

人工受粉 및 Promalin 처리에 의한 사과 '후지' 品種의 果形 改善

朴禎寬*, 洪載成, 崔仁明, 金政培, 全盛皓, 朴熙昇
園藝研究所

Applications of Artificial Pollination, Spraying Gibberellin A4+7 Plus Benzyladenine for Production of Uniform Fruits in 'Fuji' Apples

Park, Jeong-Gwan* · Hong, Jae-Seong · Choi, In-Myung · Kim, Jung-Bae · Kim, Seong-Ho · Hee-Sung Park
National Horticultural Research Institute, RDA, Suwon 441-310, Korea
*corresponding author

ABSTRACT. Artificial pollination (AP) and gibberellin A4+7 plus benzyladenine (promalin) were applied alone and together. AP was applied at 10% flowering time with 'Senshu' pollen (*Malus domestica* cv. Senshu). 12mg/L promalin was applied at 0, 10 and 20 days after falling of central flowers, respectively. In promalin treatment with or without AP application methods, fruit length, weight and length/diameter (L/D) were higher than those of control and AP. However, in AP and AP+promalin application, the number of seeds and seed weight were higher than those of control and promalin. In AP+promalin treatment, 78.6% fruits showed their uniform fruit shape and so significantly enhanced fruit uniformity compared to other treatments. Also cortex and core thickness of fruits were greater at the apex than that of other treatment. Fruit with L/D ratio over 0.87 were highly produced by applications of AP+promalin and promalin than control and AP only. 'Fuji' apples in good shape can be produced by using of AP + promalin together.

Additional key words: artificial pollination, Fuji apple, promalin, uniform fruits

서 언

후지는 우리나라 사과재배 면적의 76%를 차지하는 품종으로 소비자 기호도가 높을 뿐만 아니라 주요 수출 품종이다. 그러나 유전적 특성상 그리고 수세, 재배환경에 따라 과형이 불균일하고, 더욱이 장원형 과실보다는 사측과, 편원형 등의 비정형 과실이 생산되는 단점이 있어, 일반 재배농가의 후지 정형과율은 40% 내외에 머물고 있는 실정이다. 일본의 경우, 비록 노동력이 많이 소요되는 작업이긴하나 인공수분, 적정 착과량 조절, 착색관리 등에 집중한 시간을 투자하면서, 과형과 과중이 균일한 상품과를 80% 정도 생산함으로써 (Nagano prefecture, 1997), 소비자의 기호를 충족시킬 뿐만 아니라 국제적으로 거래되는 사과 가격이 국내산 보다 높게 형성되고 있는 실정이다. 특히, 외국 소비자의 품질평가는 위생과 맛 외에도 크기와 모양(果形)에 의해 이루어지는 것으로(농수산물유통공사, 1994) 나타남에 따라, 수출확대 및 수출과실의 인지도를 높이기 위해서는 균일한 과형의 후지 생산비율을 높이는 것이 중요한 일이라 사료된다. 따라서 본 시험은 인공수분 및 promalin 처리에 의한 사과 후지 품종의 과실비대 및 과형개선 효과를 검토하고자 수행되었다.

재료 및 방법

인공 수분 및 gibberellin A4+7 plus benzyladenine (promalin) 처리가 과형에 미치는 영향을 알아보기

1996년 원예연구소 과수 포장에 재식된(5×3m) 5년생의 후지/M26/실생을 공시하여 난괴법 3반복 구당 1주로 실시하였다. 수분수 품종인 '쓰가루'와 주품종인 '후지'의 혼식비율이 약 8 : 2로 구성된 과수포장에서 인공수분 처리는 '천추' 화분을 처리 2일전(화분 1 : 석송자 5의 비율로 희석)에 준비하여 개화가 10% 정도 진행되었을 때를 기준으로 3년생 가지, 정아의 중심화에 소형 화분 교배기(HD-N, Japan)로 인공수분을 한 뒤 측화는 전부 제거하였다. promalin은 1,500배 (12mg/liter)로 희석하여 중심화 낙화 직후 1회, 낙화 후 10일 간격으로 2회 등, 총 3회를 살포하였다. 만개 후 170일이 되었을 때, 각 처리별 60개의 과실을 임의로 선발하여, 과중, 종경, 횡경, 당도, 산도, 種子數, 種子重 등을 조사하였다. 과실의 과육부분(cortex)과 과심부위(core)의 성장정도는 그림1과 같이 과실을 중단으로 자른 뒤 과심의 중심부에서 90°를 기준으로 적도부를 median, 경와부 45° 방향을 basal, 체와부 45° 방향을 apex로 정하여 각 부위의 성장 정도를 조사하였고, '후지'의 고유형태인 원형 또는 장원형(윤 등, 1996) 형태의 과실을 기준으로 L/D비를 분류하여, 정형과는 좌우대칭형이면서 L/D비 0.87 이상인 果, 斜軸果는 과실을 세워 놓았을 때 좌우의 종경차가 0.7cm 이상인 果, 편형과는 L/D비 0.84 이하인 果를 기준으로 각각 구분하여 조사하였다.

결과 및 고찰

종자수 및 종자중에 있어서는 인공수분

+promalin 처리구가 가장 높았으나, 인공수분 처리와는 통계적 유의성이 인정되지 않았다. 그러나 두 처리 모두 promalin 단독처리와 무처리에 비하여 유의하게 높았다. 과형지수를 나타내는 종경과 횡경은 promalin 처리구의 종경 성장량이 다른 처리에 비해 높았고, 횡경은 처리간 차이를 보이지 않았다. 과중은 종자수와 종자중에 비례하여 높아지는 경향을 보여, 인공수분+promalin 처리구가 평균 과중 310g으로 가장 높았다. 종경과 횡경비(L/D)는 promalin을 처리한 구에서 0.92 이상을 나타내어 다른 처리에 비해 0.04 정도의 높은 차이를 나타내어 promalin에 의해 종경 성장량이 높아짐을 알 수 있었다. 과실의 과형을 결정하는 요소인 과심과 과육부분의 basal, median, apex 성장량(Nakagawa 등, 1967)을 조사한 결과(Fig. 1), 인공수분과 무처리는 처리간 차이를 보이지 않았으나, promalin 단독 및 인공수분+promalin 처리구의 apex 성장량이 유의하게 높았다(Table 1).

정형과 조건은 좌, 우의 종경비가 비슷하고, L/D비가 0.87 이상이 되어야 하기 때문에 첫 번째 고려되어야 할 사항은 정상적인 종자형성에 의한 과실 좌, 우의 균형과 보다 높은 종경비대가 이루어져야 한다고 판단된다. 따라서 인공수분에 의한 균일한 과실비대, promalin에 의한 종경, apex 성장촉진은 정형과 생산에 중요한 요인이다. 특히, promalin 처리시 2차적 과실비대 증상이 처리 후 10~15일 경과하면서 체와부의 뚜렷한 비대 현상이 나타나(Fig. 2), 초기 종경성장 촉진에 따른 과실비대가 우수하였고, 세포분열기 이후

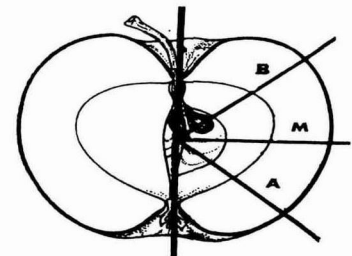


Fig. 1. Diagram of an apple fruit depicting the basal(B), median(M) and apex(A) regions examined for tissue thickness of cortex and core.



Fig. 2. The shape of young fruit treated with artificial pollination+promalin (left) and artificial pollination alone (right) in 'Fuji' apple.

Table 1. Effects of artificial pollination and promalin application on fruit characteristics of 'Fuji' apples.

Treatment	Fruit length (mm)	Fruit diameter (mm)	L/D ratio	Fruit weight(g)	Thickness of cortex and core (mm)			No. of Seeds	Seed fw.(g)
					Basal	Median	Apex		
Artificial pollination (AP) ^y	76.7ab ^z	86.6a	0.88 b	289 ab	23.1 ab	31.9 ab	24.6b	9.6 ab	0.736 ab
AP+promalin ^x	80.5a	87.3a	0.92 a	310 a	24.8 a	33.7 a	27.9 a	10.4 a	0.831 a
Promalin	79.5a	85.8a	0.93 a	298 a	23.0 ab	31.6 ab	27.0 a	8.2 b	0.601 b
Control	73.4b	83.7ab	0.88 b	261 b	21.9 b	31.3 ab	24.2 b	8.9 b	0.695 b

^z Mean separation within treatments by Duncan's multiple range test, 5% level.

^y Applied at 10% flowering time with 'Senshu' pollen (*Malus domestica* cv. Senshu).

^x 12mg/L promalin was applied at 0, 10, and 20 days after falling of central flower.

수확까지 중경, apex 부위의 생장량이 다른 처리보다 높게 유지되었다. 이러한 결과에 대해 Unrath(1974)는 수정후 세포분열 및 분열 세포의 종축비대를 promalin 처리에 따라 촉진된 것으로 해석하였으나, GA₄₊₇과 BA로 구성된 promalin이 과실과 종자의 발육에 직간접적으로 이루어지는 역할에 대해서는 정확히 알려져 있지 않고 있다. 그러나 김 등(1986)은 생리학적 측면에서, GA는 수정된 배주에서 공급되는 auxin과 함께 분열하는 세포의 방추사(mitotic spindle)를 세로축 방향으로 배열시켜, 세포의 비대보다는 신장생장을 촉진하는 반면에, BA는 auxin과 함께 세포분열을 촉진하는 일차적 기능 외에, auxin과 GA의 작용과는 반대로 횡축(lateral axis)의 세포신장을 유도하는 것으로 추정하고 있다. 따라서 promalin 처리에 의한 초기 과실 발달은 GA에 의한 세포신장, BA에 의한 활발한 세포분열촉진에 따라 중경, apex 생장량이 증가된 것으로 판단되며, 이는 promalin 처리에 따라 L/D비가 높아진 장원형 과실이 증가한다는 Childer 등(1995)의 보고와 일치되었다.

수확 후의 과형분포를 조사한 결과, 정형과율은 인공수분+promalin 처리구가 무처리보다 31% 높게 나타났고, 다음이 인공수분 처리로 20.2%가 높았으나, promalin 단독처리와는 5.6%의 차이로

통계적 유의성은 나타나지 않았다. 비정형 과인 사축과와 편원형과 비율은 무처리가 52.4%로서 다른 처리에 비해 높게 나타났다. 인공수분+promalin, promalin 단독 처리구의 편형과율은 0%로서 평균보다는 중경비대량이 많아 편원형과의 발생은 없었다(Table 2).

일반적으로 인공수분은 착과 안정, 정상적인 종자형성에 의한 과실비대 효과(윤 등, 1996) 때문에 실시하고 있으나, 많은 노력과 시간이 소요되기 때문에 실제 적용하는 면적은 많지 않은 실정이다. 그러나 과형개선 및 정형의 상품과를 생산기 위해서는 적극적인 방화곤충 활용과 함께 중요한 작업이라 생각된다. 특히 과형이 균일치 못한 사과 '후지' 품종의 정형과 생산은 인공수분 또는 방화곤충에 의한 수분, 수정과정이 선행된 상태에서 정상적인 종자형성을 유도함으로써 개선될 수 있다고 사료되었다. 본 시험결과, 종자수 및 종자중이 높을수록 정형과 생산율이 증가된 결과를 얻어 인공수분이 과형개선에 효과적인 것으로 나타났다(Table 1, 2). 과실이 비정형적(ununiformed fruit)으로 발달되는 원인에 대해 Ryugo (1988)는 불충분한 受粉과 기타요인에 의해 종자형성이 안되었거나, 종자로서 발달되지 못하였을 경우 비대칭 또는 비정형적인 과실로 발달한다고 하였고, Childers 등(1995)은 사과 과실의 궁극적인 크기는 종자수와 관련을

가지고 있으며, 종자 형성이 많을수록 과실형태는 보다 바람직한 과형을 이룬다고 하였다. 또한 Westwood(1978)는 종자에서 생성된 호르몬이 과실의 생장, 착과 그리고 식물체내의 호르몬 균형에 영향을 끼친다고 언급하며, 인과류에 있어서는 종자가 없거나 소수의 종자를 가지고도, 착과는 될 수 있으나 無核心皮外側 과육세포의 생장이 감소됨에 따라 기형적인 과형이 된다고 하였다. 따라서 비정형적으로 발달되는 과실은 정상보다 낮은 종자수를 가지고 있다고 판단되며, 이를 개선하여 정형과율을 높이기 위해서는 적극적 수분, 수정에 의한 정상적인 미숙종자가 배주내에 형성되도록 하고, promalin 처리 등에 의한 과실비대 및 과형지수 개선이 있어야 할 것으로 사료된다. 그러나 promalin 단독처리에 의해 단위결과 및 화아분화 억제 효과가 나타난다는 보고(Greene 등, 1982; Looney 등, 1985)와 마찬가지로, 본 실험의 promalin 단독 처리는 과형개선 효과가 인정되었으나, 수정 불량으로 인한 미숙종자 형성이 낮았던 일부 과실(Table 1)들은 종자중과 과중이 낮고, L/D비가 큰 장타원형의 과실로 발달하여 오히려 상품성을 떨어뜨리는 결과를 얻었다. 이에 대해 McLaughlin과 Greene (1984) 및 Unrath(1974)는 델리셔스 사과에 promalin을 처리한 결과, L/D비 증가와 동시에 꽃받침부위인 과실 배꼽부(calyx lobe)의 생장비대 효과가 우수하기 때문에 대칭형의 과실형태로 발달한다고 하였다. Greene 등 (1982)은 GA 처리에 의해 단위결과된 과실은 cortical tissue 부분의 생장량에 있어 apex 부위가 다른 부위보다 높게 생장한다고 하였으나 promalin 을 고농도로 처리할 경우 종자수의 감소에 따른 과형변이가 일어날 수 있다고 하여, 지금까지 promalin 단독 처리에 따른 과실비대 및 과형개선 효과에 대해서는 상반된 연구보고가 있었다. 따라서 promalin 을 살포할 경우, 인공수분에 의한 수정율 향상과정이 선행되어야 할 것으로 생각되며, 살포시기에 따른 수분, 수정율의 변화와 화아분화 및 화아수에 미치는 promalin의 영향 등에 대한 추후 검토가 필요한 것으로 사료된다. 가용성고형물, 경도 등의 과실품질에 있어서는 각 처리 모두 처리간 유의성이 없었으나, 산함량은 promalin 단독 처리구에서 높은 경

Table 2. Effect of artificial pollination and promalin applications on the distributions of fruit shape in 'Fuji' apples.

Treatment	Uniformity (%) ^y	Asymmetry (%) ^x	Oblate fruit (%) ^w	Fruit with L/D over 0.87 (%)
Artificial pollination	67.8ab ^z	22.9b	9.4a	81.4ab
AP+Promalin	78.6a	21.4b	0	95.2a
Promalin	62.2ab	37.8a	0	96.5a
Control	47.6b	38.7a	13.7a	61.3b

^zMean separation within treatments by Duncan's multiple range test, 5% level.

^yUniformity: Symmetric fruit with L/D ratio over 0.87.

^xAsymmetry: Fruit shape was slant. Dissimilarity between left and right fruit length was more than 0.7cm.

^wOblate: Fruit diameter was greater than fruit length(L/D less than 0.84).

Table 3. Fruit qualities of 'Fuji' apples after harvesting on 27 October, 1996.

Treatment	Soluble solids(°Bx)	Titrateable acidity(%)	Flesh firmness (kg/5mm ϕ)
Artificial pollination (AP)	14.6a ²	0.37ab	1.6a
AP + Promalin	14.3a	0.37ab	1.5a
Promalin	14.0a	0.40a	1.4a
Control	14.3a	0.36ab	1.6a

²Mean separation within treatments by Duncan's multiple range test, 5% level.

향을 보였고, 인공수분 및 promalin 처리에 의한 과실숙기의 변화에는 영향을 미치지 않았다(Table 3).

본 실험 결과, 정형적 과실의 상품과를 생산하기 위한 가장 중요한 요인으로는 정상적인 미숙종자 형성이 필수적인 것으로 생각된다. 이러한 선행 조건을 충족시키기 위하여 적극적인 인공수분 또는 방화곤충 활용이 요구되고, 보다 과중이 크고 장원형형태의 과실을 생산하기 위해 과실비대 촉진제인 promalin 등의 활용을 고려하는 것이 유리할 것으로 판단된다. 그러나 기상환경이 불량하여 방화곤충 활동이 저조한 지역 등에서 인공수분을 실시하지 않을 경우 promalin 살포에 따라 기형적인 과실이 발생할 수 있어 이에대한 주의가 필요한 것으로 판단된다.

초 록

인공수분 및 promalin 처리가 사과 후지품종의 정형과 생산에 미치는 영향을 알아보기 위하여 5년생의 후지/M26/실생을 공시하여 과실비대 효과 및 과형분포 정도를 조사한 결과, 인공수분+promalin 처리구가 다른 처리구 보다 중경, 과중, L/D비가 높았으며, 정형과 비율은 78.6%로서 무처리에 비해 약 30% 정도 높은 상품과를 생산할 수 있는 것으로 나타났다. 특히 장원형 과실의 특징인 apex 성장량이 높아 과중과 과실 외관이 우수하였다. 인공수분+promalin 처리구의 종자수 및 종자중에 있어서는 무처리에 비해 각각

1.5개, 0.14g 정도 높아 과실비대가 좋은 경향이었다. 그러나 promalin 단독처리의 경우, 단위결과에 의한 배주의 퇴화 및 장타원형의 비정형과실이 일부 발생하는 문제점이 있어, 인공수분 또는 방화곤충 활용을 적극적으로 수행한 후 promalin을 살포하는 것이 기형과실을 줄일 수 있는 방안이라 판단된다. Promalin 처리에 따른 과실 품질 및 숙기 정도에는 영향이 없었다.

추가 주요어 : 인공수분, 프로말린, 정형과, 후지

인용문헌

농수산물유통공사. 1994. 농수산물무역정보(73). p.1~5, 서울
 Childers, N. F., J. R. Morris, and G. S. Sibbett. 1995. *Modern Fruit Science*. Horticultural publications. Florida. p. 99~104.
 Greene, D. W. 1989. Gibberellins A4+7 influence fruit set, fruit quality, and return bloom of apples. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 114(4): 619~625.
 Greene, D. W., W. J. Lord, and W. J. Bramlage. 1982. Effects of gibberellin A4-7 and 6-benzylamino purine on fruit set, fruit characteristics, seed content, and storage quality of 'McIntosh'

apples. *HortScience* 17(4): 653~654.
 김규원, 백기엽, 정삼택, 정재동. 1986. 식물생장조절물질. 영남대학교 p. 47-54.
 Looney, P. E., R. P. Pharis, and M. Noma. 1985. Promotion of flowering in apple trees with gibberellin A4 and C-3 epigibberellin A4. *Planta* 165 : 292~294.
 McLaughlin, J. M. and D. W. Greene. 1984. Effect of BA, GA4+7, and daminozide on fruit set, fruit quality of 'Golden Delicious' apple. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 109(1):34~39.
 Nagano prefecture. 1997. The world apple conference. p.16-17. In: H. Koike and T. Ono(eds). 1995. Optimum crop load for 'Fuji' apples in Japan. The Young Fruit Farmer's Association of Nagano, Nagano.
 Nakagawa, S., J. Bukovac, N. Hirata, and H. Kurooka. 1967. Morphological studies of gibberellin-induced parthenocarpic and asymmetric growth in apple and Japanese pear fruits. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 37(1): 9~13.
 Ryugo, K. 1988. *Fruit culture*. John Wiley & Sons, New York. p. 109~115.
 Unrath, C. R. 1974. The commercial implications of gibberellin A4-7 plus benzyladenine for improving shape and yield of Delicious apples. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 99(4): 381~384.
 Westwood, M. N. 1978. *Temperate zone pomology*. W. H. Freeman and Company, San Francisco. p. 199~209.
 윤천중, 임명순, 신용익, 황정환, 김점국, 홍재성, 이한찬, 박정관, 박진면, 김기홍, 홍윤표, 이복남. 1996. 농촌진흥청. 사과재배. p.49-127.