

Sucrose, 칼슘, 붕소 첨가가 복숭아 화분 발아에 미치는 영향

천병덕¹ · 최인수 · 강점순*

¹안성시 농업기술센터, 부산대학교 생명자원과학부

Received March 2, 2006 / Accepted March 24, 2006

Effect of Sucrose, Calcium and Boron Added in the Medium on Pollen Germination of Peach (*Prunus persica* SIEB.), Beong-Duck Cheon¹, In-Soo Choi and Jum-Soon Kang*. ¹Ansong City Office of Agricultural Development and Technology Center, Ansong, 456-870, Korea, School of Bio-Resources, Pusan National University, Miryang 627-706, Korea – This study was carried out to identify the effect of sucrose, calcium, and boron on the increase of pollen germination frequency in peach (*Prunus persica* SIEB) under various temperature levels. The highest pollen germination was obtained at 20°C. Pollen germination was completed in 3.5 hrs. after planting of pollen on the basal medium which was composed of 1% agar and 10% sucrose, and conditioned pH 5.5. The optimum concentrations of sucrose and H₃BO₃ at 25°C were 10% and 100 mg · L⁻¹, respectively. However, CaCl₂ inhibited pollen germination in peach. Eight peach cultivars showed significantly different germinabilities at 10°C on the basal medium. 'Nagasawa-Hakuho' showed the highest germinability of 26.1%, and 'Baekmijosaeng' showed the lowest germinability of 0.1%. H₃BO₃ strongly promoted pollen germination frequency when added to the germination medium at 10°C. Optimum concentration was 100 mg · L⁻¹.

Key words – Nagasawa Hakuho, Shuho, pollen germination, calcium, boron, *Prunus persica*

서 론

우리나라의 복숭아 총 재배면적은 10,989ha로서 사과, 배, 포도 다음으로 큰 비중을 차지하고 있는 중요한 과수작물이다. 복숭아 재배에서 애로사항은 농약살포에 의한 방화곤충의 감소와 이로 인한 수분을 저하이며[10], 그리고 개화기인 4월 중순에 흔히 오는 늦서리, 강풍, 강우 및 저온에 의해 화분발아가 불량하여 결실율을 확보하기 어렵다는 점도 포함되어 있다.

이중 수분을 저하는 인공수분이나 내농약성을 지닌 외국산 꿀벌을 도입함으로써 해결할 수 있으나, 수분된 화분이 저온에서 발아장해로 인한 불수정의 문제는 극복하기가 어렵다. 게다가 우리나라 복숭아 총 재배면적의 약 46.8%에 해당하는 5,138 ha에 화분발육이 저조하거나 화분이 발육하더라도 정상화분이 극히 적어 수분수의 혼식이 반드시 필요한 창방조생과 백도, 미백도, 기도백도, 사자조생 등의 백도계 복숭아 품종들이 식재되어 결실을 확보에 많은 어려움을 겪고 있다. 이외에도 근래에 조기출하용으로 과수의 시설재배면적이 늘어남에 따라 저온에 의한 불수정과 이에 따른 결실을 저하 문제도 반드시 해결해야 될 부분이다.

여기에 대응하는 실질적인 방법으로서 수분수의 혼식은 물론, 더 나아가 화분이 충실한 타 품종으로부터 화분을 채취한 후 저장하였다가 인공수분을 시켜주는 방법이 고려될

수 있다[5,6,11,16]. 그러나 자연수분이나 인공수분의 어느 경우에서든 화분 발아력을 증진시켜 수정율을 높일 수 있다면 이는 곧 결실량 증가를 의미한다. 화분의 발아력을 증진시켜 수정과 결실율을 향상시키는 기술은 개화기가 다른 품종간의 교배 또는 지역적으로 격리된 유전자원의 교배 등 과수육종의 수단으로도 활용이 가능하다[9]. 또한 과수 영농현장에서는 수분수 비율을 줄일 수 있기 때문에 경영합리화에도 유용한 측면이 많다[10,17]. 지금까지 다양한 식물에서 화분발아에 관한 기초연구[1,7,11]들이 수행되어져 왔으나, 복숭아 화분을 재료로 한 연구는 지엽적이며, 특히 저온에서 화분발아율을 증진시킬 수 있는 연구는 전무하다[5].

따라서 본 연구는 우리나라 복숭아 재배에서 가장 큰 문제점으로 지적되고 있는 초봄 개화기 때 저온에 의한 화분발아율 저하와 이에 따른 수정장해를 극복하기 위한 대책을 마련하는데 있다. 이를 위해 실내 배지상에서 화분발아의 적정조건을 구명하며, 아울러 배지내에 sucrose, CaCl₂ 및 H₃BO₃ 첨가하여 저온에서 화분발아의 증진 방법을 모색하였다.

재료 및 방법

공시재료 및 실험방법

복숭아 중 국내에서 식재면적이 비교적 높은 복숭아인 '장택백봉'(Nagasawa Hakuho), '수봉'(Shuho), '월미복숭아'(Weolmiboksunga), '백도'(Hakuto), '대구보'(Okubo), '유명'(Yumyoung), '백미조생'(Baekmijosaeng), '백봉'(Hakuho) 등 8개 품종의 화분을 이용하였다. 실험에 사용된 화분은 수

*Corresponding author

Tel : +82-55-350-5523, Fax : +82-55-350-5529

E-mail : kangjs@pusan.ac.kr

원시 원예연구소 과수육종과 핵과류 포장에 재식되어 있는 복숭아 수체에서 4월 18일부터 4월 26일에 걸쳐 채취하였다. 화분발아 실험은 화분을 채취하여 2개월 후인 6월 17일부터 8월 15일 까지 실시하였다.

화분 채취는 개화 직전의 꽃 봉우리를 채집하여 꽃 봉우리로부터 약을 이탈시킨 후 petridish(내경 12 cm)에 유산지를 깔고 약을 올려놓은 후 뚜껑을 반쯤 연 상태로 25℃의 배양실에서 24시간 건조하여 개약시켰다. 개약 후 화분은 화분병에 담아 밀봉하여 실험에 사용할 때까지 4℃ 냉장고에 보관하였다. 화분 발아배지로는 증류수에 sucrose 10%를 첨가하여 pH를 5.5로 조정 한 후 여기에 1%의 agar를 첨가한 것을 기본배지로 하였으며, 완성된 배양액은 petridish(내경 5 cm)에 5 ml씩을 분주하여 배양액을 응고시킨 후 화분을 가는 붓으로 배지상에 고르게 살포하여 발아실험을 실시하였다.

화분 발아조사는 광학 현미경하에서 80배율로 검경하였으며, 발아율은 1시야 당 30±10립을 기준으로 10시야를 1반복으로 하고, 각 처리 당 3반복으로 발아검사를 실시한 후 평균값을 백분율로 환산하였다. 화분 발아판정은 화분관의 길이 가 화분의 직경 이상으로 신장한 것을 기준하였다.

화분발아의 최적조건 구명

복숭아의 화분발아 판정을 위한 최적 조사시간을 알고자 25℃에서 10% sucrose + 1% agar(pH 5.5)의 배지에 '장택백봉' 화분을 치상한 후 30분 간격으로 발아율을 조사하였다. 또한 화분발아 적온을 구명하고자 5~35℃까지 5℃ 간격으로 배양온도를 달리하여 화분 발아율을 조사하였다.

당 및 무기염류 첨가가 화분발아에 미치는 영향

배지내에 sucrose, 무기염류의 첨가가 화분발아에 미치는 영향을 조사하고자 배지내에 sucrose 농도를 0, 5, 10, 15, 20, 30, 40%, CaCl₂는 0, 100, 200, 300, 400 mg · L⁻¹, H₃BO₃는 0, 25, 50, 100, 150 mg · L⁻¹로 각각 달리하여 그 효과를 조사하였다.

결과 및 고찰

화분발아의 최적조건 구명

시간별 발아율

복숭아 화분 발아실험을 위한 기초 자료를 얻고자 '장택백봉'의 화분을 25℃에서 배양하면서 시간별 발아율을 조사하였다(Fig. 1). 화분은 치상 후 30분부터 발아가 개시되어 3시간 30분까지 88% 발아하였고 그 이후는 더 이상 발아되지 않았다. 따라서 복숭아의 화분발아 판정을 위한 조사시간은 화분을 발아시작한 후 4시간이 적합하였다. 화분의 발아율은 발아온도와 발아기간에 밀접하게 관련되어 있으며[6], 개암의 경우는 20℃에서 12~24 시간[4], 대추는 25~30℃에서 24

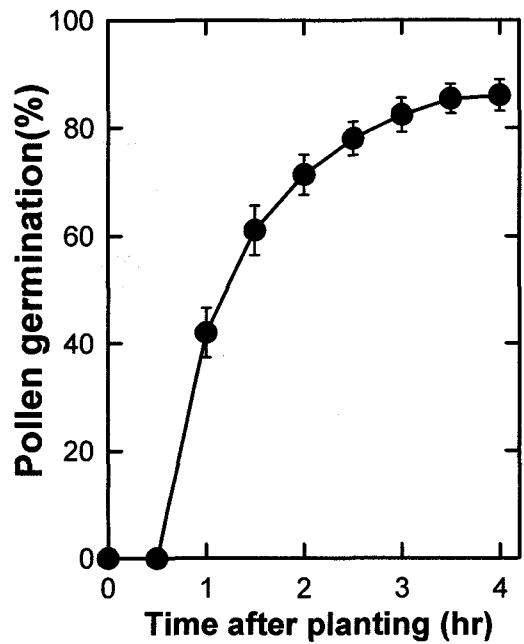


Fig. 1. Changes of pollen germination in 'Nagasawa Hakuho' affected by incubation period at 25℃. Bar represents SE.

시간[18] 이내에 화분발아가 완료되어 대부분의 작물에서 화분발아의 완료시간은 24 시간 이내에 있음을 알 수 있었다.

온도에 따른 발아율

복숭아 화분발아의 최적 온도를 구명하기 위해 5~35℃까지 5℃ 간격으로 온도를 달리하여 화분발아율을 조사하였다. 5℃에서는 화분발아가 전혀 되지 않았으나, 10℃에서는 화분 발아율이 24%에 불과하였고, 20℃에서는 86%의 높은 발아율을 보였다. 그러나 25℃에서는 20℃에 비해 발아율이 약간 감소한 81% 였고, 35℃에서는 56%로 화분발아율이 급격하게 저하되었다(Fig. 2). 화분발아 적온은 작물에 따라 다르지만, 대체적으로 23℃ 범위가 발아적온이며[15], 발아적온을 벗어나면 발아율이 감소하였는데, 이러한 경향은 고온보다는 5℃나 10℃의 저온에서 뚜렷하였다. 따라서 복숭아에서 화분 발아에 최적온도는 20℃로 판단되었다.

실내에서 화분발아율과 포장조건에서 결실율은 정의 상관을 가지며, 인공배지상에서 화분 발아율이 높으면 포장조건에서 결실율이 향상된다[12]. 따라서 인공배지상에서 30% 이상의 발아율을 보이는 화분이라면 정상적인 결실을 확보가 가능하며, 실내에서 화분발아 결과들이 포장상태에서 결실을 예측을 위한 단초로 활용될 수 있을 것이다.

저온에서 품종별 화분 발아율

복숭아 화분의 저온발아성 증진을 위한 기초 자료를 얻고자 국내에서 식재면적이 높은 복숭아 8개 품종을 10℃의 저온조건에서 화분발아율을 조사하였다(Table 4).

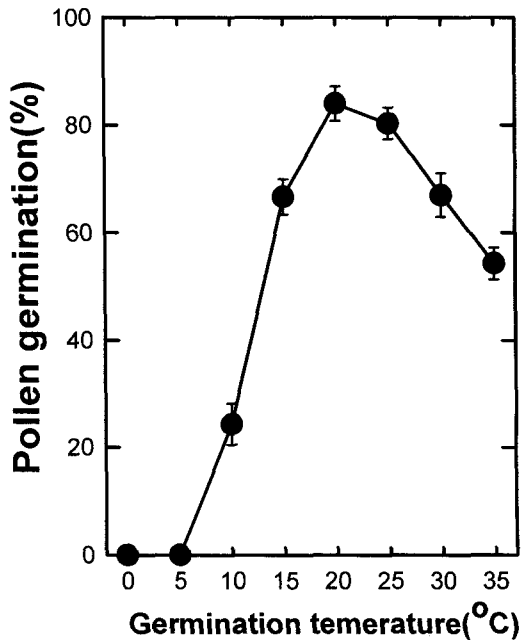


Fig. 2. Effect of temperature on pollen germination in 'Nagasawa Hakuho' after 4 hrs of incubation. Bar represents SE.

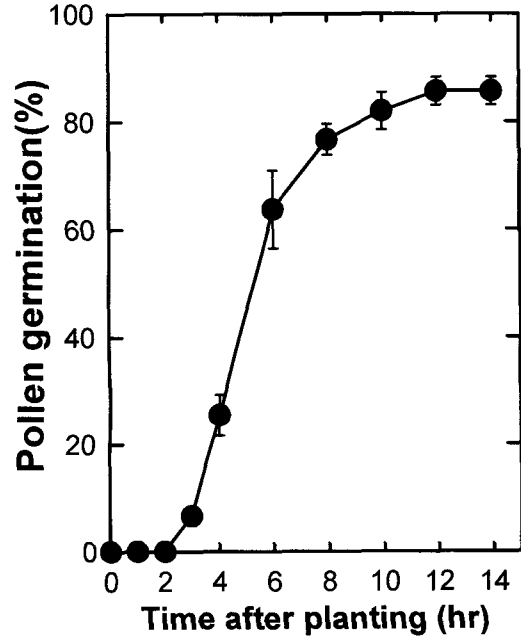


Fig. 3. Changes of pollen germination in 'Nagasawa Hakuho' affected by incubation periods at 10°C. Bar represents SE.

저온조건에서 화분발아율은 '장택백봉'이 26.1%로 가장 높았고, 다음으로 '백봉' 22.6%, '월미복숭아' 20.3%, '백도' 19.1%, '대구보' 18.0%, '유명' 16.9%, '수봉' 12.3%, '백미조생' 0.1%의 순으로 나타나 품종간 차이가 많았다. 저온에서 화분발아율이 가장 높은 품종은 '장택백봉' 이었고, 가장 낮은 품종은 '백미조생'이었다.

Fig. 3은 '장택백봉' 화분을 저온인 10°C에서 치상하여 시기별 발아반응을 조사한 것으로 발아적온인 20°C에 비해 화분 발아속도가 늦었다. 20°C에서는 치상된 '장택백봉'은 화분의 발아완료 소요시간이 3시간 30분 였으나 10°C에서는 12시간이 소요되었다. 따라서 저온조건에서 높은 화분 발아율을 유지하면서 단기간내에 조기 발아할 수 있는 방법이 강구되어야만 포장상태에서도 높은 결실율을 확보할 수 있을 것으로 판단되었다.

당 및 무기염류 첨가가 화분 발아에 미치는 영향

Sucrose 첨가 효과

Sucrose가 화분 발아에 미치는 영향을 구명하고자 sucrose 농도를 달리한 배지에 '장택백봉'과 '수봉' 화분을 치상하여 화분발아율을 조사하였다(Table 2).

두 품종 모두 5~30% sucrose 농도에서 화분 발아율이 증가되었으며, 40% 이상의 농도에서는 발아율이 감소하였다. Sucrose 첨가에 의한 화분 발아율은 품종간 차이가 현저하였는데, 10% 농도에서 '장택백봉'은 화분 발아율이 78.5% 였으나 '수봉'은 50.3%였다. Sucrose 농도에 따른 발아율 향상은

Table 1. Pollen germination of eight peach cultivars after 4 hrs incubation at 10°C

Cultivar	Pollen germination (%)
Nagasawa Hakuho	26.1 a*
Hakuho	22.6 ab
Weolmi boksunga	20.3 bc
Hakuto	19.1 bc
Okubo	18.0 bc
Yumyoung	16.9 cd
Shuho	12.3 d
Baekmijosaeng	0.1 e

*Means in columns were separated by Duncan's multiple range test at P=0.05.

'장택백봉'이 '수봉'에 비해 높았다. 화분발아에 적합한 sucrose 농도는 대체적으로 5~20%가 적합하다고 알려져 있으나[1,7,12,13], 복숭아에서는 10% 농도가 좋았으며, 무처리에 비해 화분발아율이 20% 증진되었다.

화분발아시의 당분의 주된 역할은 화분세포와 외계용액과의 삼투압을 조절해주며, 화분관이 신장할 때 세포막의 구성 성분 재료로 이용되어 발아촉진에 기여한 것으로 해석된다 [6]. 또한 당의 종류에 따라 화분발아력이 달라지며, Chiang[3]은 양배추 화분발아에 maltose, trehalose, melizitose, lactose, raffinose, sucrose 등 6종류의 당을 첨가하였을 때 sucrose 배지에서 발아율과 화분관 신장이 가장 높았다고 보고하고 있다.

Table 2. Effect of sucrose added in the medium on pollen germination in 'Nagasawa Hakuho' and 'Shuho' after 4 hrs incubation at 20°C

Sucrose conc. (%)	Cultivar	
	Nagasawa Hakuho	Shuho
0	49.1 b*	28.3 b
5	72.1 a	46.3 a
10	78.5 a	50.3 a
15	76.7 a	35.7 b
20	76.3 a	34.5 b
30	58.2 b	32.9 b
40	10.8 c	30.0 b

*Means in columns were separated by Duncan's multiple range test at P=0.05.

Table 3. Effect of CaCl₂ on pollen germination in 'Nagasawa Hakuho' and 'Shuho' after 4 hrs incubation at 20°C

CaCl ₂ conc. (mg · L ⁻¹)	Cultivar	
	Nagasawa Hakuho	Shuho
0	70.5 a*	62.6 a
100	67.6 a	43.4 b
200	69.5 a	44.9 b
300	67.0 a	41.2 b
400	65.5 b	44.8 b

*Means in columns were separated by Duncan's multiple range test at P=0.05.

CaCl₂ 첨가에 따른 화분 발아율

화분발아에 CaCl₂ 첨가 효과를 검증하기 위해 CaCl₂를 농도별로 발아배지에 첨가한 후 화분발아율을 조사하였다. '장택백봉'과 '수봉' 모두 무처리구에서 가장 높은 화분 발아율을 보였고, CaCl₂의 농도가 높을수록 화분발아율이 저하되었다(Table 3). 칼슘첨가에 의한 화분발아 억제에는 '장택백봉'보다는 '수봉'에서 현저하였는데, 칼슘이 첨가되지 않은 무처리구에서는 63%의 발아율을 보였으나, 칼슘이 첨가되면 화분

발아율이 약 40% 정도에 불과하였다.

일반적으로 칼슘을 화분발아 배지에 첨가하면 pH가 약산성에서 약염기성으로 산도를 교정하여 화분신장을 촉진한다고 알려져 있으나[2,3], 본 실험에서 CaCl₂ 처리에 의해 화분발아의 촉진 효과는 인정되지 않았다.

H₃BO₃ 첨가에 따른 화분발아율

H₃BO₃를 화분발아 배지에 첨가하여 화분발아율 증진 효과를 조사하였다(Table 4). H₃BO₃ 첨가는 품종과 온도에 관계없이 화분 발아율이 무처리에 비해 20~30% 증진되었으며, 최적처리 농도는 100 mg · L⁻¹ 처리구가 가장 좋았다.

붕소에 의한 화분발아율 증진효과는 발아적인인 20°C보다 발아 불량조건인 10°C에서 현저하였다. 배지에 H₃BO₃의 단용첨가나 무기염류의 혼용 첨가가 화분발아를 촉진하며, 적정농도는 5~111 mg · L⁻¹의 넓은 범위라고 알려져 있다[3,12,18]. 본 실험에서도 100 mg · L⁻¹까지 H₃BO₃의 첨가농도를 높여더라도 화분발아율이 향상되어 붕소가 복숭아의 화분발아를 촉진하는 중요한 무기성분임을 알 수 있었다. 화분발아에 붕소의 역할은 화분립의 과열방지 및 당분의 흡수와 전이를 향상시켜 화분발아와 화분관 신장을 촉진하는 것으로 집약된다[6].

요 약

우리나라 과수 중 개화기가 빠른 복숭아는 저온에 의하여 화분발아 장애로 결실율이 저하되고 있다. 본 연구는 저온에서 화분 발아율을 증진시킬 수 있는 방법을 강구하기 위한 기초연구로서 화분 발아조건과 배지내에 sucrose, CaCl₂ 및 H₃BO₃ 첨가농도를 구명하고자 일련의 실험을 실시하였다. 복숭아 화분은 배지에 치상한 후 30분부터 발아가 시작되어 3시간 30분까지 지속되었으나, 그 이후는 더 이상 발아되지 않았다. 따라서 복숭아의 화분발아 판정을 위한 적정 시간은 치상 후 4시간이 좋았다. 복숭아 화분의 적정발아 온도는 20°C였고, 이보다 저온이거나 고온에서는 화분발아율이 감소하였다. Sucrose는 화분발아를 촉진하였고 최적농도는 10%였다. 무기염류 중 H₃BO₃ 첨가는 '장택백봉'과 '수봉' 품종에

Table 4. Effect of H₃BO₃ on pollen germination in 'Nagasawa Hakuho' and 'Shuho' after 4 hrs incubation at 10°C and 20°C

H ₃ BO ₃ conc. (mg · L ⁻¹)	10°C		20°C	
	Nagasawa Hakuho	Shuho	Nagasawa Hakuho	Shuho
0	27.9 d*	21.6 d	68.4 b	47.7 c
25	48.7 c	44.8 bc	78.3 a	64.7 ab
50	56.7 b	50.9 ab	77.1 a	67.3 a
100	67.2 a	53.8 a	81.5 a	67.9 a
150	64.2 ab	41.9 c	81.2 a	63.3 ab

*Means in columns were separated by Duncan's multiple range test at P=0.05.

서 화분 발아율을 무처리에 비해 20~30% 증진시켰으며, 그 효과는 저온인 10℃에서 현저하였다. 최적처리 농도는 100 mg · L⁻¹ 처리였다. 반면 CaCl₂ 첨가하면 화분발아율이 감소하였다. 10℃의 저온에서 화분발아율은 품종간에 뚜렷한 차이가 있었으며, '장택백봉', '백봉', '월미', '백도', '대구보', '유명', '수봉', '백미조생'의 순으로 화분발아율이 낮았다.

참 고 문 헌

- Ahn, M. S., J. H. Jo, S. R. Choi, H. C. Lim, D. C. Choi and Y. J. Park. 2003. Pollen germination of *Hemerocallis spp.* affected by media type and storage temperature. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* **21**, 359-361.
- Brewbaker, J. L. and B. H. Kwack. 1963. The essential role of calcium ion in pollen germination and pollen tube growth. *Amer. J. Bot.* **50**, 859-865.
- Chiang, M. S. 1974. Cabbage pollen germination and longevity. *Euphytica* **23**, 579-584.
- Cho, H. M., Y. H. Kim and K. C. Ko. 1982. Studies on the pollen physiology of filberts (*Corylus spp.*). *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* **23**, 32-42.
- Choi, Y. K. 1968. Studies on the storage peach and apricot pollen. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* **4**, 9-14.
- Iwanami, Y. and Y. Yamada. 1984. Pollen. p.14-26.
- Keiichi, W. and B. Takahashi. 1989. Factors influencing pollen longevity, germination and tube growth in vitro of kiwifruit, *actinidia deliciosa* cv. Matua. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* **57**, 591-596.
- Kwack, B. H. 1965. The effect of calcium on pollen germination. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* **86**, 818-823.
- Moore, J. N. and J. Janick. 1983. Methods in fruit breeding. Purdue Univ. Press west Lafayette, Indiana p.18-64.
- Paek, K. Y. and S. T. Cheong. 1977. Effects of pesticides on pollen germination and fruit set in apple and pear cultivars during blooming periods. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* **18**, 125-136.
- Polito, V. S. and J. G. Luza. 1988. Longevity of pistachio pollen determined by in vitro germination. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* **113**, 214-217.
- Visser, T. 1955. Germination and storage of pollen. *Meded. Landbouwhogesch. Wageningen.* **55**, 1-68.
- Walyaro, D. J. and H. A. M. Van Der Vossen. 1977. Pollen longevity and artificial cross-pollination in *coffea arabica* L. *Euphytica* **26**, 25-231.
- Weaver, M. L. and H. Timm. 1989. Screening tomato for high temperature tolerance through pollen viability tests. *Hort Science* **24**, 493-495.
- Weinbaum, S. A., D. E. Parfitt, and V. S. Polito. 1984. Differential cold sensitivity of pollen grain germination in two prunus species. *Euphytica* **33**, 419-426.
- Wetzstein, H. Y. 1990. Stigmatic surface degeneration and inhibition of pollen germination with selected pesticidal sprays during receptivity in pecan. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* **115**, 656-661.
- Ylstra, B., A. Touraev, R. M. Benito Moreno, E. Stoger, A.J. Van Tunen, O. Vicente, J. N. M. Mol and E. Heberle-Bors. 1992. Flavonols stimulate development, germination, and tube growth of tobacco pollen. *Plant Physiol.* **100**, 902-907.
- Yun, M. S., Y. S. Kim and C. S. Ahn. 1994. Possible causes of poor pollen germination in the pistil of jujube (*Ziziphus jujuba* Mill). *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* **35**, 466-470.
- Zielinski, Q. B. 1968. Techniques for collecting, handling, germinating, and storing pollen of filberts (*Corylus spp.*). *Euphytica* **17**, 121-125.