

Research Article

Open Access

배 우량계통의 검은별무늬병 저항성 평가 및 광합성률이 과실 품질에 미치는 영향 구명

원경호,^{1*} 강삼석,¹ 김윤경,¹ Rajametov Sherzod,² 임경호,¹ 이한찬¹

¹국립원예특작과학원 배시험장, ²우즈베키스탄 식물산업연구소

Evaluation of Scab Resistance and Effect of Photosynthetic Rates on Fruit Characteristics among Elite Pear Seedlings

Kyung-Ho Won,^{1*} Sam-Seok Kang,¹ Yoon-Kyeong Kim,¹ Rajametov Sherzod,² Kyeong-Ho Lim¹ and Han-Chan Lee¹ (Pear Research station, NIHHS, RDA, Korea, ²Uzbek Research Institute of Plant Industry, UzRIPI, UzSPCA, Uzbekistan)

Received: 29 March 2013 / Revised: 4 June 2013 / Accepted: 23 June 2013

© 2013 The Korean Society of Environmental Agriculture

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Abstract

BACKGROUND: The scab, which is caused by *Venturia nashicola*, gives serious damages to pear trees. ‘Niitaka’ accounts for 82% of areas in pear cultivation. However ‘Niitaka’ is a scab susceptible cultivar. So, most of Korean farmers who growing pear trees have suffered by economic losses with the scab. In this research, we evaluated the scab resistance among elite pear seedlings to clarify genetics about the scab resistance. And we analyzed photosynthetic features with these seedlings to develop suitable cultivar which is advantageous for producing quality fruits during the growth and development of plants.

METHODS AND RESULTS: We measured the rates of scab incidence among seedlings in a field experiment condition and an in-vitro test. An in-vitro test has been done with field experiment-based results. We made plant materials by grafting branches of each seedlings with ‘Kongbae’ rootstocks. And they had been grown for one

month. Then, scab conidia suspension is sprayed to seedlings and sustained for 40 days under the controlled environment. As the results, 6 seedlings displayed lower incidence rates than other seedlings and ‘Niitaka’. We also measured instant photosynthetic rates of each seedlings to determine the correlation between photosynthetic rates and fruit characteristics. However, it seemed that there is no correlation between them.

CONCLUSION(S): Among the seedlings, 6 seedlings displayed the higher resistance to scab than other seedlings and ‘Niitaka’. This characteristics is considered to be come from the gene expression of European pear. And we found that photosynthetic rate in trees rarely does not influence the fruit characteristics. It is considered to be affected by cultivar’s own characteristics.

Key Words: Interspecific hybrid, Photosynthesis, Scab, Wongyo Na-55

*교신저자(Corresponding author)

Tel: +82-61-330-1542, Fax: +82-61-330-1502;

Email: pulpelune@korea.kr

서론

배는 한국의 대표적인 과수로서 2011년, 대만에 7,702톤, 미국에 8,248톤 등 주요 국가에 약 17,988톤을 수출하여 국내 전체 과수 수출량의 74.6%를 차지하고 있다(한국농촌경제연구원, 2013). 배 재배에 있어서 가장 큰 애로사항은 병해 방제이며, 그 중에서 *Venturia nashicola*에 의한 배 검은별무늬병(黑星病, scab)은 2010년 경상남도 하동 지역에서 피해율이 전체 면적의 50%를 넘을 만큼 심각하게 발생하고 있다. *V. nashicola*는 진균류에 속하는 병원균으로서 세대가 짧고, 변이가 심해 약제 저항성이 빈번하게 나타난다. 국내 배 재배면적의 82%를 차지하고 있는 신고(新高, Niitaka)는 배 검은별무늬병에 민감한 품종으로서 과실의 안정생산이 어려워 배 검은별무늬병 저항성 품종의 개발이 시급히 요구되고 있다(Cho et al., 1985, Shin et al., 2004).

광합성은 식물이 빛과 이산화탄소를 이용하여 유기물을 생산하는 과정이므로 식물의 광합성량과 양분합성량은 정비례할 것으로 예상되며, 생산된 양분이 과실 발달에 영향을 줄 것으로 판단된다. 따라서 광합성량이 과실 특성에 미치는 효과를 구명할 수 있다면, 과실 품질 향상을 위한 주요 재배요건을 밝힐 수 있게 되며, 과수 재배 적합 지역 선정에 커다란 도움이 될 것이다.

이에 본 연구에서는 지역적응성 평가 중인 우량계통들을 대상으로 배 검은별무늬병 저항성 검정을 통해 검은별무늬병 저항성 기작 및 유전양상을 구명하고 저항성 품종을 육성하기 위한 방법을 탐색하였으며, 광합성 효율이 과실 품질에 미치는 영향을 분석하여 식물의 광합성 능력 및 환경이 과수 재배 적합 지역 선정과 품종 선택의 지표로 활용될 수 있는지 평가하였다. 이를 통해 본 연구결과를 병해에 강하고, 생육기간 동안 광합성률이 뛰어나 고품질의 과실 생산이 용이한 품종 개발을 위한 기초자료로서 활용할 수 있을 것이다.

재료 및 방법

배 검은별무늬병 포장 저항성 검정

2010년, 전라남도 나주시에 위치한 배시험장의 지역적응 시험 포장에 재식되어 있는 원고 나-45호 등 26계통을 대상으로 시험을 실시하였다. 2010년 나주 지역의 평균 기온은 14.2°C, 평균 강수량은 131mm/월이었으며, 지역적응시험포장의 재식간격은 5.0×1.5(m), 계통별 나무의 수령은 4~6년이었다. 병해충 방제, 시비량 및 관수량은 농촌진흥청 표준재배법을 준용하여 실시하였다. 이병률 조사는 포장에서 자연적으로 발생하는 이병률을 기록하였으며, 나무의 잎과 엽병에 존재하는 병반수를 확인하여 산출하였다. 주당 300잎을 조사하였고, 한 개 또는 그 이상의 병반이 발생한 것을 이병엽으로 판단하였으며, 계통당 난괴법 3반복으로 시험을 수행하였다.

검은별무늬병 저항성 실내 검정

2011년 동절기에 계통별 1년생 가지를 채취하여 4°C 저온저장고에 보관한 다음, 2012년 2월에 '콩배' 실생에 접수를 접목하여 시험용 묘목을 양성하였다. 이 묘목을 온실에서 생육시키면서 약 30일간 양상한 다음, 잎이 6~7장 전개되었을 때 가장 윗부분과 아랫부분의 잎을 제외한 경화되지 않은 나머지 잎에 포자 현탁액을 접종하였다. 접종방법은 Abe와 Kurihara(1992)의 방법을 변형하여 적용하였는데, 시험포장에 위치한 배나무들 중에서 검은별무늬병에 이병된 개체들로부터 포자를 수집하였다. Sucrose 1%를 첨가한 멸균수에 포자를 현탁한 다음, 이것을 필터로 거르고 사용하였다. 현탁액을 분무기로 뿌려서 접종하고 잠시 건조시켜 포자가 잎에 부착될 수 있도록 하였고, 온도 20°C, 상대습도 100%, 암상태 조건에서 60시간 반응시켜 포자가 발아할 수 있는 조건을 유지하였다. 이후, 50% 차광망을 사용하여 빛을 차단한 다음 온도 20°C, 상대습도 70% 내외에서 40일간 반응시켜 병을 유발한 뒤에 이병률을 조사하였는데, 주당 5장씩, 3반복 조사하였으며 발병기준은 포장조사와 동일하였다.

우량계통의 순간광합성량 측정 및 과실 특성 조사

2012년 2월에 시험 포장에 위치한 원황을 중간대목으로, 2011년 동절기에 채취하여 보관 중인 접수를 고접하여 시험수를 양성하였다. 세력이 동일한 원황 품종 2주에 24계통을 접목하고, 난괴법 3반복으로 시험구를 배치하였다. 시험포장의 시험수 재식간격은 5.0×3.0(m), 중간대목인 원황의 수령은 6년생, 나무 주위에 호밀, 헤어리베치, 오차드그라스 외에 여러 종류의 클로버를 혼파하여 초생재배를 실시하였다. 석회유황합제를 사용하여 병해충을 방제하였고, 농촌진흥청 표준재배법(RDA, 2011)에 의거하여 관수 등 일반관리를 실시하였다. 고접한 우량계통의 잎 중에서 수광태세가 유사한 엽들을 대상으로 생육기 중(6~7월)에 휴대용 광합성측정기(LI-6400, LI-COR, Inc., Lincoln, NE, USA)를 이용하여 블록 내부의 온도 25°C, 상대습도 50~70%, CO₂ 농도 800 μmolCO₂/mol, 유입 공기유량 500 μmol/s, 광도(PPFD) 500 μmol/m²s 조건에서 순간광합성량을 측정하였다.

과실 특성 조사는 8~10월에 계통별로 각각의 숙기에 과실을 수확한 후, 과실특성 조사기준(RDA, 2011) 및 UPOV 조사 기준(UPOV, 1994)에 따라 실시하였다.

결과 및 고찰

배 우량계통의 검은별무늬병 저항성 검정

배 검은별무늬병 균주(*V. nashicola*)는 기내배양을 통해 감염성을 가진 포자를 얻기 어렵기 때문에, 2011년에 발병된 개체로부터 분생포자를 채취하여 멸균수로 현탁한 다음 70°C에서 냉동보관 하였다가 상온에서 녹여 사용하였다. 분생포자가 정상적으로 발아되는 지를 확인하기 위하여 접종원을 슬라이드 글라스에 한 방울 떨어뜨리고, 온도 20°C, 상대습도 100% 조건의 밀폐용기에 48시간 보관한 다음, 광학현미경을

통해 받아들 및 받아들 신장을 조사하여 감염성을 확인하고 포자를 접종하였다. 포자액 농도는 약 1×10^6 개/ml로 조절하였는데, Abe와 Kurihara(1992)가 제시한 농도보다 높은 양을 사용하였다.

2010년 배시험장 지역적응시험 포장에 재식되어있는 우량 계통의 배 검은별무늬병 이병률을 조사한 결과, 43.7% 이병률을 기록한 원교 나-70호를 제외한 나머지 계통들의 이병률은 모두 10% 이하로 나타났다(Table 1). 이를 통해 원교 나-70호가 다른 계통에 비해 배 검은별무늬병에 취약함을 설명할 수 있지만, 원교 나-70호를 제외한 나머지 계통에서는 이병성 차이가 통계적으로 유의하지 않아 계통 간의 비교가 곤란하였다.

Table 1. Rates of scab incidence among the elite pear seedlings

Seedling Number	Scab incidence rates (%)	
	Regional adaptation experiment field ^z	In vitro test ^y
Wongyo Na-45	1.3 cd ^x	38.1 bcd
Wongyo Na-46	-	50.0 bc
Wongyo Na-47	-	25.8 bcd
Wongyo Na-48	1.0 d	15.5 cd
Wongyo Na-49	1.3 cd	12.5 cd
Wongyo Na-50	2.0 bcd	22.0 bcd
Wongyo Na-51	4.7 bcd	100.0 a
Wongyo Na-52	6.0 bcd	61.4 b
Wongyo Na-53	7.3 b	32.1 bcd
Wongyo Na-54	-	-
Wongyo Na-55	0.7 d	3.3 d
Wongyo Na-56	6.7 bc	34.0 bcd
Wongyo Na-57	3.0 bcd	37.4 bcd
Wongyo Na-58	3.3 bcd	13.9 cd
Wongyo Na-59	1.7 cd	18.1 cd
Wongyo Na-60	1.0 d	21.4 bcd
Wongyo Na-61	0.7 d	-
Wongyo Na-62	3.7 bcd	30.0 bcd
Wongyo Na-63	2.7 bcd	40.0 bcd
Wongyo Na-64	1.3 cd	42.9 bcd
Wongyo Na-65	-	15.3 cd
Wongyo Na-66	-	41.4 bcd
Wongyo Na-67	-	38.6 bcd
Wongyo Na-68	4.7 bcd	-
Wongyo Na-69	1.3 cd	-
Wongyo Na-70	43.7 a	-
Niitaka	-	69.4 b

^z Scab incidence rates were investigated in 2010.

^y Scab incidence rates were investigated in 2012.

^x Means separation within columns by DMRT, $p=0.05$

품종별 차이가 명확히 나타나지 않은 이유는 농촌진흥청 표준재배법에 따른 시기별 약제 방제로 인해 *V. nashicola* 감염이 효과적으로 억제되었기 때문으로 판단되며, 계통에 따른 저항성 차이를 명확히 구분하기 위하여 '콩배'를 대목으로 계통별 접목묘를 양성한 후 환경이 조절된 온실에서 실내검정을 실시하였다. 그 결과 원교 나-55호가 이병률 3.3%로 가장 낮게 나타났으며 이외에 원교 나-48호, 49호, 58호, 59호, 65호 등 5계통이 15% 내외의 이병률을 보여 69.4%인 신고에 비해 배 검은별무늬병에 강한 특성을 보였다(Table 1).

배는 불화합 장벽이 낮아 종에 관계없이 대체적으로 교배가 잘 되는 것으로 알려져 있다(Westwood and Bjornstad, 1971). 동양배에서는 상업적으로 사용가능한 검은별무늬병 저항성 품종이 아직까지 개발되지 않고 있는 실정이다. 서양배의 경우 동양배에서 문제가 되는 검은별무늬병의 원인균인 *V. nashicola*에 저항성을 가진 것으로 알려져 있어 중간 교잡을 통해 이 병에 대한 저항성 품종을 육성하려는 노력이 있지만, 중간 교잡종들은 대체적으로 소비자 및 생산자의 취향 및 요구를 만족할 좋은 특성을 가지지 못해 선발에 어려움을 겪고 있다(Bell et al., 1996). 그러나 동양배(*Pyrus pyrifolia*)와 서양배(*Pyrus communis*)의 중간 교배종인 원교 나-55호(황금배×바틀렛)와 원교 나-65호(신고×윈터벨리스)가 *V. nashicola*에 강한 특성을 보이고 과실 특성이 뛰어나 중간 교배에 의한 저항성 품종 육성의 가능성을 확인할 수 있었다.

국내 육성 품종인 황금배는 과실 특성이 우수하지만 검은별무늬병에 민감하여, 재배 및 유통에 어려움을 겪고 있다. '황금배'와 '바틀렛'을 교배하여 육성한 원교 나-55호는 모본인 황금배의 과실 특성을 유지하며 부분인 바틀렛이 가지는 검은별무늬병 저항성을 보이는 품종으로서, 이 계통에서 나타나는 검은별무늬병 저항성은 서양배가 가지는 *V. nashicola* 저항성 유전자로서 *Vnk* 유전자가 도입되어 나타나는 특성으로 이해된다. 이러한 경향은 검은별무늬병 저항성 유전자 연관지도 작성을 위한 중간 교잡 집단의 표현형 경향과 일치하며(Yamamoto et al., 2002), 앞으로 배 검은별무늬병 유전 양상 구명 및 저항성 유전자 동정을 위한 연구에도 도움이 될 것이다.

중간 교잡종의 배 검은별무늬병 저항성 특성은 원교 나-65호에서도 확인이 되어, 중간 교배가 병 저항성 유전자 도입을 목적으로 하는 품종 개발에 활용성이 높을 것이라는 주장을 뒷받침하고 있다. 다만 원교 나-65호에서 부분으로 사용된 윈터벨리스 품종은 과형이 편원형으로서 동양배와 유사한 특성을 보여 유연관계가 가까운 것으로 여겨지는데, 교배후대에서 검은별무늬병 저항성 정도가 다소 낮아지는 경향이 관찰되었다. 또한 서양배에 *V. nashicola*를 접종하였을 때, 일부 품종에서 경미한 감염반응과 과민성 반응이 나타났다(자료 미제시). 집중한 포자의 농도가 고농도였기 때문에 이러한 현상이 나타났을 가능성을 배제할 수 없으나, 이는 서양배가 *V. nashicola*에 교차 감염되지 않는다는 주장을 반박하는 자료로서, 검은별무늬병 저항성이 단일 유전자에 의한 조절이 아닐 가능성을 시사한다. 따라서 서양배의 병해 저항성 형질을

Table 2. Fruit characteristics of the elite pear seedlings in a field experiments for the regional adaptation

Seedlings	Photosynthetic rates ($\mu\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	Fruit weight (g)	Soluble solids (°Bx)	Acidity (%)	Flesh firmness (kg/8mm ϕ)
Wongyo Na-45	17.8 ab ^z	372 ef	16.2 a	1.4 b	1.8 f
Wongyo Na-46	10.6 bcd	405 de	13.0 defg	0.6 f	2.1 def
Wongyo Na-48	14.3 abc	168 g	13.4 cde	1.1 c	2.8 bcde
Wongyo Na-52	12.9 abcd	749 a	13.4 bcde	0.9 cde	2.2 cdef
Wongyo Na-53	12.1 abcd	474 cd	15.9 a	1.6 a	2.5 bcdef
Wongyo Na-54	15.2 abc	581 b	12.5 fgh	0.9 cd	2.4 bcdef
Wongyo Na-55	17.6 ab	471 cd	12.0 gh	0.8 def	2.3 bcdef
Wongyo Na-56	13.8 abcd	579 b	13.4 cde	0.8 def	2.9 bc
Wongyo Na-57	13.2 abcd	305 f	13.3 cdef	0.9 cd	2.8 bc
Wongyo Na-58	17.2 ab	339 ef	14.3 b	0.6 f	2.8 bcd
Wongyo Na-59	-	389 def	13.9 bc	0.7 ef	4.3 a
Wongyo Na-60	18.7 a	351 ef	12.3 gh	0.8 def	3.0 b
Wongyo Na-61	12.3 abcd	473 cd	12.7 efgh	1.0 cd	2.3 bcdef
Wongyo Na-62	8.8 d	506 bc	13.6 bcd	0.9 cd	2.0 ef
Wongyo Na-63	17.4 ab	670 a	13.1 cdefg	0.7 def	3.0 b
Niitaka	16.9 abc	607 ab	13.7 bcd	1.0 cd	2.5 bcdef

^z Means separation within columns by DMRT, $p=0.05$

동양배에 도입하기 위해서는 유연관계가 먼 것으로 밝혀진 품종의 저항성 유전자를 도입하는 것이 좋고, 여교잡 또는 삼점교배를 다양한 저항성 유전자를 여러번 도입하는 것이 효율적일 것이라는 판단이다. 우량계통들의 검은별무늬병 이병률을 확인한 결과, 중간 교잡 육종 방법이 병해 저항성 품종을 육성하기 위한 해결책의 한가지로서 활용될 수 있지만, 희망하는 형질을 가진 내병성 품종을 육성하기 위해서는 수차례의 여교잡을 통한 형질 도입이 요구되므로 육종효과를 높일 수 있는 육종기술의 개발이 병행되어야 할 것이다.

계통별 순간광합성량 및 과실 특성 비교

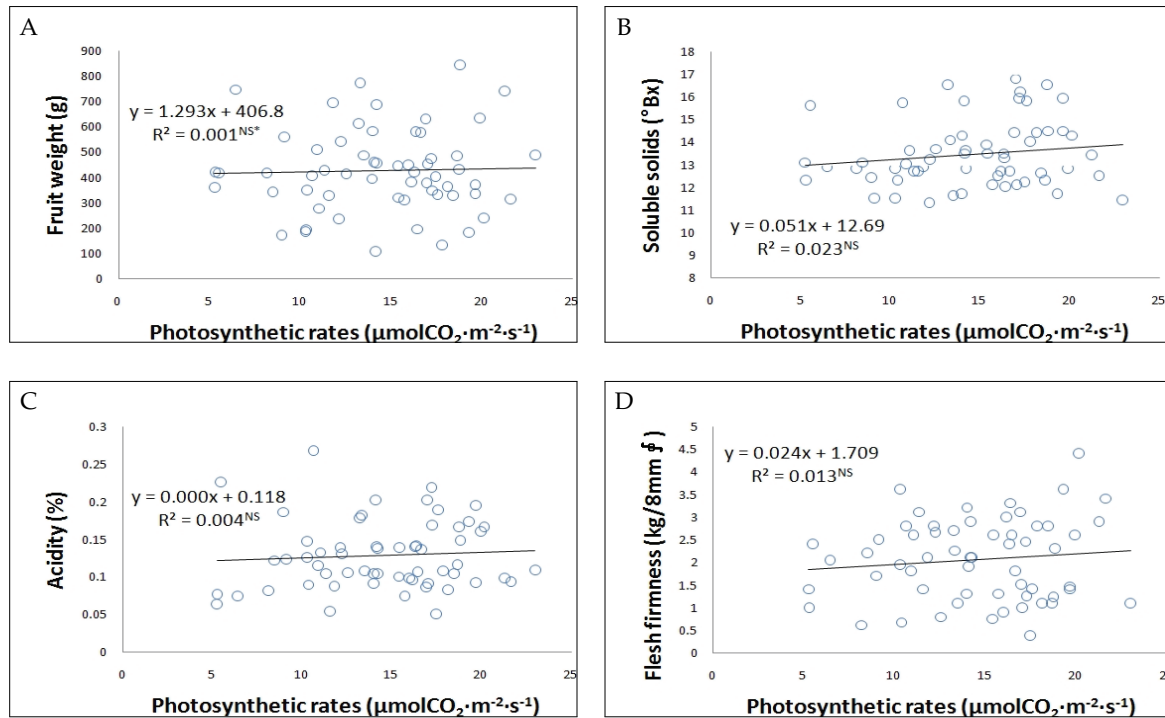
생육기 중 계통별 순간광합성량 값을 측정된 결과, 원교 나-45호, 55호, 58호, 60호, 63호 등 5계통이 $18 \mu\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 내외의 값을 보여 다른 계통에 비해 광합성량이 많은 것으로 나타났으며, 계통별 과중, 당도, 산도, 경도 등 과실 특성조사 결과 과중은 원교 나-52호가 749g으로 가장 크고, 당도는 원교 나-45호가 16.2°Bx로 가장 높은 값을 보여 주었다(Table 2). 광합성은 식물이 빛과 이산화탄소를 이용하여 유기물을 생산하는 과정이므로 식물의 광합성량과 양분합성량이 정비례할 것으로 예상되며, 생산된 양분이 과실 발달에 영향을 줄 것으로 판단하여 순간광합성량이 과실 특성에 미치는 영향을 조사하였다. 그러나 순간광합성량과 과실 특성요소들 간의 상관관계를 분석한 결과, 순간광합성량과 과중, 당도, 산함량 등의 과실 특성간에는 상관관계가 없는 것으로 밝혀져(Fig. 1), 과실 품질은 대부분 품종 고유의 특성에 의해 결정되는 것으로 판단되었다.

과실의 특성은 다양한 환경 요인들과 함께 여러 유전인자들의 복합적인 작용에 의해 결정된다(Yamamoto *et al.*, 2002). 순간광합성량 측정만으로 광합성량이 과실에 미치는 영향을 직접 구명하는 것은 한계가 있지만, 순간광합성량이 많은 계통이 적은 계통에 비해 합성하는 탄수화물의 절대량이 많을 것으로 예상할 수 있기 때문에 탄수화물 양을 측정하여 순간광합성량과 과실 특성간의 관계를 살펴볼 필요성이 있다고 생각된다.

장미과(Rosaceae) 식물에서는 주요 광합성 산물로서 솔비톨(sorbitol)이 생성되며, 이는 체관부를 통해 식물체의 각 기관들로 전달되어 식물체 유지 및 과실 당도 형성에 사용되는 것으로 알려져 있다(Wu *et al.*, 2013). 배는 대표적인 장미과 과수로서 이와 유사한 생리 양상을 나타낼 것으로 예상된다. 본 시험에서 측정된 순간광합성량을 기반으로, 잎의 면적 및 엽록소 함량을 측정하여 총 광합성량을 산출한 다음 잎에서 생성된 솔비톨의 양과 비교하여 과실의 특성 차이를 분석한다면, 광합성량과 배 과실 특성의 연관성에 대한 의미있는 결과를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

요약

배는 국내 전체 과수 수출량의 74.6%를 차지하는 대표적인 과수인데, *Venturia nashicola*에 의한 배 검은별무늬병은 해마다 지속적으로 발생하며 큰 피해를 주고 있어 배 재배의 주요 애로사항으로 여겨지고 있다. 국내 배 재배면적의 82%를 차지하고 있는 신고 품종은 검은별무늬병에 민감한 품종



^{NS} Significance is not determined under Pearson's regression analysis, $p=0.05$.

Fig. 1. Correlation between photosynthesis rates and fruit characteristics.

으로서 이를 대체할 새로운 품종의 개발이 시급히 요구되고 있다. 배시험장에서는 2010년부터 검은별무늬병 이병률 포장 조사 및 실내검정을 통하여 환경 및 품종의 차이에 따른 저항성 기작을 연구하고 있다. 검정 결과, 우량계통 중 원교 나-55호가 3.3%의 이병률을 나타낸 것을 비롯하여, 원교 나-48호, 49호, 58호, 59호, 65호 등 6 계통이 15% 미만의 이병률을 나타내어 대조 품종인 신고가 기록한 이병률 69.4%보다 낮아 저항성 계통들로 여겨지는데, 일부 계통의 저항성은 서양배로부터 도입된 저항성 유전자의 발현에 기인하는 것으로 판단된다.

광합성은 식물이 빛과 이산화탄소를 이용하여 유기물을 생산하는 과정이므로 식물의 광합성량과 양분합성량이 정비례할 것으로 예상되며, 생산된 양분은 과실 발달에 영향을 줄 것으로 판단하여 순간광합성량이 과실 특성에 미치는 영향을 조사하였다. 측정 결과, 원교 나-45호, 55호, 58호, 60호, 63호 등 5계통이 $18 \mu\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 내외의 값을 보여 다른 계통에 비해 순간광합성량이 많은 것으로 나타났고, 과실 특성을 조사한 결과, 원교 나-52호의 과중이 749 g, 원교 나-45호의 당도가 16.2°Bx 로 다른 계통에 비해 높게 나타났다. 그러나 순간광합성량에 따른 과실 특성의 변화가 관찰되지 않아 요인들 간에 상관관계를 밝혀낼 수 없었으며, 이를 통해 과실 품질은 품종 고유의 특성에 의하여 결정되는 것으로 밝혀졌다.

Acknowledgement

This research was supported by Rural Development Administration(RDA), Republic of Korea(Project No. PJ007508).

References

- Abe, K., Kurihara, A., 1992. Screening method of pear scab resistance, *Bull. Fruit Tree Res. Stn.* 23, 155-168.
- Bell, RL., Quamme, HA., Layne, REC., Skirvin, RM., 1996. Pears, in: Janick, J., Moore, JN. (eds), *Fruit breeding*, John Wiley and Sons Inc, UK, pp. 441-514.
- Bertschinger, L., Mouron, P., Dolega, E., Höhn, H., Holliger, E., Husistein, A., Schmid, A., Siegfried, W., Widmer, A., Zürcher, M., Weibel, F., 2004. Ecological apple production: a comparison of organic and integrated apple-growing, *Acta Hort.* 638, 321-332.
- Cho, E.K., Cho, W.T., Lee, E.J., 1985. The casual organism of pear scab in Korea, *Kor J. Myco.* 13, 263-265.
- Ishii H., Udagawa, H., Nishimoto, S., Tsuda, T., Nakashima, H., 1992. Scab resistance in pear species and cultivars, *Acta Phytopatologica et Entomologica Hungarica.* 27, 293-298.
- Shin, I.S., Hyeon, I.H., Hwang, H.S., Hong, S.S., Cho,

- K.H., Cho, H.M., 2004. Screening of scab (*Venturia nashicola*) resistance germplasms in *Pyrus* species, *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 22, 63-68.
- Westwood MN, Bjornstad H.O., 1971. Some fruit characteristics of interspecific hybrids and extent of self-sterility in *Pyrus*, *Bull. Torrey Bot Club.* 98, 22-24.
- Wu J., Wang, Z., Shi, Z., Zhang, S., Ming, R., Zhu, S., Khan, M.A., Tao, S., Korban, S.S., Wang, H., Chen, N.J., Nishio, T., Xu, X., Cong, L., Qi, K., Huang, X., Wang, Y., Zhao, X., Wu, J., Deng, C., Gou, C., Zhou, W., Yin, H., Qin, G., Sha, Y., Tao, Y., Chen, H., Yang, Y., Song, Y., Zhan, D., Wang, J., Li, L., Dai, M., Gu, C., Wang, Y., Shi, D., Wang, X., Zhang, H., Zeng, L., Zheng, D., Wang, C., Chen, M., Wang, G., Xie, L., Sovero, V., Sha, S., Huang, W., Zhang, S., Zhang, M., Sun, J., Xu, L., Li, Y., Liu, X., Li, Q., Shen, J., Wang, J., Paull, R.E., Bennetzen, J.L., Wang J., Zhang, S., 2013. The genome of the pear (*Pyrus bretschneideri* Rehd.), *Genome Res.* 23, 396-408.
- Yamamoto, T., Kimura, T., Shoda, M., Imai, T., Saito, T., Sawamura, Y., Kotobuki, K., Hayashi, T., Matsuta, N., 2002. Genetic linkage maps constructed by using an interspecific cross between Japanese and European pears, *Theor Appl Genet.* 106, 9-18.