

## 사과 왜성대목들의 줄기 황화처리에 따른 발근 부위의 생리적 변화

권순일<sup>1</sup> · 김목종<sup>1</sup> · 백봉렬<sup>1</sup> · 남종철<sup>1</sup> · 강인규<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>원에연구소 사과시험장, <sup>2</sup>상주대학교 환경원예학과

### Physiological Changes in Rooting Zone of Dwarf Apple Rootstocks (*Malus domestica* Borkh.) after Stem Etiolation Treatment

Soon-Il Kwon<sup>1</sup>, Mok-Jong Kim<sup>1</sup>, Pong-Nyol Paek<sup>1</sup>, Jong-Chul Nam<sup>1</sup> and In-Kyu Kang<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>National Apple Experiment Station, NHRI, RDA, Kumwi 716-810, Korea

<sup>2</sup>Dept. of Enviromental Horticulture, Sangju National Univ., Sangju 742-711, Korea

**Abstract.** This work was conducted to investigate the important rooting factors through comparative analysis of a physiological differentiation after layering treatment using four apple rootstocks of different rooting abilities; M.26, M.9, O.3, and Mo.84. Mo.84 showed the highest rooting rate in from rootstocks, while O.3 was the lowest. Mo.84 also found to have the highest indole-3-acetic acid (IAA) content, although the fluctuation of IAA contents was not consistent with layering treatment. In contrast, abscisic acid (ABA) content of Mo.84 which showed highest rooting was lowest among rootstocks regardless of layering treatment. And ABA contents of all rootstocks were decreased after layering treatment than before layering treatment. O.3 which showed poor rooting rate revealed lowest in boron content. Carbohydrate/nitrogen (C/N) ratio of Mo.84 was the highest in all rootstocks. Therefore, we assumed that he IAA contents in layering treated rootstocks were not seemed to be a major rooting factor, but the changes in ABA contents and boron levels limit rooting in dwarf apple rootstocks.

**Key words :** ABA, apple, C/N ratio, dwarf rootstock, IAA, mineral element, rooting

\*Corresponding author

## 서 언

사과(*Malus domestica* Borkh.)는 영양번식을 통하여 품종고유의 특성을 나타내고 이에 따라 왜화성 및 토양적응성 등을 갖춘 대목에 품종을 접목한 묘목을 재식하고 있다. 우리나라 사과 대목의 이용은 재배 기술의 정도, 토양의 비옥도, 대목 발근력 등에 따라 1960년대는 실생대목을, 1970년대 중반~1980년대는 MM.106/실생대목을, 1980년대~1990년대 중반에는 M.26/실생대목을, 1990년대 중반부터는 밀식재배체계가 도입되면서 M.9 및 M.26 대목을 이용하고 있다. 그러나, 밀식재배체계에 맞는 대목은 자근대목을 이용하여야 하지만 자근대목 번식 및 생산에 어려움이 많아 이중대목의 이용 비율이 높은 실정이다.

사과 대목의 번식은 휘묻이, 삽목 및 조직배양에 의해서 이루어지고 있으며(Hartmann 등, 1990), 특히 휘

묻이 방법에 의한 번식법을 많이 이용하고 있다(Greenwood와 Berlyn, 1973). 그러나 휘묻이 번식 시 번식포에 이용되는 많은 토지와 유지 노력이 필요하고, 또한 모수의 빈약한 생장으로 인하여 경제적 가치가 없는 대목이 상당량 생산되는 문제가 발생하고 있다(Vasek와 Howard, 1984). 비교적 번식이 쉬운 삽목에 대한 연구가 수행되어 왔지만 대목들의 발근력이 좋지 않아 이 방법을 확립하는데 어려움을 겪고 있다(Kwon 등, 1999; Seo, 1983).

대목의 발근 정도는 대목 육종의 주요한 선발 기준이 되고 있으며, 대부분의 사과 대목 육성 국가에서 대목 육종시 발근정도가 주요한 screening 방법으로 이용하고 있다. 그러나 과거에 육성된 대목들 중에는 다른 특성은 우수하지만 발근력이 좋지 않아 널리 이용되지 못하는 대목도 있는데 Ottawa.3(O.3), Polish 2(P.2) 대목 등이 그 대표적인 예이다(Osborne, 1983).

O.3, P.2 등의 사과 대목들은 내한성이 뛰어나고 왜화도 등은 우수하지만 발근력이 낮아 삽목이나 휘묻이에 의한 전통적인 방법으로는 번식이 어려워 널리 이용되지 못하고 있다(Christine와 Jones, 1991). 이와는 반대로 교목성이긴 하지만 Mo.84 대목은 노지에서 삽목 번식이 가능할 정도로 발근력이 아주 높은 것으로 알려져 있다(Tsugawa, 1984). 신초의 전체 혹은 일부를 차광하여 황화처리시켰을 때, 처리 부위에서의 부정근 형성능력은 무처리 부위에서의 부정근 형성능력 보다 훨씬 높다(Harrison-Murray, 1982; Maynard와 Bassuk, 1988).

따라서 본 시험은 우리나라의 주요한 대목인 M.26과 M.9, 발근력이 극히 낮은 O.3, 발근력이 매우 높은 Mo.84 등 4가지 사과 대목을 시험대상으로하여 줄기부위를 황화처리 시킨 후 생리적 차이를 각각 비교, 분석하여 부정근 발생에 관여하는 요인을 구명하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 시험재료

본 시험은 2003년 3월 하순에 사과 왜성대목 M.9, M.26, Mo.84, O.3의 휴면지를 사과 2년생 실생대목에 각각 절접을 하였다. 접수의 신초가 20 cm 정도 신장하였을 때 톱밥과 흙을 등량으로 혼합한 복토재료를 신초의 절반이 묻히도록 휘묻이를 하였다. 시료 채취는 해토를 시킨 후 기부에서부터 5 cm 정도 황화된 부위를 채취하였고, 채취된 시료는 신속히 증류수로 세척하여 이물질을 제거한 후 약 0.5 cm 길이로 잘라 동결건조시킨 후 분석시료로 이용하였다.

### 2. 발근율, 근수 및 근장

휘묻이 된 대목들이 낙엽된 후 해토하여 접목부 상단의 발근된 부위를 기부에서 잘라 조사하였다. 발근율은 전체 휘묻이 된 대목의 개체수 중 발근된 뿌리의 길이가 1 cm 이상이고, 근수가 1개 이상의 개체를 조사하였다. 그리고 근수는 길이가 1 cm 이상의 뿌리를, 근장은 길이 1 cm 이상의 뿌리를 각각 조사하였다.

### 3. 부정근 발생

부정근 발생 시기는 첫 복토 후부터 5일 간격으로

복토 부위를 해토하여 발근 여부를 조사하였다.

### 4. 호르몬 분석

Indole-3-acetic acid(IAA) 함량 분석은 Goo(1995)의 방법에 따라 동결 건조된 목분 1g을 사용하여 80% methanol으로 24시간 2회 추출하여 여과시켜 HPLC(Waters 2695, Alliance)를 이용하여 분석하였다.

Abscisic acid(ABA) 함량은 Lee 등(2004)의 방법에 따라 목분 시료 1g을 isopropanol과 glacial acetic acid가 95:5의 비율로 혼합된 용매로 추출, 여과시켰다. 여기에 표준물질로 20 ng의 [(±)-3,5,5,7,7,7]-d6]-ABA를 첨가시켜 감압농축하여 methyl ester를 유도화하여 GC-MS(HP6990, USA)로 분석하였다.

### 5. 무기성분 함량

무기성분 분석은 Kim(2004)의 방법을 이용하여 분석하였다. 전질소는 동결 건조한 목분 0.4 g을 사용하여 자동 켈달분해장치(TT125+Vapodest 45, Gerhardt)로 분석하였다. 붕소, 마그네슘, 아연은 목분 1g을 사용하여 Inductively Coupled Plasma(Perkin Elmer Optima 3000 SC)을 이용하여 분석하였다.

### 6. 당 함량

당 분석은 Son(1998)의 방법에 따라 목분 시료 5g을 사용하여 당 함량을 HPLC(Waters 600E, Alliance)로 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 대목별 발근율 및 부정근 발생

발근력이 각각 다른 사과 대목 Mo.84, M.9, M.26, O.3의 휘묻이 번식시 황화처리에 따른 발근율과 부정근 발생정도를 보면 다음과 같다. 사과 대목 M.9, M.26, O.3, Mo.84의 휘묻이 번식시 황화처리에 따른 발근율을 보면(Table 1), Mo.84의 발근율은 100%로 가장 높았고, M.9는 73.7%, M.26은 57.7%의 발근율을 나타내었고, O.3는 23%로 발근율이 가장 낮았다. 이는 Mo.84 대목은 발근은 쉽고(Tsugawa, 1984), O.3 대목은 발근이 어렵다는(Christine와 Jones, 1991) 보고와 일치하는 경향이었다. 그러나 뿌리의 수는 M.26이 11.6개로 가장 많았고, 뿌리의 생장 길이는

사과 왜성대목들의 줄기 황화처리에 따른 발근 부위의 생리적 변화

**Table 1.** Rooting and rootstock-quality of four dwarf apple rootstocks after stem etiolation treatment.

Cultivar	Rooting percentage (%)	No. of root	Length of root (cm)
Mo.84	100.0 a <sup>2</sup>	7.7 b	7.7 b
M.9	73.7 b	8.6 b	12.9 a
M.26	57.7 c	11.6 a	11.6 a
O.3	23.0 d	1.3 c	4.4 c

<sup>2</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test,  $P=0.05$ .

**Table 2.** An appearance period of first root in dwarf apple rootstocks after stem etiolation treatment.

The day elapsed after covering	Appearance period of first root			
	Mo.84	M.9	M.26	O.3
25days	None	None	None	None
30days	++	+	None	None
35days	+++	++	+	None
40days	+++	+++	++	+

\*Number of rooting: +, 1~2; ++, 3~5; +++, over 5.

M.9가 12.9 cm로 가장 양호한 성장을 보였다.

대목별 부정근 발생 출현정도를 조사한 결과(Table 2), Mo.84와 M.9 대목은 복토 30일 후에 부정근이 처음 발생되었으며 그 정도는 Mo.84 대목은 3~5개 정도, M.9 대목은 1~2개 정도의 부정근이 발생하였다. M.26은 복토 35일 후, 발근력이 낮은 O.3에서는 복토 40일 후에 1~2개 정도의 부정근이 발생되었다. 대목의 종류별 부정근 첫 출현 시기의 경향도 발근율의 정도(Table 1)와 동일한 경향을 보여 발근율이 높을 수록 부정근 출현 시기가 빠른 것을 확인할 수 있었다.

**2. 호르몬 및 무기성분 함량 변화**

호르몬과 무기성분 함량 변화를 분석하기 위하여 부정근 발생 능력이 우수한 것으로 알려진 Mo.84, 발근력이 매우 낮은 O.3, 그리고 주요 왜성대목인 M.9와 M.26 대목을 휘묻이 번식법으로 발근부위를 황화처리한 후 10일, 20일, 30일 후에 각각의 시료를 3회 채취하여 그 함량변화를 조사하였다.

**IAA 함량**

휘묻이처리 전 줄기 부분의 IAA 함량은(Table 3) Mo.84는 693.4 ng·g<sup>-1</sup>, M.26은 288.6 ng·g<sup>-1</sup>, M.9는

**Table 3.** Change of IAA content in dwarf apple rootstocks after stem etiolation treatment.

Cultivar	Before treatment	IAA (ng·g FW <sup>-1</sup> )		
		After 10days	After 20days	After 30days
Mo.84	693.4	89.9	229.2	97.3
M.9	156.4	111.8	289.5	85.3
M.26	288.6	208.1	117.2	63.5
O.3	212.1	105.1	121.7	245.9

**Table 4.** Changes of ABA content in dwarf apple rootstocks after stem etiolation treatment.

Cultivar	Before treatment	IAA (ng·g FW <sup>-1</sup> )		
		After 10days	After 20days	After 30days
Mo.84	502.1	116.3	144.2	162.7
M.9	766.7	461.5	393.3	137.6
M.26	790.5	305.8	278.2	150.2
O.3	666.9	362.0	310.1	237.6

156 ng·g<sup>-1</sup>, O.3는 212.1 ng·g<sup>-1</sup>으로 발근력이 높은 Mo.84 대목이 IAA함량이 다른 대목들에 비하여 월등히 높은 결과를 보였다. 그리고 황화처리 후 일수가 경과함에 따른 IAA 함량은 Mo.84의 경우 부정근이 발생하는 시점인 30일 후에 97.3 ng·g<sup>-1</sup>으로 그 함량이 급격히 감소하였고, M.9와 M.26의 경우도 동일한 경향을 보였으나 발근력이 가장 낮은 O.3 대목은 30일 후에 그 함량이 245.9 ng·g<sup>-1</sup>으로 처리후 30일간 큰 변화를 보이지 않았다.

Majumber와 Howard(1973)는 휘묻이에 따른 황화처리는 발근이 어려운 식물의 경우 부정근 발생에 효과가 있으며, Wen-Quan와 Bassuk(1991)는 MM.106 대목의 녹지 삼목 시 indolebutyric acid(IBA)처리와 황화처리 일수가 경과함에 따라 발근율을 향상시키고 근수를 증가시킨다고 하였다. 그리고 IAA처리가 부정근 형성 및 발근 촉진작용을 한다는 보고(Thimann와 Went, 1934)들과 본 결과를 종합해 볼 때 부정근 발생이 우수한 대목들은 초기에는 IAA함량이 높은 경향이 있고, 부정근이 발생하는 시점에서는 그 함량이 감소되는 것으로 추정이 되며 대목내 IAA의 절대수준과 발근력간에는 큰 상관성이 없는 것으로 판단되었다.

**ABA 함량**

황화처리 후 처리기간이 증가함에 따라 대목 발근부

위 줄기의 ABA 함량의 변화는 Table 4와 같다. 황화처리전 줄기 부분의 ABA 함량은 M.26이 790 ng·g<sup>-1</sup>으로 다른 대목들에 비해 높았고, 발근력이 높은 Mo.84가 502 ng·g<sup>-1</sup>로 가장 낮았다. 모든 대목들의 ABA 함량은 황화처리 후 함량이 낮아지는 경향을 보였고, 특히 발근이 시작되기 시작한 처리 30일 후 (Table 2)에는 발근력이 낮은 O.3대목의 ABA함량이 가장 높은 결과를 보였다. 미선나무의 경지삽목시 발근이 잘 되는 시기는 내생 IAA 함량이 높은 반면, 내생 ABA 함량은 낮으며, 삽목이 잘 되지 않는 시기에는 ABA 등 발근 억제물질이 많고, 체내 영양분이 상대적으로 적다(Yoo와 Kim, 1996)는 보고와 동일한 경향을 보였다. 따라서 황화처리 후 ABA함량의 감소가 발근을 촉진시키는데 영향을 미친 것으로 판단된다.

전 질소 함량

황화처리 후 기간이 경과됨에 따라 대목별 전 질소 함량의 변화는 Table 5와 같다. 발근력에 따른 대목 품종 전질소 함량은 고도의 유의차가 있었다. 처리 전의 전 질소 함량을 보면 발근력이 가장 좋은 Mo.84는 0.62%로 가장 낮았으나, 발근력이 낮은 O.3는 0.9% 이상으로 높았다. 발근력이 중간 정도인 M.9와 M.26의 전질소 함량은 중간 정도였다.

황화처리 후 기간이 경과됨에 따라 전 질소의 함량 변화는 다소 있었으나 발근력이 낮은 O.3는 다른 대목 품종에 비해 높게 유지되었지만, 발근력이 높은 Mo.84는 다른 품종들과 비교해 보면 가장 낮게 유지됨을 알 수 있었다.

이를 볼 때 C/N율이 높아지면 발근에 유리하며 (Hartmann 등, 1990), 미선나무의 경지삽 시 발근이 잘 되는 7~8월에는 전질소 및 sucrose의 함량이 낮

**Table 5.** Change of a total nitrogen in dwarf apple rootstocks after stem etiolation treatment.

Cultivar	Nitrogen content (%)			
	Before treatment	After 10days	After 20days	After 30days
Mo.84	0.62 c <sup>2</sup>	0.46 d	0.44 c	0.35 c
M.9	0.77 b	0.71 b	0.62 b	0.65 a
M.26	0.74 b	0.63 c	0.64 b	0.52 b
O.3	0.90 a	0.87 a	0.84 a	0.65 a

<sup>2</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, P=0.05.

**Table 6.** Changes of a boron in dwarf apple rootstocks after stem etiolation treatment.

Cultivar	Boron content (μg·L <sup>-1</sup> )			
	Before treatment	After 10days	After 20days	After 30days
Mo.84	226.3 ab <sup>2</sup>	316.0 a	331.4 a	224.0 c
M.9	234.3 a	298.7 ab	286.7 c	344.5 a
M.26	234.3 a	255.5 b	303.3 ab	293.0 b
O.3	58.7 c	44.2 c	43.1 d	37.4 d

<sup>2</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, P=0.05.

**Table 7.** Changes of a carbohydrate/nitrogen(C/N) ratio in dwarf apple rootstocks after stem etiolation treatment.

Cultivar	C/N ratio			
	Before treatment	After 10days	After 20days	After 30days
Mo.84	13.9 a <sup>2</sup>	14.3 a	21.4 a	22.7 a
M.9	9.9 b	10.5 b	13.5 b	11.0 b
M.26	10.3 b	8.2 bc	15.5 b	18.3 a
O.3	5.9 c	5.7 d	8.2 c	10.2 b

<sup>2</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, P=0.05.

고, 전체 탄수화물 함량, fructose 및 glucose의 함량이 높고(Yoo와 Kim, 1996), N은 P나 K보다 발근에 미치는 영향이 더 크다(Hartmann 등, 1990)는 보고와 같은 경향이였다.

Boron 함량

처리별 대목들의 boron 함량의 변화는 Table 6과 같다. 황화처리 전 대목별 boron 함량을 보면 발근력이 낮은 O.3는 58.7 mg·L<sup>-1</sup>으로 가장 낮았고, 그 외의 품종들은 발근력에 상관없이 226.3~239.0 μg·L<sup>-1</sup>로 비슷한 경향이였다. 황화처리 후 기간이 경과됨에 따라 boron의 함량 변화는 처리 전과 마찬가지로 Mo.84, M.26, M.9은 높은 함량을 보인 반면 O.3는 가장 낮은 함량을 보였다. Boron은 일부 수종에서 부정근 발생 보다는 뿌리의 신장에 효과가 있으며 (Hartmann 등, 1990), coffee(*Coffea arabica* L. cv. Mundo Novo) 삽목 시 IBA 및 NAA처리시 boron을 혼용하면 부정근 형성을 촉진한다고(Olieman 등, 1971) 보고하였다. 사과 대목을 이용한 본 실험에서는 발근력이 중정도 이상의 대목에서는 일정하게 boron함량이 높았으나, 발근이 불량한 O.3 대목에서는 boron

함량이 낮았음을 볼때, 양호한 발근력을 갖기 위해서는 boron 함량이 일정 수준 이상 필요한 것으로 생각되며 본 시험결과에서도 boron과 발근에 관련된 기존의 보고와 비슷한 경향을 보였다.

### 3. Carbohydrate/Nitrogen(C/N) ratio 변화

발근력이 다른 대목들의 황화처리 후 발근 부위의 C/N율을 조사한 결과는 Table 7과 같다. 황화처리전 대목 품종간 C/N율은 Mo.84가 가장 높은 경향을, O.3가 가장 낮은 경향을 보였다. 황화처리 후 기간이 경과됨에 따라 C/N율은 대목별로 대체로 조금씩 높아지는 경향이었지만, 발근율이 낮은 대목 품종인 O.3가 가장 낮았다.

MM.106의 반숙지(半熟枝)삽목 시 총 phenol의 함량은 낮고 C/N율은 높은 경우 발근율이 높았고(Shawky 등, 1993), 또한 환상 박피는 박피 상부의 C/N율을 증대시켜 발근이 유리하다(Hartmann 등, 1990)고 하였다. 그러나 *Malus*속의 가내 발근 시 sucrose, fructose, glucose, sorbitol, xylitol 중 가장 효과적인 당원은 sucrose이며(Gorecki, 1979; Karhu와 Ulvinen, 1995), 또한 Gaspar 등(1985)과 Hansen(1990)은 *Malus*속의 발근에 glucose가 가장 중요한 역할을 한다고 하였다.

따라서 본 시험에서 발근력이 좋은 Mo.84의 C/N율이 가장 높고, 발근력이 낮은 O.3의 C/N율이 가장 낮음을 볼때 C/N율이 높을 수록 발근율이 향상된다는 보고와 동일한 경향이였다.

이상의 결과들을 종합 해 볼때 사과 자근대목 번식 및 생산을 원활히 하기 위해서는 휘묻이방법에 의한 황화처리시 IAA 함량, boron 함량, C/N율을 향상시키는 반면 ABA함량과 질소의 함량을 낮출 수 있도록 관리해 준다면 자근대목 생산에 유리할 것으로 판단되었다.

## 적 요

본 시험은 주요 왜성대목인 M.26과 M.9, 발근력이 낮은 O.3, 발근력이 높은 Mo.84 등 4 종류의 사과 대목 품종을 재료로 휘묻이 번식시 황화처리에 따른 발근 부위의 생리적 변화를 시기별로 각각 비교, 분석하여 부정근 발생에 관여하는 요인을 구명하고자 하였다. 휘묻이 번식시 대목별 발근율은 Mo.84가 가장 높았

고, O.3가 가장 낮았다. 대목 별 휘묻이 전·후의 IAA함량은 황화 처리 전 발근력이 높은 Mo.84에서 가장 높았으나 휘묻이 일수가 경과할 수록 IAA함량 변화는 일정한 경향이 없었다. 반면 발근력이 가장 좋은 Mo.84의 ABA 함량은 휘묻이 처리 전·후 모두 가장 낮게 나타났다. 또한 휘묻이 처리전에 비하여 처리후에서 ABA함량은 모든 대목 품종에서 감소하였다. Boron의 함량은 발근율이 낮은 O.3에서 가장 낮게 나타났으며, C/N율은 모든 대목들에서 발근율이 높은 Mo.84 대목이 가장 높게 나타났다.

그러므로, 대목의 휘묻이 처리에 따른 IAA 함량은 대목의 발근율에 미치는 주요한 요인이 아닌 것으로 판단되지만 ABA 함량과 boron의 수준은 사과왜성대목들의 발근을 제한하는 요인으로 추정된다.

**주제어** : ABA, C/N율, IAA, 무기염류, 발근율, 사과, 왜성대목

## 인 용 문 헌

- Christine, A.W. and O.P. Jones. 1991. Micropropagation of some cold-hardy dwarfing rootstock for apple. *J. Hort. Sci.* 66(1):1-6.
- Gaspar, T., C. Penel, F.J. Castillo, and G. Greppin. 1985. A two-step control of basic and acidic peroxidases and its significance for growth and development, *Physiol. Plant.* 64:418.
- Goo Y.B. 1995. A study on mass propagation of *Larix leptolepis gordon* by cutting and its rooting mechanism. Ph.D. Thesis, Seoul Univ, Suwon.
- Gorecki, R.S. 1979. The effect of an auxin(ABA), fungicide(captan) and wounding on the rooting of softwood apple(*Malus Mill*) cuttings. *Acta Agrobotanica* 32:223-232.
- Greenwood, M.S. and G.P. Berlyn. 1973. Sucroseindol-3-acetic acid interactions on root regeneration by *Pinus lambertiana* embryo cuttings. *Amer. Jour. Bot.* 60(1):42-47.
- Hansen, O.B. 1990. Rapid production of apple rootstocks by softwood cuttings. *Scientia Hort.*, 42:277-287.
- Harrison-Murray, R.S. 1982. Etiolation of stock plants for improved rooting of cuttings: . Opportunities suggested by work with apple, in: "Proc. Int. Plant Prop. Soc.," 31:386.
- Hartmann, H.T., D.E. Kester, and F.T. Davies, Jr. 1990. *Plant propagation principles and practices.* 5th ed.

- Prentice Hall, Englewood cliffs, NJ, USA.
9. Karhu, S.T. and S.K. Ulvinen. 1995. The effect of different carbohydrates on the rooting of micropropagated apple shoots and their adaption after transplantation. *Bulletin des Recherches Agronomiques de Gemgloux*. 30(1/2):87-101.
  10. Kim, I.Y. 2004. Changes in calcium contents of leaf and fruit during growth, effect of foliar sprays of calcium on fruit quality of 'niiitaka' pear. Ph. D. thesis, Kyungpook Univ, Daegu.
  11. Kwon, S.I., K.R. Kim, H.Y. Kim, and M.J. Kim. 1999. Effect of various mixed-treatment by some growth regulators, sugars and inorganic matters with IBA on rooting in hardwood cuttings of M.26 apple rootstock. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 40(4):447-450.
  12. Lee K.H., I.J. Lee, S.W. Jang, and C.K. Sang. 2004. Growth and flowering responses and changes of gibberellins and abscisic acid contents by cold treatment and cultivation temperature on chrysanthemum cv. 'Daewhakang'. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 45:354-358.
  13. Majumber, P.K. and B.H. Howard. 1973. The response of M.9 hardwood cuttings to various rooting inducing treatment. Report of East Malling Research Station for 1972. 67-69.
  14. Maynard, B.K. and Bassuk, N.L. 1988. Etiolation and banding effects on adventitious root formation, in: "Adventitious Root Formation by Cuttings," T.D. Davis, B.E. Haissig, and N. Sankhla, eds., *Adv. in Plant Sci. Ser.*, vol 2, Dioscorides Press, Portland. p. 29.
  15. Olieman, van der Meer, R.L.M. Pierik, and S. Reest. 1971. Effects of sugar, auxin, and light on adventitious root formation in isolated stem explants of *Phaseolus* and *Rhododendron*. *Med. Facult. Landbouw, Weten. Gent*. 36(1):511-18.
  16. Osborne, R.H. 1983. Propagation by softwood cuttings from root pieces to reintroduce juvenility in a new dwarf rootstock (Ottawa 3). *Proc. Intl. Plant Prop. Soc.* 33:301-365.
  17. Seo, H.S. 1983. Study on cutting propagation of apple. *Annual Report of Horticultural Experiment Station* p. 245-247.
  18. Shawky, I., H.M. El-Hennawy and H.F. El-Wakeel. 1993. Effect of IBA and cold storage on rooting of hardwood cuttings of MM.106 apple rootstock. *Annals Agric. Sci., Air Shams Univ., Cairo*, 38(2): 683-690.
  19. Son, M.R. 1998. Application of near infrared spectroscopy for quality evaluation of apple fruit. Ph.D. Thesis, Kyungpook, Daegu.
  20. Thimann, K.V. and F.W. Went. 1934. On the chemical nature of the root-forming hormones. *Proc. Kon. Akad. Wetensch. Amsterdam*. 37:456-459.
  21. Vasek, J. and B.H. Howard. 1984. Effects of selective and biennial harvesting on the production of apple stoolbeds. *J. Hort. Sci.* 59:477-485.
  22. Wen-Quan S. and N.L. Bassuk. 1991. Stem banding enhances rooting and subsequent growth of M.9 and MM.106 apple rootstock cuttings. *Hort. Sci.* 26(11): 1368-1370.
  23. Yoo, Y.K. and K.S. Kim. 1996. Seasonal variation in rooting ability, plant hormones, carbohydrate, nitrogen, starch and Soluble Sugar contents in cuttings of white forsythia. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 37(4):554-560.
  24. Tsugawa, C. 1984. The cultivation technology of apple. *Yokendo (in Japan)*. p. 390-391.