ishii, H. and A. Yamaguchi. 1977. Tolerance of *Venturia nashicola* to thiophanate-methyl and benomyl in Japan. *Ann. Phytopathol. Soc. Jpn.* 43:557-561.
- Kim, Y.K., S.S. Kang, K.H. Won, I.S. Shin, K.S. Cho, K.B. Ma, M.S. Kim, J.J. Choi and J.H. Choi. 2016. Breeding of the scab-resistant pear cultivar 'Greensis'. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 34:655-661 (in Korean).
- Korea Rural Economic Institute (KREI). 2019. *Agricultural prospective*. 2:288.
- Postman, J.D., R.A. Spotts and J. Calabro. 2005. Scab resistance in *Pyrus* germplasm. *Acta Hort.* 671:601-608.
- Shin, I.S., I.H. Hyeon, H.S. Hwang, S.S. Hong, K.H. Cho and H.M. Cho. 2004. Screening of scab (*Venturia nashicola*) resistance germplasms in *Pyrus* species. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 22:63-68 (in Korean).
- Song, J.H., K.H. Lim, Y.S. Cho and H.C. Lee. 2013. Current status of pest management and biodiversity in organic pear orchards in Korea. *Korean J. Organic Agric.* 21:617-627 (in Korean).
- Vondracek, J. 1982. Pear cultivars resistant to scab. In van der Zwet T. and N.F. Childers. (eds.) *The pear*. Horticultural Publications, Gainesville, FL (USA). pp. 420-424.

(Received 31 March 2019 ; Revised 23 June 2019 ; Accepted 25 June 2019)