

# 기내 배양 사과 대목 M.9의 순화 후 휘물이 번식 시 발근 관련 생리적 특성 변화

권순일<sup>1</sup>, 김목종<sup>2</sup>, 강인규<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>원예연구소 사과시험장, <sup>2</sup>원예연구소 과수과, <sup>3</sup>상주대학교 환경원예학과

## Changes of Root Physiology of Tissue Cultured M.9 Apple Rootstock after Layering

Soon-Il Kwon<sup>1</sup>, Mok-Jong Kim<sup>2</sup>, In-Kyu Kang<sup>3\*</sup>

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

<sup>2</sup>Fruit Research Division, NHRI, RDA, Suwon 440-706, Korea

<sup>3</sup>Dept. of Environmental Horticulture, Sangju National Univ., Sangju 742-711, Korea

**ABSTRACT** This work was conducted to evaluate the effects of rooting on tissue cultured M.9 (*Malus domestica* Bork. cv, tcM.9) after layering in field. We investigated an appearance period of first root in shoot, rooting ratio, contents of indole-3-acetic acid (IAA), abscisic acid (ABA), inorganic matters, sugars, and lignin in rooting areas of stems by layering. First root in shoot of tcM.9 and natural M.9 appeared 25 and 30 days after layering (DAL), respectively. Rooting ratio was much higher in tcM.9 than in natural M.9. The content of IAA was higher in tcM.9 than in natural M.9 before layering, but it was reversed at 20 and 30 DAL. In contrast, the content of ABA was much higher in natural M.9 than in tcM.9 in case of both before and 10 and 20 DAL. The contents of N, B, Mn, and Zn were significantly higher in tcM.9 than in natural M.9 both before and 10 and 20 DAL. The contents of sugars in tcM.9 had the similar pattern of the contents of inorganic materials. There were statistically significant differences in the contents of sucrose and glucose at 30 DAL as well as the content of maltose at 20 and 30 DAL. The content of lignin was significantly higher in tcM.9 than in natural M.9 before layering and 10 and 30 DAL while there was no difference 20 DAL. Therefore, improvement of rooting ability in the tissue cultured root stock M.9 might be due to the changes of inorganic matters or lignin rather than that of sugars and hormones.

**Key words:** Hormone, *in vitro* culture, layering, lignin, rooting

### 서 론

식물의 발근현상은 수체(樹體)내의 여러 조건에 따라 영향을 받는다. 그 중에서 성장조절물질에 의해 가장 많이 영향을 받는데, IAA가 발근촉진작용과 부정근 형성 촉진 작용을 하며, GA와 ABA는 부정근 형성 억제효과가 있다(Hartmann et al. 1990; Pawlicki and Welander 1992;

Yae et al. 1986). 또한 탄수화물은 발근에 필요한 에너지 공급원으로써 새 뿌리의 조직형성에 중요한 역할을 하며(Howard 1965; Stolz and Hess 1966), 무기원소 중에는 붕소, 아연, 망간이 뿌리의 형성에 현저한 영향을 준다(Hartmann et al. 1990). 사과의 부정근 근원기는 방사유조직과 연결된 이차사부(二次篩部)에서 기원하며, 이차사부 주위에는 부정근 신장을 기계적으로 방해하는 후막환(ring)이 있거나 리그닌화된 조직이 발근의 장애가 된다(Hartmann et al. 1990)고 한다.

\*Corresponding author Tel 054-530-5232 Fax 054-380-3125

E-mail: ikkang@sangju@ac.kr

사과 묘목을 왜성대목에 접수를 접목하여 생산할 경우 사과 대목은 왜화도, 도양적응성, 도양병해 저항성, 지지력 등과 함께 발근력이 우수하여야 한다. 대목의 발근력은 자근 대목 생산시 아주 중요하게 작용하는 주요인이기 때문에 사과 대목을 육성하는 여러 나라에서는 다소 부적합한 조건에서도 용이하게 발근할 수 있는 대목을 선발하고 있다 (Roy and Robert 1987). 그러나 P.2, P.13, O.3 등의 사과 대목들은 내한성, 왜화도 등 몇 가지 특성은 매우 우수하지만, 발근력이 낮아 삽목이나 휘묻이에 의한 전통적인 방법으로는 번식이 어려워 널리 이용되지 못하는 실정이다 (Christine and Jones 1991; Domoto 1991). M.9와 M.26의 발근 촉진을 위해 배(Pyrus betuli folia.) 실생을 사용하고 (Qiao et al. 1994), M.27, MM.111 대목의 신초 기부에 IBA처리 (Gomaa and Stino 1989)하여 발근을 향상을 시도하였다.

사과 품종 중 발근이 어려운 '홍옥'과 'Delicious'를 BA 농도 10  $\mu$ M 함유 배지에서 계대배양 한 후 부정근 형성을 위해 10  $\mu$ M NAA가 첨가된 배지에 치상하였을 때, 1회 계대배양한 묘는 발근이 안 되었지만 9회 계대배양한 묘는 95% 발근되었으며 (Sriskandarajah et al. 1982), 조직배양 묘에서 유래한 O.3 대목의 삽수는 1년 여 동안 발근 촉진효과가 지속 (Eugene et al. 1991; Quamme and Hogue 1994)된다고 하였다. 신초의 세력과 발근력은 여러 식물에서 기내 유래 식물을 순화시킨 후 다시 기외에서 일반적인 방법으로 부정근을 유도하면 더 좋은 효과가 있으며, 기내 1세대인 V0보다 2세대인 V1이 발근과 생육이 양호하다 (Sriskandarajah et al. 1982; Webster and Jones 1989)고 하였다.

따라서 본 실험은 사과 왜성대목 M.9 조직배양묘를 12회 이상 계대배양시켜 발근과 순화과정을 거쳐 포장에서 휘묻이에 의해 번식을 할 경우, 기내유래 대목과 일반 대목의 발근율, 복토된 발근 예정 부위의 호르몬, 무기성분, 당류 및 리그닌 등의 변화가 발근에 어떠한 영향을 미치는 지를 구명하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

BA 1.0 mg/L, IBA 0.3 mg/L, GA<sub>3</sub> 0.5 mg/L를 첨가한 MS 배지에서 12회 이상 계대배양된 사과 왜성대목 M.9를 IBA 0.3 mg/L이 첨가된 MS 발근 배지에서 발근, 순화시켰다. 이듬해 기내 유래 M.9와 일반 M.9를 접수로 이용하여 사과 실생대목 (2년생)에 3월 하순 각각 눈집을 하였다.

접수의 신초가 20 cm 정도 신장하였을 때 톱밥과 흙을 등량으로 혼합한 복토재료를 신초의 절반이 묻히도록 복토

를 하였다. 시료 채취는 해토를 시킨 후 발근율을 조사하고 기부에서부터 5 cm 정도 황화된 부위를 채취하였다. 채취된 시료는 신속히 증류수로 세척하여 이물질을 제거한 후 약 0.5 cm 길이로 잘라 액체 질소로 급속 동결시킨 후 동결 건조시켰다. 건조된 시료는 분쇄기로 마쇄하여 건조상태로 냉동 보관 한 후 분석시료로 이용하였다.

### 생장조절제 함량 분석

IAA 함량 분석은 Goo (1995)의 방법을 이용하여 동결 건조된 목분 1 g을 80% methanol으로 24시간 2회 추출하여 여과시켰다. IAA의 회수율을 측정하기 위하여 methanol 추출액에 indole-3-propionic acid 200 ng를 첨가하여 농축한 후 증류수로 용해시켰다. 이 용액에 포화 NaHCO<sub>3</sub>를 가하여 pH를 11.0으로 조절한 다음 diethyl ether를 넣어 수층을 분리, 추출한 후 이 추출액을 다시 pH 2.5으로 조절하여 diethyl ether로 유기층을 추출하였다. 이 추출액에 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>을 이용하여 수분을 완전히 제거한 다음 농축시킨 후 methanol (3 L)에 용해시켜 IAA 함량을 HPLC(Waters2695, Alliance)를 이용하여 분석하였다.

ABA 함량 분석은 Lee 등(2004)의 방법을 이용하여 목분 시료를 isopropanol과 glacial acetic acid가 95:5의 비율로 혼합된 용매로 추출, 여과시켰다. 여기에 표준물질로 20 ng의 [(±,3,5,5,7,7-d6]-ABA를 첨가시켜 감압농축하였다. 농축된 잔사를 1 N의 NaOH를 이용하여 pH 12~13으로 조정된 다음 methyl chloride로 3회 분획하여 수층의 pH를 2.5~3.5가 되게 조정하여 다시 ethyl acetate로 3회 분획하였다. 이 분획액을 감압농축하여 인산완충액 (pH 8.0)에 용해시킨 다음 1 g의 polyvinylpolypyrrolidone를 첨가하여 1시간 동안 진탕시킨 여액을 여과시켜 6 N HCl을 이용해 pH 2.5~3.5로 조정된 후 다시 ethyl acetate로 3회 분획하여 수층을 제거한 후 감압농축하였다. 농축된 잔사를 ethyl acetate에 용해시켜 1 L의 reaction vial에 옮긴 후, 질소가스로 건조시킨 다음 2차례 ethereal diazomethane으로 methyl ester를 유도화한 다음 GC-MS (HP6990)로 분석하였다.

### 무기 성분 분석

무기성분 분석은 Kim (2004)의 방법을 이용하여 분석하였다. 전질소는 동결 건조한 목분 0.4 g을 질소분해용 튜브에 넣고 식물체 분석용 분해촉진제 1pellet (1.5 g K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>+7.5 mg Se, Tecator)과 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 10 mL를 넣어서 100℃에서 30분, 150℃에서 30분, 250℃에서 30분, 380℃에서 1시간 30분 동안 순차적으로 끓여 자연 냉각시킨 후 자동 켈달분해장치 (TT125+Vapodest45, Gerhdrdt)로 분석하였다.

붕소, 마그네슘, 아연은 목분 1 g을 100 mL 삼각 flask에 넣고 HNO<sub>3</sub> 5 mL를 가하여, 약 100~150℃에서 끓여 충분

히 식혔다. 식물체 분해액 (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> : HClO<sub>4</sub> : H<sub>2</sub>O = 2 : 9 : 5) 을 10 mL를 가하여 hot plate에서 온도를 서서히 높여 흰색으로 변할 때까지 분해시킨 후 자연냉각시켰다. 따뜻한 증류수 70 mL를 가한 후 교반하여 찌꺼기를 완전히 녹여 여과지(Whatman No.6)로 여과하여 100 mL로 양을 조절하여 Inductively Coupled Plasma (Perkin Elmer Optima 3000 SC)을 이용하여 분석하였다.

당 분석

당분석은 Son (1998)의 방법을 이용하여 목분 시료 5 g을 95% methanol 40mL에 넣고, 항산화제 butylated hydroxy toluene 10 mg을 첨가하여 5분간 마쇄하였다. 약 1~2시간 교반한 후 여과지 (Whatman No.2)로 여과하여 여과액에 양이온교환수지 (CM-sepadex)를 첨가하여 약 20분간 교반한 후 다시 여과하였다. 이 여과액에 다시 음이온교환수지 (DEAE-sepadex)를 첨가하여 약 20분간 교반한 후 여과시킨 여과액 10 mL 취하여 Sep-Pak C18 cartridge를 통과시켰다. 다시 통과된 액을 0.45 μm pore size의 membrane filter를 통과시킨 후 당 함량을 HPLC (Waters 600E)로 분석하였다.

리그닌 분석

리그닌 분석은 Min 등 (1991)의 방법을 이용하였다. 함수율을 측정된 시료 목분 2 g을 탈지용액 (ethanol : benzen = 1 : 2) 500 mL에 침지하여 3회 (1회/일) 탈지시킨 후 글라스필터 (1G3)로 여과하여 건조를 시켰다. 건조된 탈지 시료

1 g에 72% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 15 mL를 천천히 넣어 교반하여 산가수 분해를 시킨 후 1 L 삼각플라스크에 세정하여 넣고 500 mL로 양을 조절하였다. 120℃, 1.5기압에서 1시간 습식멸균 시킨 후 무게가 칭량된 글라스필터 (1G4)를 통해 여과시켜 104℃에서 4시간 건조 후 정량하였다. 리그닌 함량은 다음의 계산식으로 산출하였다.

$$L (\%) = W/S + 100$$

S: 시료의 전체 건물중(g), W: 잔유물 중량(g)

결과 및 고찰

부정근 출현 일수 및 발근율

기내 유래 및 일반 M.9 대목의 휘물이 후 첫 부정근 출현 (Figure 1)일수는 Table 1과 같다. 기내 유래 M.9 대목의 첫 부정근 출현 일수는 휘물이 25일이었으며 일반 M.9 대목 보다는 5일 정도 빨랐다. 복토 후 약 5개월 경과하여 낙엽이 된 후 굴취하여 조사한 발근율은 기내유래 M.9 대목이 100% 발근되어 일반 M.9 대목의 발근율 83.3% 보다 유익하게 높았다.

조직배양에 의한 계대배양이 반복될수록 신초 증식과 부정근 형성이 점차 쉬워지는 재유년화가 일어나고 (Sriskandarajah et al. 1982), 또한 사과 대목 중 발근이 어려운 O.3를 이용하여 조직배양 후 순화시킨 모수에서 채취한 삽수가 훨씬 발근이 우수하다고 보고된 바 있다 (Chistine and Jones 1991).

이러한 보고와 마찬가지로 본 연구결과에서도 기내유래

Table 1. A appearance period of first root in shoot and rooting ratio after 5months in tcM.9 and natural M.9 by layering

	Days after layering		Rooting ratio (%)
	25days	30days	
<i>in vitro</i>	○	○	100 a <sup>z</sup>
<i>in vivo</i>	×	○	83 b

<sup>z</sup> Mean separation within a column by Duncan's multiple range test at 5% level.

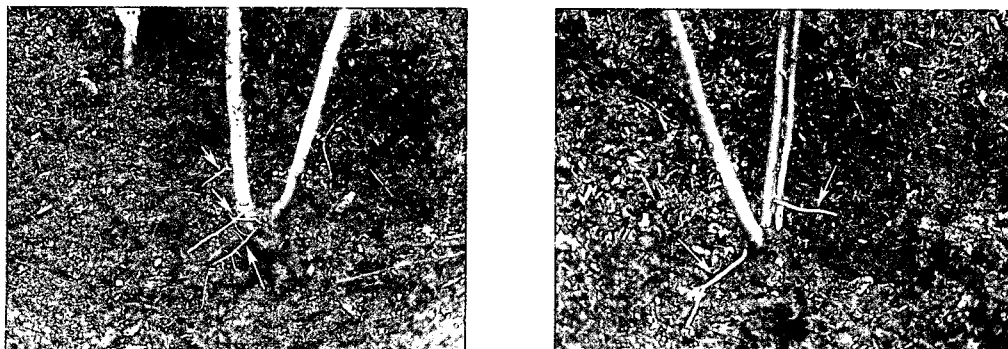


Figure 1. An appearance of first root in shoot by layering (left: tcM.9, right: natural M.9).

M.9 대목이 일반 M.9 대목에 비해 첫 부정근 출현 일수가 빠르고 발근율이 높은 것을 볼 때, 계대배양이 진전될수록 부정근 형성이 쉽다는 보고와 일치하였다.

생장조절제 함량 변화

기내 유래 및 일반 M.9 대목의 휘묻이에 따른 황화부위의 IAA 및 ABA 함량 변화는 Table 2와 같다. 휘묻이 할 줄기 부분의 IAA 함량은 기내유래 M.9가 일반 M.9에 비해 188.2 ng/g으로 높았다. 휘묻이 후 경과 일수별 IAA 함량은 10일 후에는 기내유래 M.9의 황화처리 부위에서 136.4 ng/g으로 더 많았으나, 20일 및 30일 후에는 일반 M.9의 황화처리 부위가 더 많았다. 그러므로 기내유래 대목의 IAA 함량은 휘묻이 일수가 진전될수록 그 차이는 적어지거나 미미하였다.

휘묻이 할 줄기 부분의 ABA 함량은 일반 M.9가 기내유래 M.9에 비해 766.7 ng/g으로 높았다. 휘묻이 후 황화처리 경과 일수별 ABA 함량도 10일 및 20일 후에는 일반 M.9의 황화처리 부위에서 더 높았으나 30일 후에는 기내유래 M.9의 황화처리 부위에서 더 높았다. 그러므로 기내유래 대목의 ABA 함량 변화도 IAA 함량변화와 같이 휘묻이 일수가 진전될수록 차이가 적어지거나 미미하였다.

주요한 발근 관련 내생 호르몬에는 촉진작용의 IAA와 억

제작용의 ABA이 있고 (Hartmann et al. 1990) 미선나무의 삼목 시 발근이 잘 되는 시기의 ABA함량은 낮고 IAA 함량은 높았다 (Yoo and Kim 1996)고 하였다.

본 실험에서 IAA 및 ABA 함량 변화를 살펴보았을 때 조식배양묘의 유년화에 따른 발근력의 증가는 IAA 함량의 증가 보다는 ABA 함량의 감소에 따른 영향이 더 크다고 추측되지만 추가적인 실험이 필요하다고 생각한다.

무기 성분 변화

기내 유래 및 일반 M.9 대목의 휘묻이에 따른 무기 성분의 변화는 Table 3과 같다. 기내·외 대목 및 휘묻이 후 경과 일수별의 질소, 붕소, 망간, 아연 함량 모두 기내 및 일반 대목간 고도의 유의성이 인정되었다. 그러나 아연은 휘묻이 20일 후의 유의성이 인정되지 않았다.

질소 함량이 낮아 C/N율이 높아지면 발근에 유리하며, 질소는 인산나 칼륨 보다 발근에 미치는 영향이 더 크다 (Hartmann et al. 1990)고 하였다. 붕소는 일부 수종에서 부정근 발생보다는 뿌리의 신장에 효과가 있으며, 아연은 포도에서 오옥신의 전구물질인 tryptopan의 수준을 높여주므로 발근에 효과적이라 (Hartmann et al. 1990)고 하였다. 반면 망간은 IAA 산화 효소 활성 촉진제이므로 발근 억제효과가 있다 (Hartmann et al. 1990)고 하였다.

**Table 2.** Changes of IAA and ABA contents according to an etiolated part of M.9 apple rootstock originated tissue culture after layering

Hormone		Contents (ng/g fresh weight)			
		Before layering	10 DAL <sup>z</sup>	20 DAL	30 DAL
IAA	<i>in vitro</i>	188.2	136.4	109.9	67.1
	<i>in vivo</i>	156.4	111.8	289.5	85.3
ABA	<i>in vitro</i>	407.5	223.1	104.4	296.1
	<i>in vivo</i>	766.7	461.5	393.3	137.6

<sup>z</sup> DAL : days after layering.

**Table 3.** Changes of minerals contents according to an etiolated part of M.9 apple rootstock originated tissue culture after layering

Mineral		Contents (mg/L)			
		Before layering	10 DAL <sup>z</sup>	20 DAL	30 DAL
N <sup>y</sup>	<i>in vitro</i>	0.8 a <sup>x</sup>	0.6 a	0.5 a	0.4 a
	<i>in vivo</i>	0.8 b	0.7 b	0.6 b	0.7 b
Mn	<i>in vitro</i>	14.7 a	8.3 a	8.8 a	4.9 a
	<i>in vivo</i>	16.6 b	13.2 b	12.1 b	10.6 b
B	<i>in vitro</i>	234.3 a	297.8 a	286.7 a	344.5 a
	<i>in vivo</i>	37.3 b	34.1 b	29.0 b	24.9 b
Zn	<i>in vitro</i>	17.0 a	17.4 a	18.9 a	24.7 a
	<i>in vivo</i>	15.6 b	16.9 b	18.1 a	17.7 b

<sup>z</sup> DAL : days after layering.

<sup>y</sup> % cont.

<sup>x</sup> Mean separation within a column by Duncan's multiple range test at 5% level.

기내유래 M.9의 재유년화에 따른 발근력의 증가는 호르몬의 변화 보다는 기내 배양 시 배지에 공급된 무기성분들이 삼투압에 의해 수체 내에 축적되고, 공급이 안 된 무기성분들은 수체 내 농도가 낮아진 무기원소들의 차이로 추정된다. 또한 휘몬이 후 경과 일수별 유의성도 인정되었으므로 이 또한 수체 내 무기원소의 함량차이에 기인하는 것으로 추정된다.

질소와 망간은 부정근 발생 억제 역할을, 붕소와 아연은 부정근 발생 및 신장 촉진 역할을 하며 (Hartmann et al. 1990), 본 실험에서도 비슷한 경향이였다.

당 성분 변화

기내 유래 및 일반 M.9 대목의 휘몬이에 따른 당 성분의 변화는 Table 4와 같다. 기내유래 대목이 일반 M.9 대목에 비해 당 성분 함량이 다소 높은 편이었으나 대부분 유의성이 인정되지 않았다. 그러나 sucrose와 glucose는 휘몬이 30일 후, maltose는 휘몬이 20일 및 30일 후에 유의성이 인정되었다.

발근이 잘되는 시기는 전체 탄수화물 함량, fructose, glucose의 함량이 높고 (Stolz and Hess 1966), *Malus*屬 발근 시 sucrose가 가장 효과적인 당원 (Karhu and Ulvinen 1995) 이라는 보고와 같이 발근력은 당류의 종류와 양에 많은 영향을 받는다. 그러나 본 실험의 결과를 볼 때 기내 유래 대목의 발근력 증가 (Table 1)는 발근 부위의 당류의 변화에

기인한 것이라고 할 수가 없으며 기내 유래 대목의 황화처리에 따른 당류의 변화도 역시 영향이 없다고 생각된다.

리그닌 함량 변화

기내 유래 및 일반 M.9 대목의 휘몬이에 따른 리그닌 성분의 변화는 Table 5와 같다. 기내 유래 및 일반 M.9 대목의 리그닌 변화는 휘몬이 전, 10일 후, 30일 후에는 유의성이 인정되었으나 휘몬이 20일 후에는 유의성이 인정되지 않았다.

황화처리는 처리부위 줄기 조직의 lignin화와 suberin화를 줄이고 세포벽의 두께를 얇게 한다 (Biasi 1996)고 하였고, 발근이 어려운 *Olive*와 *Hedera helix*의 삼목 시 발근을 기계적으로 방해하는 후막환 (ring)이 있고 리그닌화된 조직이 발근의 장애가 된다 (Hartmann et al. 1990)고 하였다.

그러므로 본 결과에서 기내·외 대목의 휘몬이 경과 일수에 따른 리그닌 함량의 차이에 따른 유의성이 일부 인정되었다. 이는 기내유래 M.9를 기내에서 반복적인 계대 배양에 의한 재유년화가 세포벽의 발달에 약간의 영향을 주어 다소 차이는 있지만 부정근 발생의 촉진 효과가 있다고 생각되었다. 그러나 본 실험은 기내·외 유래 대목의 세포벽 내 리그닌 함량의 차이만을 정량하였으므로 부정근 발생을 저해하는 기계적 장애의 경감, 세포벽 두께의 감소 등의 직접적 관련 요인을 밝힐 추가적인 실험이 필요할 것으로 생각되었다.

**Table 4.** Changes of sugars contents according to an etiolated part of M.9 apple rootstock originated tissue culture after layering

Sugars		Contents (mg/g fresh weight)			
		Before layering	10 DAL <sup>z</sup>	20 DAL	30 DAL
Sucrose	<i>in vitro</i>	12.3 a <sup>y</sup>	12.3 a	12.0 a	9.6 a
	<i>in vivo</i>	9.3 a	9.3 a	9.0 a	4.9 b
Glucose	<i>in vitro</i>	46.3 a	42.6 a	65.8 a	53.3 a
	<i>in vivo</i>	45.0 a	34.9 a	59.3 a	44.7 b
Fructose	<i>in vitro</i>	1.07 a	1.62 a	1.97 a	1.66 a
	<i>in vivo</i>	0.90 a	1.13 a	1.69 a	1.56 a
Maltose	<i>in vitro</i>	20.7 a	16.3 a	15.0 a	9.6 a
	<i>in vivo</i>	15.3 a	12.2 a	7.7 b	4.8 b

<sup>z</sup> DAL : days after layering.

<sup>y</sup> Mean separation within a column by Duncan's multiple range test at 5% level.

**Table 5.** Change of a lignin according to an etiolated part of M.9 apple rootstock originated tissue culture after layering

Lignin	Contents (%)			
	Before layering	10 DAL <sup>z</sup>	20 DAL	30 DAL
<i>in vitro</i>	33.8 a <sup>y</sup>	30.5 a	29.8 a	31.0 a
<i>in vivo</i>	31.0 b	28.3 b	29.3 a	28.8 b

<sup>z</sup> DAL : days after layering.

<sup>y</sup> Mean separation within a column by Duncan's multiple range test at 5% level.

이상의 결과를 종합해 볼 때, 기내 배양 사과 대목 M.9의 순화 후 휘묻이 번식 시 일반 M.9대목에 비해 발근이 더 잘 되는 요인은 호르몬 (IAA, ABA)과 당 (sucrose, glucose, fructose, maltose)의 변화 보다는 무기성분 (N, B, Mn, Zn) 과 리그닌의 함량 변화가 더 많이 관여하는 것으로 추정된다.

## 적 요

본 실험은 사과 왜성대목 M.9 조직배양묘를 12회 이상 계대배양 시켜 발근, 순화 후 포장에서 휘묻이에 의해 번식을 할 경우, 복토된 발근 예정 부위의 호르몬, 무기성분 등의 변화와 발근에 미치는 영향을 보고자 실시하였다. 휘묻이 후 첫 부정근 출현 일수는 기내유래 M.9는 25일, 일반 M.9는 30일이었다. 발근율은 기내유래 M.9는 100%였으며 일반 M.9는 83%였다. 휘묻이 할 줄기 부분의 IAA 함량은 기내유래 M.9가 일반 M.9에 비해 높았으나 휘묻이 20일 및 30일 후에는 일반 M.9가 더 높았다. 그러나 ABA 함량은 일반 M.9가 휘묻이 직전, 10일 후 및 20일 후의 기내유래 M.9에 비해 훨씬 더 많았다. 기내 유래 대목의 질소, 붕소, 망간, 아연의 함량은 모두 일반 M.9 보다 유의하게 많았다. 기내유래 대목의 sucrose, glucose, fructose, maltose 함량과 일반 기외대목의 함량 간에는 유의성이 인정되지 않았다. 기내 유래 및 일반 M.9 대목의 리그닌 변화는 휘묻이 전, 10일 후, 30일 후에는 고도의 유의성이 인정되었다. 그러므로 기내유래 대목의 발근력의 증가는 당류와 호르몬의 함량 변화 보다는 무기성분과 리그닌 함량 변화에 더 많이 기인하는 것으로 보인다.

## 인용문헌

- Biasi LA (1996) Use of etiolation in plant propagation. *Emprego do Estiolamento na propagacao de plantas* 26: 309-314
- Chistine AW, Jones OP (1991) Micropropagation of some cold-hardy dwarfing rootstock for apple. *J Hort Sci* 66: 1-6
- Domoto PA (1991) Low temperature tolerance of 'Starkspur Supreme Delicious' on nine rootstock in Iowa NC-140 cooperative planting. *Fruit Varieties J* 45: 224-229
- Eugene J, Hogue J, Denise Neilsen (1991) Rapid production methods for Ottawa-3 rootstock and branched apple nursery stock. *HortScience* 26: 1416-1419
- Gomaa AH, Stino GR, (1989) Effects of various promoters on bud burst and side branching of MM.106 apple stools. *Egyptian J of Hort* 16: 1-8
- Goo YB (1995) A study on mass propagation of *Larix leptolepis gordon* by cutting and its rooting mechanism. PhD thesis, Seoul Univ, Suwon
- Hartmann HT, Kester DE, Davies FTJr (1990) *Plant propagation principles and practices*. 5th ed. Prentice Hall, Englewood cliffs, NJ, USA pp 204-205
- Howard BH (1965) Increase during winter in capacity for root regeneration in detached shoots of fruit tree root stocks. *Nature* 208: 912-13.
- Karhu ST, Ulvinen SK (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: 87-101
- Kim IY (2004) Changes in calcium contents of leaf and fruit during growth, effect of foliar sprays of calcium on fruit quality of 'niitaka' pear. PhD thesis, Kyungpook Univ, Daegu
- Lee KH, Lee IJ, Jang SW, Sang CK (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
- Min DS, Yoon BH, Lee JY (1991) *Wood chemistry*. Sunjin Pub, Seoul, pp 277-278
- Pawlicki N, Welander M (1992) The effects of benzyladenine and gibberellic acid on adventitious root formation in apple stem clises. *agronome* 12: 783-788
- Qiao JC, Zhu ML, Wang SL (1994) A study of the effect of *Pyrus betuli* folia Bunge as a nurse stock on the rooting ability of apple dwarfing rootstocks. *China Fruits* No. 3: 20-21
- Quamme HA, Hogue EJ (1994) Improved rooting of Ottawa 3 apple rootstock by softwood cuttings using micropropagated plants as a cutting source. *Fruit Varieties J* 48: 170-173
- Roy CR, Robert FC (1987) *Rootstocks for fruit crops*. A Wiley-Interscience Publication, pp 136-138
- Son MR (1998) Application of near infrared spectroscopy for quality evaluation of apple fruit. PhD thesis, Kyungpook, Daegu
- Skiskandarajah S, Mullins MG, Nair Y (1982) Induction of adventitious rooting *in vitro* in difficult-to-propagate cultivars of apple. *Plant Sci Lett* 24: 1-4
- Stolz LP, Hess CE (1966) The effects of girdling upon root initiation carbohydrates and amino acids. *Proc Amer Soc Hort Sci* 89: 744-751
- Webster CA, Jones OP (1989) Micropropagation of the apple rootstock M.9: effect of sustained subculture on apparent rejuvenation *in vitro*. *J Hort Sci* 64: 421-426
- Yae BW, Yim YJ, Jo HM (1986) Factors affecting shoot proliferation and root initiation of apple 'Fuji' *in vitro*. *J Kor Soc Hort Sci* 27: 353-358
- Yoo YK, Kim KS (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: 554-560

(접수일자 2005년 5월 16일, 수리일자 2005년 9월 9일)