

電氣處理에 의한 주목의 插木發根에 關한 研究

鄭鎮澈* · 崔正鎬* · 張圭寬**

* 圓光大學校 林學科 · ** 圓光大學校 自然植物園

Studies on Rooting of *Taxus cuspidata* Cuttings by Electric Treatment

Chung, Jin - Chul* · Choi, Jung - Ho* · Jang, Kyu - Kwan**

* Dept. of Forestry, Won Kwang Univ.

** Botanical Garden, Won Kwang Univ.

ABSTRACT

Two-year-old *Taxus cuspidata* shoot cuttings were treated with various electrical impacts of cathode on their base and anode on their apex by normal and reverse source. The cuttings were previously treated with 200ppm IBA for 12 hours and the rooting percentage, the length, and the weight of roots were checked. The auxin contents of cuttings were also examined by high-performance liquid chromatography. The results obtained on this study are as follows;

1. Normal treatment, cathode into the base and anode into apex, seemed to accelerate rooting while reverse treatment showed less effective than normal treatment on rooting, but both treatments were more effective than control.

2. The impact of electrical treatment at 30mV for 30min has a remarkable effect on the percentage rooting, the length, and the weight of roots.

3. Root primordia were formed at the basipetal end of cuttings where the end of primary pith ray meets the cambium in control treatment and formed at the basal part of cuttings irregularly in electrical treatment.

4. High-performance liquid chromatography showed electrical treatment was more effective on auxin accumulation than control, and 30mV - 30min was the most effective on auxin accumulation.

I. 序 論

주목은 주목과에 속하는 常綠 針葉 喬木으로 수고는 20m까지 자라고 垂直的으로 표고 700m 이상 되는 고산지대에 자생하며 地理的으로 중국, 일본 등 아시아 동북부의 온대 북부에서 아한대까지 분포되어 있다. 특히 우리나라는 대표적 自生地로서 한라산, 지리산, 설악산 및 덕유산 등에 많이 자라고 있다.²⁾

주목은 나무의 수피와 재색이 붉어 주목이라 부르고 赤栢松이라고도 하며 耐寒性과 耐陰性이 강하며 가구재, 조각재 등 목재의 이용가치가 높을 뿐 아니라 토심이 깊고 비옥 적운한 토양에서 생육이 활발하여 일조시간이 비교적 짧은 도시주택의 庭園造景, 公園, 街路 植栽에 적당하고 독립수, 군식, 생울타리 및 수벽용 등으로도 다양하게 이용되고 있다.

하지만 주목의 種子는 당년에 發芽가 되지 않고 2년간 露天埋藏을 실시한 후 파종해야 발아되므로 작업상 번거로움이 있고 성장 또한 느리며 插木時 發根率이 낮아 多量增殖에는 문제를 안고 있다.³⁾

한편 插穗의 발근은 수종에 따른 插穗 自體의 生理的, 環境的 條件 그리고 이들 두 인자간의 상호작용에 따라 發根의 難易性^{17, 18, 27)}에 차이가 있다. 插穗 自體의 生理的 特性으로는 수령,^{6, 12, 14, 19, 33)} 삽수시기,^{13, 32)} 조직의 차이^{1, 4, 7, 9)} 및 근원기 형성과 대사물질^{10, 11, 15, 26, 28, 29)} 등이 작용하며 環境的 要因으로는 습도, 일조, 삼목의 조건^{2, 5, 24, 31)} 등을 들 수 있다. 이들 요인은 단독적으로 작용하거나 또는 두 가지 이상의 요인이 상호작용하여 발근에 영향을 미친다.

삽수 자체 發根 促進 物質의 生理的 特性으로서 근원기 형성은 대부분 삽수기부 부근에서 형성된 癒合組織에서 발달하고 때로는 수선내부, 維管束 형성층이 수선과 만나는부위, 절과 절간에서 생성^{20, 22)}된다고 하였다. 또한 插穗의 발근에 있어서 發根促進 物質의 전류는 잎이나 눈에서 형성되어 向基的으로 작용하며 插穗의 發根에 영향을 준다고 하였으며 이 중 옥신은 줄기의 신장 성장, 근계 형성, 측아 성장의 억제, 과실의 발달,

형성층의 활동 등 생리적 작용^{16, 25)}에 중요하게 작용하고 있다.

그러나 옥신의 轉流에 대한 기작은 아직 불분명하고 전기적 충격이 삽수 발근 효과에 미치는 생리적 기작에 관한 연구도 미흡한 실정이다.

이에 本研究은 木材의 利用 뿐만 아니라 藥用 및 造景樹로서의 가치가 높고 평가되고 있어 많은 수요가 지속적으로 요구될 전망인 주목의 다량증식을 위한 한 방법으로 실시하였다. 插穗에 옥신류인 IBA를 처리하고 전압 및 시간을 달리한 전기처리후 插木하여 이들 처리가 插穗의 發根에 미치는 影響을 조사하였으며 發根된 插穗基部內의 生長物質을 抽出하여 發根 促進 物質의 轉流過程을 追跡하고자 하였다.

II. 材料 및 方法

1. 材 料

圓光大學校 自然植物園에 식재되어 있는 10年生 주목(*Taxus cuspidata*)에서 2年生枝를 1993년 4월에 채취하여 供試材料로 사용하였다.

2 方 法

1) 電氣處理

插穗는 길이 20cm로 일정한 傾斜方向으로 切斷하였고 Indole butyric acid (IBA) 200ppm溶液에 12시간 침적한 후 삽수로 사용하였다.³⁰⁾

삽수의 電氣處理는 1000ml 수조에 증류수를 넣고 수조위에 20개의 구멍이 뚫린 동판을 올려 놓았다. 조제된 삽수를 증류수로 깨끗이 세척하여 동판의 구멍을 통하여 넣고 전압조정기(Deluxe Regulated Power Supply)에서 供給되는 電源 中陽電極을 수조안의 물속에 넣어 插穗의 基部에 당도록 하고, 陰電極은 동판 상에서 插穗의 葉이 달린 頂部에 각각 供給되도록 하였다(Fig. 1). 電氣處理의 電源은 20, 30, 40mV로 달리하여 구분하였고 각 電壓마다 供給時間을 10, 20, 30min으로 처리하였으며 逆 電氣處理는 상기 방법과 반

대로 電極을 供給하고 공히 20분씩 處理하였다. 한편 옥신에 침적시켰으나 電氣處理를 하지 않은 처리구를 전기무처리구로 하였으며 옥신과 電氣處理를 하지 않은 무처리구를 대조구로 설정하였다. 각 처리구는 50분씩의 插穗를 3반복 處理하였다.

2) 發根效果

조제된 插穗는 삼목상자에 버미클레이터를 상토로 하여 열간 10cm, 줄간 5cm 간격으로 插木하고 환경조절실(Environmental Chamber)에서 生育시켰다.

삼목 실시 3개월 후 각 처리구별 發根率을 조사하였고 插穗의 發根長은 버어니어캘리퍼스로 측정하였으며 發根重은 生重量과 乾重量을 달리 하여 화학천칭으로 測定하였다.

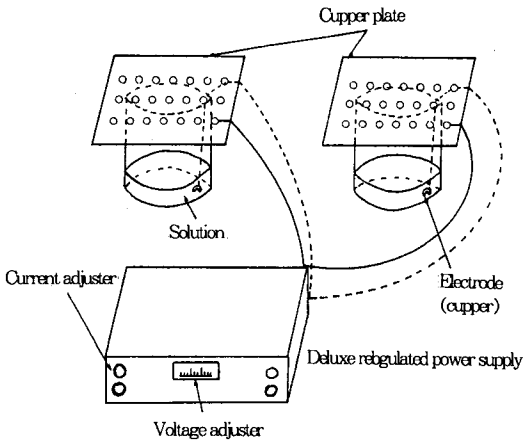


Fig 1. Diagram to fit cutting into electric circuit.

3) 發根 組織

插木을 실시한 3개월 후 각 처리구별로 발근된 基部의 形態學의 特性을 조사하였고 삼수의 發根된 基部에서 시료를 취하여 10 micron의 두께로 절편을 조제하고 Hematoxylin 염색방법²⁰⁾을 행한 후 發根 部位의 解剖學의 特性을 檢鏡하였다.

4) 插穗基部的 生長物質 分析

① 生長物質의 抽出

삼목 3개월 후 뿌리의 發根效果를 조사한 다음 發根된 주목 插穗基部의 축적된 生長物質中 IBA (以下 옥신이라 稱함)를 抽出하기 위하여 Ogasawara¹⁵⁾의 方法을 적용하여 각 처리구마다 發根이 완료된 插穗 基部를 잘게 썰어 20g을 취한 후 150ml의 Ether에 넣고 0°C에서 48시간 저장한 후 여과한 다음 2%의 NaHCO₃를 25ml씩 3회에 걸쳐 酸層과 Ether에 재 추출된 中性層으로 분리하였다.

② High-performance liquid chromatography (HPLC) 분석

供試材料의 插穗基部에 축적된 生長物質의 分析을 위하여 Model 246 HPLC를 이용하였으며 Radial Pak μ Bondapak(18mm×10cm)의 column을 사용하였고, 전개용매는 MeOH 와 0.1M의 KH₂PO₄를 4:6으로 혼합하였고, 파장은 UV 280nm, 0.01의 Detector range에서 흐름속도는 1.5ml/min로 하여 추출물을 분석하였으며 추출물 중 生長물질이 함유되어 있는지의 여부는 標準物質(IBA) 첨가법에 의하여 확인하였다.

각 시험구에서 10 μ l 씩의 추출물을 취하여 표준물질과 같은 물질이 존재함을 확인한 다음 電壓別, 時間別로 生長물질의 축적량 및 전기무처리구와 대조구의 生長물질 축적량을 비교하였다.

供試材料는 각 처리구별로 20g씩 채취하여 3반복 處理하였다.

III. 結果 및 考察

1. 發根效果

1) 發根率

주목 插穗의 基部에 양전극과 頂部에 음전극을 처리한 電氣處理區, 基部에 음전극과 頂部에 양전극을 처리한 逆 電氣處理區, 전기무처리구 그리고 대조구의 發根率은 Fig. 2 와 같다.

電氣處理區는 평균 83.5%로 높은 發根率을 나타냈으며 逆 電氣處理區는 발근율이 75.8%로 전기처리구에 비하여 發根率이 낮았으나 대조구와 전기무처리구는 각각 55.0%과 66.0%에 비하여

發根率은 높았는데 處理와 無處理에 있어서 큰 차이가 나타난 결과였다.

電壓別 發根率은 30mV, 40mV, 20mV 順 이었으며, 20mV와 40mV에서는 거의 유사한 發根率을 나타내어 電壓別, 時間別 發根率에 있어서는 차이가 없었으나 30mV-30min동안 처리한 전기 처리구에서 평균 86%로 가장 좋은 발근율을 보였다.

이는 插穗에 적정 전기를 처리함으로써 發根促進이 유리된 결과였으며 插穗의 基部에 電氣의 陽極을 처리하여 줌으로서 插穗의 頂部에 함유된 옥신이 基部로 移行 하였거나 옥신처리액이 頂部로 移行하므로써 發根에 유리하게 작용한 것으로 추정한다.

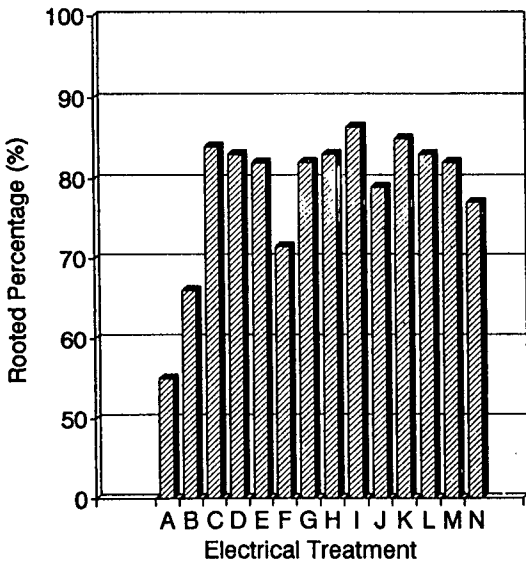


Fig. 2. Rooting percentage of *Taxus cuspidata* cuttings by different electrical treatment (All the cuttings except A were treated with 200ppm IBA for 12 hours).

- A: Control (None-IBA and electrical treat.)
- B: None-electrical treat.
- C: 20mV-10min
- D: 20mV-20min
- E: 20mV-30min
- F: Reverse 20mV-20min
- G: 30mV-10min
- H: 30mV-20min
- I: 30mV-30min
- J: Reverse 30mV-20min
- K: 40mV-10min
- L: 40mV-20min
- M: 40mV-30min
- N: Reverse 40mV-20min

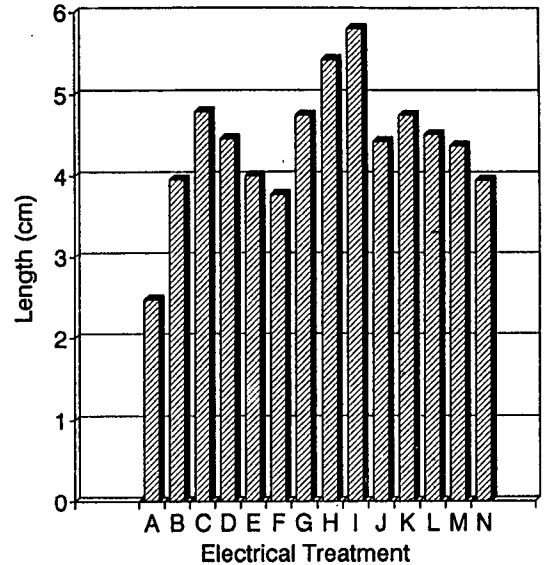


Fig. 3. Length of adventitious roots of *Taxus cuspidata* cuttings by different electrical treatments.

2) 根長

電氣處理에 의한 插穗 發根效果의 세부적인 분석을 하기 위하여 발근된 뿌리의 길이를 비교한 결과는 Fig. 3 과 같다. 각 電氣處理區의 발근된 뿌리의 길이는 發根率과 마찬가지로 전압별로 30mV, 40mV, 20mV 順 이었으며 30mV 처리구에서 전체적으로 발근된 뿌리의 생장이 촉진됨을 보여 주었다. 특히 생장이 촉진된 30mV-30min 처리에서 평균 根長은 5.8cm이었으나 전기무처리구에서는 평균 4.0cm, 대조구는 평균 2.5cm를 보여 현저한 차이를 나타냈다.

이는 전기 처리구가 전기무처리구에 비하여 뿌리 신장이 촉진된 것은 그만큼 근기 형성시기가 빨랐음을 알 수 있었다.

3) 根重

각 전압별 電氣 處理區의 발근된 뿌리의 生重量 및 乾重量을 조사한 결과는 Fig. 4 와 같다.

生重量과 乾重量의 분석에서는 30mV 電氣處理區가 다른 처리구에 비해 현저한 효과를 나타냈

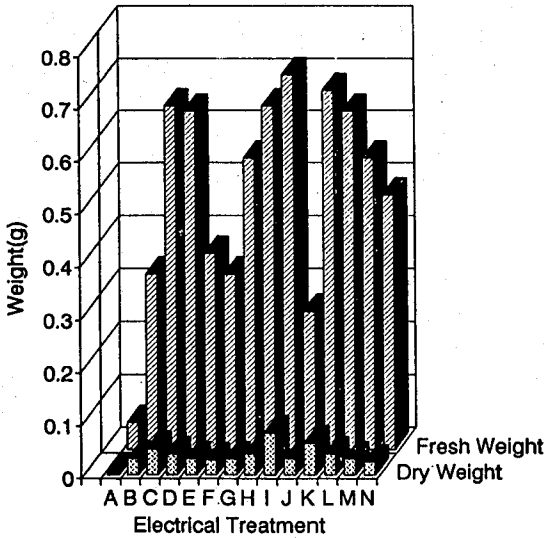


Fig. 4. Root weight of *Taxus cuspidata* cuttings by different electrical treatments.

다. 삼수당 발근된 뿌리에서 30mV-30min의 生重量과 乾重量은 평균 0.71g, 0.08g으로 전기무처리구 평균 0.33g, 0.03g, 대조구는 평균 0.05g, 0.003g에 비하여 월등한 효과가 있었다.

Snyder²⁰⁾는 근기가 형성될 때 까지의 기간은 수중에 따라 다소의 기간을 요한다고 하였으나 주목의 경우 전기처리의 정도에 따라 전기무처리구보다 근기 형성 시기와 뿌리의 발근생장이 촉진되었음을 알 수 있었다.

2. 發根 組織

插穗의 발근 위치를 形態的으로 조사한 결과 대조구는 대체적으로 插穗의 下端切斷部 癒合組織 상에 발생하였고, 전기무처리구에 의한 발근 위치는 下端切斷部에서 발생한 반면 전기무처리구에는 발생 위치가 침적 부위의 전면에 多發的으로 불규칙하게 발생하였다(Photo 1).

삼목을 실시한 3개월후 각 처리구별로 채취된 삼수의 발근 부위를 檢鏡한 결과 下端 切斷部內 形成層은 그 활동이 위치에 따라 細胞分裂이 활발하거나 分裂機能이 미약한 경우 등 불규칙적으로 나타났다. 각 처리구 중 發根效果가 비교적 큰 30mV-30min의 解剖學的 插穗의 發根 特性은

形成層 部位에서 癒合組織이 형성되어 根基가 확장되 어지는 경우(A, B), 부정근이 수선조직을 통하여 발달된 경우(C), 방사조직에 관련된 엽적에서 발달된 경우(D) 등으로 나타났다(Photo 2).

임³⁰⁾은 幼組織의 根基는 維管束系의 외측 가까운 곳에 위치하나 줄기가 오래된 것이면 근기는 維管束系 內部에 발달하거나 形成層 가까운 곳에서 발달하며 根基는 대개 어린 제 2기 篩部細胞에서 나오지만 유조직, 수선조직 등에서도 根基가 발달할 수 있다고 했다.

Satoo²²⁾는 주목에 있어서는 주로 插穗下端에 형성된 캘러스 細胞組織과 插穗의 莖部에서 발근하는 두가지 경우가 있는데 후자는 放射組織이 形成層과 접촉하는 부분에 細胞群落을 만들고 이것이 측근조직으로 분화하여 皮부를 뚫고 외부로 연장되는 것으로 설명하였으나 본 실험결과는 插穗에 있어서 전기처리구는 莖部에서 발근하는 경우였고, 대조구는 插穗下端에서 발근하는 경우로 나타나 옥신 및 전기처리가 삼수발근에 관여하고 있음을 확인할 수 있었으며 특히 電氣處理는 옥신의 轉流에 크게 영향을 주고 있는 바 이에 대한 生理的 機作은 추후 연구가 필요하다.

3. HPLC에 의한 生長物質 分析

供試材料에 축적된 옥신의 含量差를 조사하기 위하여 표준물질과 대조구를 HPLC로 분석한 결과는 Fig. 5 와 같았다.

IBA 50ppm을 標準物質로서 분석한 결과 시간 22.41분에서 peak를 이루었고, 그 적분치는 202.2014이었다(A). 대조구에의 酸分劃區(B)와 中性分劃區(C)로 분리된 추출액을 HPLC로 분석한 결과 酸分劃區는 IBA와 유사한 22.46분에 peak가 나타났고, 中性分劃區는 IBA와 유사한 peak가 나타나지 않아 酸分劃區에서만 IBA와 유사한 물질이 있을 것으로 추정하였다.

또한 酸分劃區에서의 IBA 유사물질을 확인하기 위하여 標準物質인 50ppm의 IBA와 대조구의 酸分劃區에서 추출된 추출액을 1:4, 1:6, 1:10, 1:22로 혼합하여 분석한 결과는 Fig. 6 과 같았다.

標準物質인 IBA의 비율이 낮아지면서 peak가

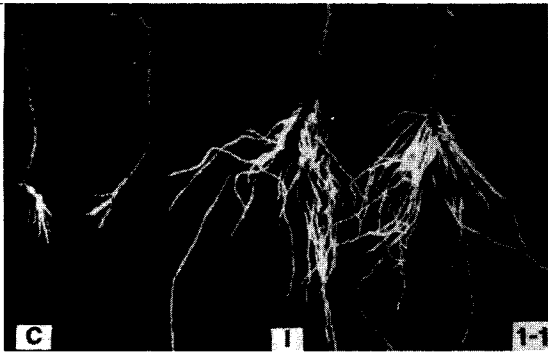


Photo. 1-1. C : Control I : 30mV-30min



Photo. 1-2. C : Control I : 30mV-30min
J : Reverse 30mV-20min
B : IBA treatment only

Rooting form of that compared control with various electrical treatment



Photo. 2-1. Root primordium developed between phloem ray and pith region extraction. (x40)

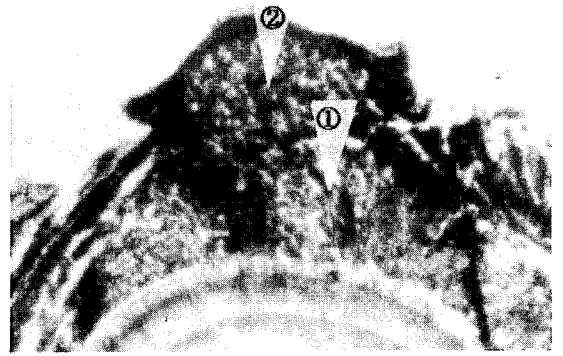


Photo. 2-2. Development of root primordium and connection of phloem ray to adventitious root. (x50)

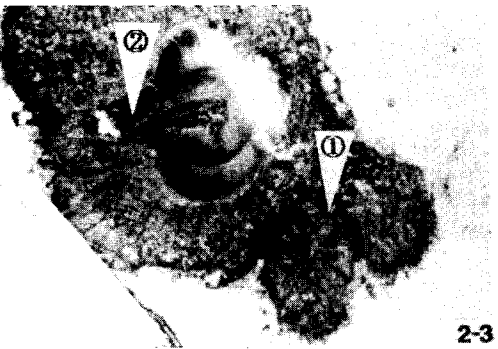


Photo. 2-3. Root primordia initials becoming connected at the apex. (x40)



Photo. 2-4. Cross section showing that extraction of the cambium has produced files of cells to the outside. (x50)

① : leaf trace ② : root primordia

The initiation and development of root primordia in cuttings of *taxus cuspidata*

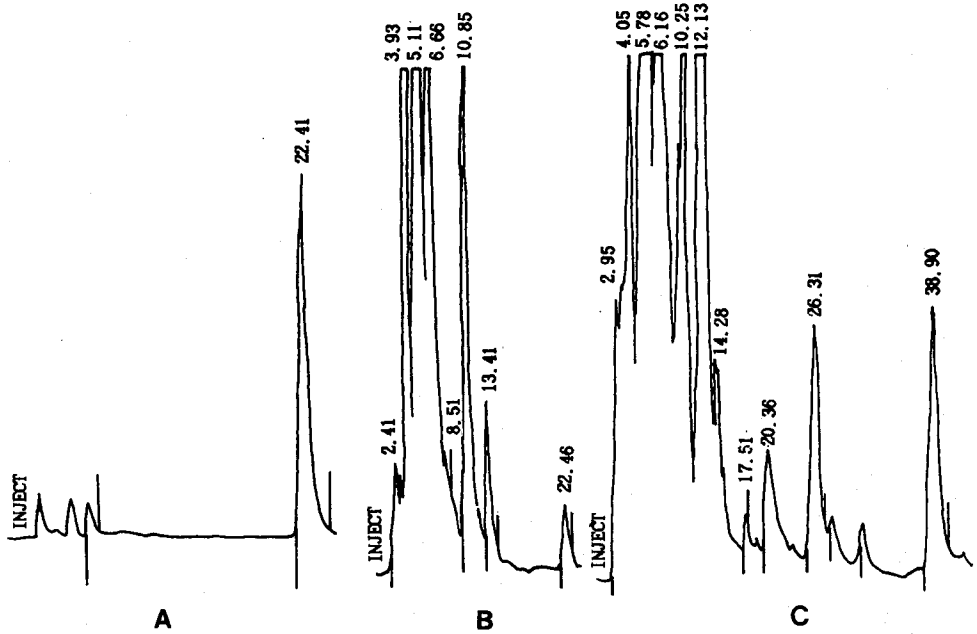


Fig. 5. Liquid chromatograph to the standard of 50ppm IBA, acid and neutral fraction of control.

A : The standard of 50ppm IBA B : Acid fraction C : Neutral fraction

줄어드는 경향(A)으로 나타나 대조구의 酸分劃區에 IBA와 유사한 發根促進物質이 함유되어 있었으며 각 처리구의 酸分劃區의 peak중에서 전기무처리구(B), 발근효과가 컸던 30mV-30min(C) 그리고 역 전기처리구 30mV-20min(D)로 나타났다.

供試材料의 挿穗基部에 축적된 IBA 含量을 分析한 결과는 Table 1 과 같았다.

電氣處理를 하였을때 IBA 추출량은 30mV, 40mV, 20mV 順이었고 전기처리구가 전기무처리구나 대조구보다 높았으며 전기무처리구는 대조구보다 높았다. 전기처리구중 20mV와 40mV의 옥신추출량은 30분, 20분, 10분 順으로 증가하였으나 20mV-10min처리의 경우에는 40mV보다 거의 4배에 가까운 현저한 차이를 보였는데 이는 電氣處理時 挿穗內 옥신의 生成과 電氣的 機作的 關係로 인한 것으로 생각되며 30mV의 전기처리에서는 20mV, 40mV와는 반대로 10분, 20분, 30분 順으로 옥신함량이 증가함을 보였는데 20mV, 40mV의 전기처리구보다 현저한 차이를 보였다.

한편 逆 電氣處理를 실시하였을때 옥신 抽出量은 30mV-20min, 20mV-20min, 40mV-20min 順으로 나타났으나 각 전압별 처리에 있어 옥신 含量은 대부분 유사하였다.

이와 같이 生長調節物質인 IBA를 용매로하여 電氣處理를 실시했을 경우 挿穗基部의 옥신축적의 변화를 알아보기 위한 액체크로마토그래피 분석에서 옥신 함량은 30mV, 40mV, 20mV 順이었는데 전체 시험구 중 30mV-30min처리에서 24.76 peak로 많은 옥신蓄積量을 보였으며 이는 發根效果와 일치하는 것으로 나타났다. 이를 전압과 시간별로 분산 분석한 결과 F 값이 1.16, 1.56으로 나타나 공히 5% 수준에서 처리간에 有意性이 있었다.

액체크로마토그래피분석에서 電氣處理後 挿穗의 發根效果와 옥신 含量關係는 공히 대조구와 전기무처리구보다 효과가 있었는데 이는 發根促進物質이 葉이나 芽에서 形成되어 向基的으로 轉流하는데 있어 조직내 電氣的 衝擊이 삼수의 발근에 유리하게 작용한 것으로 생각된다.

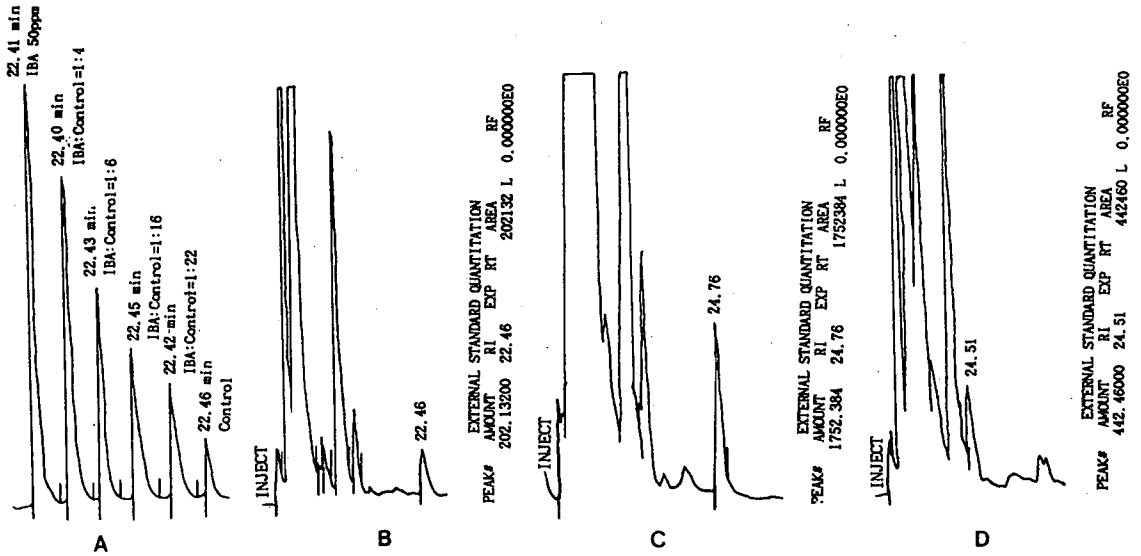


Fig. 6. Liquid chromatograph of the ratio of IBA to control and various electrical treatment.

A: The of IBA to control B: None-electrical treat. C: 30mV-30min D: Reverse 30mv-20min.

Table 1. The surface interal of extracts of each treatment in 200ppm IBA

Electrical voltage(mV)	Exposure Time		Retention of extract	The surface interal
	Normal (min.)	Time (min.)		
20	10		25.71	1133164
			22.43	475272
	30		22.40	372119
		20	22.11	357376
30	10		24.40	390882
			25.58	848530
	30		24.76	1752384
		20	24.51	442460
40	10		22.10	726926
			25.48	207210
	30		24.18	204372
		20	22.25	243726
IBA			22.46	202132
Control			22.46	57375

IV. 摘 要

주목 2年生枝 挿穗를 IBA 200ppm에 12시간 침적한 후 挿穗의 基部에 陽電極, 頂部에 陰電極을 처리한 電氣處理와 挿穗의 基部에 陰電極, 頂部에 陽電極을 처리한 역 전기처리를 실시하여 發根效果 및 액체크로마토그래피에 의한 옥신의 含量을 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 주목 삽수는 전기처리에 의하여 發根 促進效果가 있었으며, 역 전기처리는 전기 처리에 비해 발근 효과가 低調하였으나 두 처리구는 공히 대조구보다 뚜렷한 促進效果가 있었다.

2. 전기처리에 의한 發根效果는 특히 30mV로 30분간 처리했을 경우 發根率, 發根長, 生重量 및 乾重量 등에 현저한 효과가 있었다.

3. 挿穗의 根基는 대조구에서 下端 切斷部 放射組織狀의 癒合組織에서 주로 발생하였으나 전기처리구에서는 下端 침적 부위의 전면에 불규칙하게 발생하는 경우로 나타났다.

4. 액체크로마토그래피(HPLC)에 의한 옥신 含量은 대조구에 비하여 전기처리구가 현저히 높았으며 30mV-30min 전기처리구에서 옥신의 蓄積 效果가 크게 作用하였다.

引用 文 獻

- Brauner, L. and E. Bunning(1930) "Geoelectrischer effekt und elektrotropism-us", *Ber. Deut. Bot. Ges.*, 48: 470-476.
- Cameron, R. J. and G. V. Thomson(1969) "The vegetative propagation of *Pinus radiata* root initiation in cuttings", *Bot. Gaz.*, 130(4):242-251.
- Cameron, R. J.(1970) "Translocation of carbon 14-labelled assimilates in shoots of *Pinus radiata*: the effects of girdling and indole butyric acid", *J. Exp. Bot.*, 21:943-950.
- Dixon, A., R. G. Thompson, and D. S. Fenson(1978) "Electrical resistance measurements of water potential in avocado and white spruce", *Can. J. For.*, 8:73-80.
- Fowells, H. A.(1975) "Silvics of forest trees of the United States", *USDA Agriculture Handbook*, 271:161-166.
- Goldsmith, M. H.(1966) "Movement of indoleacetic acid in coleoptiles of *Avena sativa* L. Suspension of polarity by total inhibition of the basipetal transport", *Plant Physiol.*, 41:15
- Haissig, B. E.(1970) "Performed adventitious root initiation in brittle willows grown in a controlled environment", *Canad. J. Bot.*, 48:2309-2312.
- Higinbotham, M.(1973) "Electropotentials of plant cells. Annu. Rev.", *Plant Physiol.*, 24:25-16.
- Hong, S. O.(1972) "Rootings of cuttings in *Alnus hirsuta*", *Res. Rep. Inst. For. Gen., Korea*, 9:71-75.
- Jacob, W. P.(1979) *Plant hormones and plant development*, Cambridge Univ. Press, N. Y. 337pp.
- Kormanik, P. P. and C. L. Brown(1974) "Vegetation propagation of some selected hardwood forest species in the Southeastern United States", *N. Z. J. For. Sci.*, 4: 228-234.
- Libby, W. J. and M. T. Conkle(1966) "Effect of auxin treatment, tree age, tree vigor, and cold storage on rooting of young montergy pine", *For. Sci.*, 12:484-502.
- Marre, E., P. A. Lado, A. Ferroni, and A. B. Dentia (1974) "Transmembrane potential increase induced by auxin, benzyladenine and fusicoccin. Correlation with proton extrusion and cell enlargement", *Plant Soc., Lett.*, 2:257-265.
- Morris, D. A., R. E. Bliant, and P. G. Thomson(1969) "The transport and metabolism of 14C-labelled indole acetic acid in intact pea seedlings", *Planta*, 89:117-197.
- Ogasawara, R.(1961) "Studies on auxins and inhibitors in *Pinus thunbergii*", *Jour. Jap. For. Soc.*, 43:51-54.
- Pharis, R. P. and C. G. Kuo(1977) "Physiology of gibberellins in conifers", *Can. J. For. Res.*, 7:299-325.
- Pilet, P. Z.(1973) *Plant growth regulation*, Academic

- Press. 91-112pp.
18. Radin, J. W. and R. S. Loomis(1974) "Polar transport of kinetin in tissues of radish", *Plant Physiol*, 53:348-351.
 19. Robert E. C. and L. R. David(1975) "Hydrogen ion entry as a controlling factor in the acid-growth response of green pea stem sectors", *Plant Physiol*, 55: 547-549.
 20. Roberts, L. W.(1968) "The initiation of xylem differentiation", *Bot. Revu*, 35:210-250.
 21. Sass, J. E.(1958) *Botanical microtechnique*, Iowa State Univ. Press. 12-88pp.
 22. Satoo, S.(1952) "Origin and development of adventitious roots in seedlings cuttings of conifers(1)", *Bull. Tokyo Univ. Forests*, 43:59-81.
 23. Spethmann, W.(1982) "Cutting propagation of deciduous trees experiment with maple, ash, oak, beech, cherry, lime tree and birch", *Allg. Forest*, 153(1-2):13-24.
 24. Snyder, W. E.(1955) "Effects of photoperiod on cuttings of *Taxus cuspidata* while in the propagation bench and during the first growing season", *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 66:397-401.
 25. Teclaw, R. M. and J. G. Isebrands(1987) "Stage of shoot development and concentration of applied hormones affect rooting of northern red oak softwood cuttings", *Proc. 19th South For Tree Improv. Conf.*, College, Texas, 101-108.
 26. Wells, J. S.(1956) "Problems in the rooting of *Taxus*", *Amer. Nursery*, 104(7):15-16.
 27. Went, F. W.(1926) "On growth-accelerating substance in the coleoptile of *Avena sativa*", *Proc. Com. Akad. Wetensch Amsterdam*, 35:723pp.
 28. 고대식, 서병수, 이 창현(1987) "전기 처리에 의한 무궁화의 발근 효과 및 삼수 내 Auxin 함량의 변화", 「전북대 농대 논문집」, 18:90-99.
 29. 고대식, 정진철, 서병수, 박금애(1983) "전기처리가 녹두의 삼목 발근에 미치는 영향", 「전북대학교 농대 논문집」, 14:64-67.
 30. 김창호, 남정철(1985) "몇 발근 인자가 주목 삼수 발근에 미치는 효과", 「한국임학회지」, 70:1-6.
 31. 오광인, 이정석, 박화식(1986) "Flowering dogwood의 삼목에 관한 연구- 삼목 시기, 모수연령, 소지의 절 위치, 삼수침지시기별", 「전남대연습림연구보고서」, 9: 65-74pp.
 32. 이창복(1989) 「대한식물도감」, 향문사. 57-58pp.
 33. 임경빈(1965) 「유용식물번식학」, 대한교과서 주식회사. 201-374pp.