

## 육묘포트 깊이가 담배의 뿌리발달 및 분포에 미치는 영향

이상각\*, 심상인, 강병화, 이학수<sup>1)</sup>, 석영선<sup>1)</sup>  
고려대학교 자연자원대학, <sup>1)</sup>충북대학교 농과대학  
(1997년 1월 18일 접수)

### Effect of Pot Depth on Root Development and Distribution during Seedling Growing Period in Tobacco.

Sang-Gak Lee\*, Sang-In Shim, Byeung-Hoa Kang, Hak-Soo Lee<sup>1)</sup> and Yeong-Seon Seok<sup>1)</sup>  
College of Natural Resources, Korea University, <sup>1)</sup>College of Agriculture, Chungbuk National University  
(Received Jan. 18, 1997)

**ABSTRACT** : The study was carried out to clarify reasonable production of healthy seedling, optimal pot depth, and appropriate transplanting time, which can be deduced from understanding of seedling quality. Seedling quality results from growth of root and shoot, morphology and distribution of root system under influence of pot depth during seedling growing period. Stem height, shoot dry weight, leaf area and leaf number were increased in proportion to depth of pots. Growth of shoot and root during seedling growing period showed the most dramatic development between 20th and 25th day after temporary planting. Root number increased as pot depth decrease and total root length and dry weight increased as pot depth increase. In 5cm pot, relative multiplication rate was higher and mean extension rate was lower than other depth of pot. The limitation of pot volume in which rhizosphere was located enhance the development of roots of second and third order. At 20th days after temporary planting root distribution was relatively uniform in length and development of adventitious root on stem base was poor as pot depth decreased.

**Key words** : Pot depth, Root development, Root morphology, Seedling stage, *Nicotiana tabacum*.

식물의 영양기관은 뿌리, 줄기, 잎으로 대별되지만 뿌리는 주로 지하에 존재하여 지상부의 기계적인 지지와 토양으로 양·수분을 흡수하고 제기관으로 공급하는 역할을 담당한다(Carson, 1974 ; Waisel and Eshel, 1991). 뿌리의 발달은 유전적 형질로서 종에 따라 다르지만 환경요인에 따라서도 변화(Aeschbacher, 1994 ; Schiefelbein and Benfey, 1991)하고, 장축 방향으로 신장이 이루어지는 정양의 굴지성(positive geotropism)을 보여, 토양 경도나 토양 수분 등에 크게 영향을 받아 지상부의 성장과 발육에 큰 영향을 미친다(Carson, 1974 ; Collins and Hawks,

1993 ; Waisel and Eshel, 1991). 그러므로 성장 단계에서 뿌리의 분포는 작물 생산의 과학적인 이해를 증진시키는데 주요한 요인이 된다.

담배는 주근형의 근계를 구성하고 부정근이 많은 식물로서 부정근의 발달은 줄기 기부의 모든 각도에서 발생된다. 뿌리는 토층이 비교적 좁은 범위인 지표 아래 12~23cm 범위에 80~90%가 분포하지만 재배 환경에 따른 변이의 폭이 커 종합적인 연구가 필요한 실정이다(Deanna and Raper, Jr., 1982 ; Gier, 1940). 특히 가식 육묘법이 일반화되어 있는 묘상 재배는 본포 이식 후 활착 및 초기 생육

\* 연락처자 : 136-701, 서울시 성북구 안암동 5-1, 고려대학교 자연자원대학 식량자원학과

\* Corresponding Author : Dept. of Agronomy, Korea Univ., 1, 5-Ka Anam-Dong, Sungbuk-Ku, Seoul 136-701, Korea.

에 크게 영향(May et al., 1967)을 끼치지만 묘소질에 있어서 뿌리에 대한 체계적인 연구가 수행되지않아, 육묘기간동안 포트깊이와 뿌리의 발달 및 분포간의 관계는 양묘 생산 체계 확립을 위해 중요한 요인으로 작용할것으로 생각된다.

본 실험은 육묘기간의 포트 깊이가 뿌리 및 지상부의 성장, 뿌리의 발달과 형태 그리고 분포에 미치는 영향을 확인하고, 이에 따른 정식묘의 소질변화를 파악하여 우량묘 생산의 과학적인 체계 확립, 합리적인 포트 깊이 및 분포 이식 적기를 알아보기 위하여 실시하였다.

### 재료 및 방법

본 실험은 미국 조지아대학교 부속온실에서 1995년 4월25일부터 7월3일까지 NC95, Va509를 공시하여 실시하였다. 발아 후 잎이 4매(자엽포함)가 되는 균일한 묘를 가로와 세로가 각각 4.8cm, 깊이 30cm, 15cm, 5cm 사각포트에 완속퇴비, 원야토, 모래를 6 : 3 : 1로 배합한 상토를 채운 후 가식하여 완전입의 배치법 3반복으로 실시하였다. 가식 후 묘는 주간 26℃ 야간 20℃인 온실에서 1일 2회 자동 관수하여 생육시켰다. 시비는 복합비료(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O =10:10:20)를 질소 성분량 기준으로 포트당 40mg이 되도록 전량 기비하였다.

생육조사는 가식 후 10일부터 5일 간격으로 4회, 반복간 10주씩 선발하여 조사하였다. 지상부는 간장, 엽면적, 엽수(자엽제외), 건물중을, 지하부는 뿌리수, 전체뿌리길이, order(순위)별 뿌리수, 토양 깊이별 뿌리 분포, 건물중을 조사하였다. 근계의 분석은 Böhn

(1979)과 Fitter(1982)가 기술한 형태적 뿌리 분류체계를 따랐으며, 뿌리의 순위(order)는 식물기부의 수직 방향으로 신장하여 경축으로부터 형성된 뿌리를 1차 순위근, 1차 순위근으로부터 형성된 것을 2차 순위근, 2차 순위근으로부터 형성된 것을 3차 순위근 등으로 보고 조사하였다. 뿌리의 전체길이는 methyl violet 용액으로 염색하여 leaf & root analysis system(Agvision, Decagon, US)으로 엽면적은 leaf area meter(Li-cor 3100, Licor, US)를 사용하여 측정하였다. 뿌리의 생성 속도는 상대증식율(relative multiplication rate ; R.M.R.)로, 뿌리의 생장은 R.M.R.을 이용하여 평균신장율(mean extension rate ; M.E.R.)로 아래식을 이용하여 구하였다.

$$R.M.R. = \frac{\log_2 n_2 - \log_2 n_1}{t_2 - t_1}$$

$$M.E.R. = \frac{l_2 - l_1}{n_2 - n_1} \times R.M.R.$$

여기서  $l_1, l_2$  및  $n_1, n_2$ 는  $t_1$ 시기와  $t_2$ 시기의 뿌리길이와 뿌리수를 나타낸다.

### 결과 및 고찰

**지상부 성장.** 포트 깊이에 따른 지상부의 생육상태는 Table 1과 같다. 지상부의 생장은 NC95가 Va509보다 컸고 포트 깊이에 따라 묘상 초기까지는 차이가 작았지만 묘상 중기부터 포트 깊이가 클수록 생

Table 1. Effect of pot depth on stem height, leaf number, leaf area and dry weight of tobacco seedling during seedling growing period.

Variety	Pot depth (cm)	Stem height(cm)				Leaf number				Leaf area(cm <sup>2</sup> )				DW of shoot(mg/plant)			
		10	15	20	25	10	15	20	25	10	15	20	25	10	15	20	25
NC 95	30	0.5 <sup>a</sup>	0.6 <sup>a</sup>	1.7 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	7.4 <sup>a</sup>	8.8 <sup>a</sup>	7.2 <sup>a</sup>	36.6 <sup>a</sup>	117.6 <sup>a</sup>	259.4 <sup>a</sup>	13.1 <sup>a</sup>	63.4 <sup>a</sup>	285.6 <sup>a</sup>	624.2 <sup>a</sup>
	15	0.4 <sup>b</sup>	0.5 <sup>b</sup>	1.3 <sup>b</sup>	3.6 <sup>b</sup>	4.0 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	7.2 <sup>a</sup>	8.8 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>	25.4 <sup>b</sup>	88.0 <sup>b</sup>	240.8 <sup>a</sup>	9.4 <sup>b</sup>	55.5 <sup>b</sup>	186.7 <sup>b</sup>	548.4 <sup>a</sup>
	5	0.4 <sup>b</sup>	0.5 <sup>ab</sup>	1.0 <sup>b</sup>	2.8 <sup>b</sup>	4.0 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	7.0 <sup>a</sup>	8.2 <sup>a</sup>	7.0 <sup>a</sup>	28.4 <sup>b</sup>	72.0 <sup>c</sup>	125.0 <sup>b</sup>	11.0 <sup>b</sup>	49.8 <sup>b</sup>	146.1 <sup>c</sup>	378.6 <sup>b</sup>
Va 509	30	0.5 <sup>a</sup>	0.8 <sup>a</sup>	2.1 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	7.0 <sup>a</sup>	8.4 <sup>a</sup>	9.4 <sup>a</sup>	35.8 <sup>a</sup>	100.0 <sup>a</sup>	249.8 <sup>a</sup>	10.7 <sup>a</sup>	68.4 <sup>a</sup>	194.2 <sup>a</sup>	488.1 <sup>a</sup>
	15	0.4 <sup>a</sup>	0.8 <sup>a</sup>	1.7 <sup>b</sup>	3.5 <sup>ab</sup>	4.0 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	6.8 <sup>a</sup>	8.2 <sup>a</sup>	9.0 <sup>a</sup>	32.8 <sup>a</sup>	86.8 <sup>a</sup>	220.8 <sup>a</sup>	12.5 <sup>a</sup>	55.1 <sup>a</sup>	156.0 <sup>b</sup>	426.7 <sup>b</sup>
	5	0.5 <sup>a</sup>	0.7 <sup>a</sup>	1.6 <sup>b</sup>	2.6 <sup>b</sup>	3.8 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	7.0 <sup>a</sup>	8.0 <sup>a</sup>	8.6 <sup>a</sup>	33.0 <sup>a</sup>	84.0 <sup>b</sup>	157.6 <sup>b</sup>	12.6 <sup>a</sup>	53.4 <sup>a</sup>	140.8 <sup>b</sup>	318.3 <sup>b</sup>

\* : Days after temporary planting.

\*\* : Within a column in a variety, means followed by same letters are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

장이 좋았다. 엽발달은 처리간의 차이는 없었지만 포트 깊이가 작을수록 적어, 지하부의 용적 제한에 따른 스트레스가 지상부에도 영향을 주는 것으로 나타났다. 특히 가식 15일까지 간장, 엽면적, 건물중은 30cm, 15cm, 5cm 포트에서 생장 차이는 크지 않았으나, 가식 20일부터 5cm 포트에서 작아져 처리간 차이를 보였다. 묘상 기간의 생장 단계에서 처리간 생장량 증가는 같은 경향이었으나, 가식 20일에서 25일 사이에 생장량이 급격히 증가하였다. 결국 지상부의 생장량은 지하부생장과 상관이 있으며, 생장 용적 제한에 따른 상토량의 감소는 인위적인 생장 용적 스트레스로 뿌리의 발달을 억제시켰고, 이에 따라 지상부의 생장도 저하되었다. 따라서 간장 생장의 둔화는 엽발달의 지연을 유발하고, 엽수의 감소에 따른 제한된 용적의 식물체당 흡수되는 양·수분량의 차이가 엽면적을 감소시키고, 광합성 면적의 감소는 지상부 생장 감소의 직접적인 원인이 된 것으로 생각된다.

**지하부생장.** 포트 깊이에 따른 지하부 생장은 Table 2와 같다. 뿌리수, 전체 뿌리 길이 및 건물중은 NC95가 Va509보다 컸고, 뿌리수는 포트 깊이가 작을수록 많았고, 뿌리의 전체 길이 및 건물중은 포트 깊이가 클수록 컸다. 지하부의 생장도 지상부와 같은 경향으로 가식 20일까지는 포트 깊이에 따른 차이가 작았으나 가식 25일에는 포트가 클수록 생장량이 컸다. 묘상 기간을 가식 10일에서 15일, 15일에서 20일, 20일에서 25일사이로 초기, 중기, 말기로 분리하였을 때 뿌리 수는 각각 8.6개, 10.4개, 24.2개 발달하였고, 뿌리 생장은 131cm, 88cm, 507cm가 이루어졌다. 지하부의 건물중은 Va509는 처리간 30cm,

15cm 포트에서 차이가 없었으나, NC95의 경우 5cm 포트에서 가장 작았다. 본 연구를 통해서 지하부의 생장은 가식 후 뿌리 발달이 가장 왕성한 시기인 20일에서 25일 사이에 포트 깊이별 생장량의 양적인 차이는 다소 있었으나 발달 정도는 비교적 일정하였다. 뿌리 발달 과정에서 뿌리수는 인위적인 환경 제한 보다도 식물 고유의 생육 단계에 따라 결정되지만 환경 요인에 의해 크게 지배되는 것으로 생각된다. 묘상 기간별 뿌리 길이 발달 결과에 의하면 뿌리의 생장은 가식에 따른 활착 기간이 끝난 후 지하부의 생장이 먼저 이루어지고 지상부의 생장을 위한 충분한 공간이 확보되면 흡수된 양·수분의 대부분을 지상부 생육을 위해 수송하고 지상부의 생장과 더불어 광합성 산물을 지하부의 생장에 이용하는 것으로 사료된다. 물론 포트 깊이에 따른 뿌리 발달의 용적 제한은 뿌리 생장의 스트레스 기간에 따라 다르며, 5cm 포트에서 뿌리수가 많은 것은 포트의 깊이가 작아 직근의 선단이 포트의 바닥에 빨리 도달하나 더 이상의 직근 발달이 기계적인 저항을 받므로 필요한 양·수분의 흡수를 위해 측근 및 부근의 발달이 유도되기 때문인 것으로 사료된다. 뿌리 전체 길이가 이 5cm 포트에서 적은 것은 포트 크기가 작아짐에 따라 주근 의존형의 근계에 대한 변화가 일어나 길이가 작아진 것으로 사료된다.

**뿌리의 발달, 형태 및 분포.** 뿌리의 발달, 형태 및 분포를 파악하기 위해 묘상 기간의 포트 깊이에 따라 상대증식율, 평균신장율, 뿌리 순위 및 토양 깊이별 뿌리 분포를 조사하였다. 뿌리의 생장속도는 Figure 1에 상대증식율로 나타냈으며 이는 한개의 뿌리에서 새로운 뿌리가 생성하는 속도로 30cm 포

Table 2. Effect of pot depth on root number, total root length and dry weight of tobacco seedling during seedling growing period.

Variety	Pot depth (cm)	Root number				Total root length(cm)				D.W of root(mg/plant)			
		10	15	20	25*	10	15	20	25	10	15	20	25
NC 95	30	13.8 <sup>a</sup>	26.4 <sup>a</sup>	29.6b	52.8 <sup>bc</sup>	30.0 <sup>a</sup>	156.4 <sup>a</sup>	317.2 <sup>a</sup>	997.6 <sup>a</sup>	1.2 <sup>ab</sup>	9.1 <sup>a</sup>	30.3 <sup>a</sup>	90.5 <sup>a</sup>
	15	11.8 <sup>a</sup>	16.4 <sup>c</sup>	34.2a	51.6 <sup>a</sup>	31.0 <sup>a</sup>	165.4 <sup>a</sup>	293.0 <sup>ab</sup>	901.8 <sup>a</sup>	1.0 <sup>b</sup>	6.9 <sup>b</sup>	21.5 <sup>b</sup>	78.9 <sup>a</sup>
	5	11.6 <sup>b</sup>	20.4 <sup>b</sup>	26.4b	53.8 <sup>a</sup>	25.8 <sup>a</sup>	157.4 <sup>a</sup>	231.8 <sup>b</sup>	602.4 <sup>b</sup>	1.4 <sup>a</sup>	7.3 <sup>ab</sup>	16.3 <sup>c</sup>	59.5 <sup>b</sup>
Va 509	30	13.4 <sup>a</sup>	20.6 <sup>a</sup>	33.2 <sup>a</sup>	51.4 <sup>b</sup>	37.2 <sup>a</sup>	164.2 <sup>a</sup>	215.6 <sup>a</sup>	706.2 <sup>a</sup>	1.6 <sup>a</sup>	7.6 <sup>a</sup>	17.7 <sup>a</sup>	60.7 <sup>a</sup>
	15	11.8 <sup>a</sup>	21.4 <sup>a</sup>	34.4 <sup>a</sup>	63.8 <sup>a</sup>	37.2 <sup>a</sup>	177.0 <sup>a</sup>	216.6 <sup>a</sup>	744.6 <sup>a</sup>	1.5 <sup>a</sup>	8.4 <sup>a</sup>	15.4 <sup>b</sup>	55.9 <sup>a</sup>
	5	12.4 <sup>a</sup>	21.4 <sup>a</sup>	31.4 <sup>a</sup>	61.0 <sup>a</sup>	35.2 <sup>a</sup>	164.4 <sup>a</sup>	239.4 <sup>a</sup>	605.2 <sup>a</sup>	1.7 <sup>a</sup>	7.8 <sup>a</sup>	14.7 <sup>b</sup>	52.6 <sup>a</sup>

\* : Days after temporary planting.

\*\* : Within a column in a variety, means followed by same letters are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

트에서 Va509가 컸고, 15cm, 5cm 포트에서는 차이가 없었다. 포트 깊이에 따라서는 5cm 포트에서 가장 커 새로운 뿌리가 많이 생성되었다. 특히 30cm, 15cm 포트는 5cm 포트에 비해 뿌리수와 뿌리 생성 속도는 작더라도 뿌리의 굵기가 굵고 주근발달이 잘 이루어졌는데, 이는 지상부 성장량 증가에 따라 지하부의 지지력 향상을 증가시키기 위한 형태적 분화로 생각되며, 포트깊이가 작을수록 뿌리 굵기는 가늘지만 뿌리수가 많은것은 성장 용적 제한에 따른 양·수분의 흡수 면적을 증가하기 위한 적응의 형태

적 과정으로 사료된다. 뿌리의 평균신장율은 Figure 1과 같이 일정 기간에 성장하는 뿌리의 신장 속도를 나타낸 값으로써 NC95가 Va509보다 컸으며, 또한 15cm 포트에서 크고 5cm 포트에서 작은 경향이였다. 포트 깊이에 따라서는 NC95나 Va509 공히 신장율은 일정하였는데, 이것은 이 등(1996)이 밝힌 묘상기 뿌리의 일일 신장 속도(1.8~2.1cm/root tip/day)와 유사한 수치를 보였다.

포트깊이에 따라 뿌리 형태를 파악하기 위해 각 순위별 뿌리수의 결과는 Figure 2에 나타나 있다. 각 순위 뿌리의 생성시기는 두 품종간에 다소의 차이가 있었으나, 포트 깊이별 묘상기 뿌리의 발달은 양적

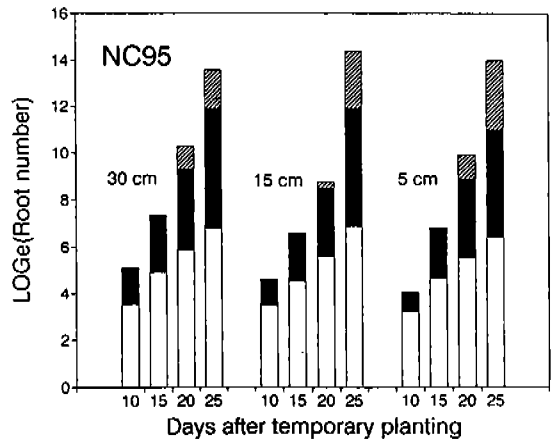
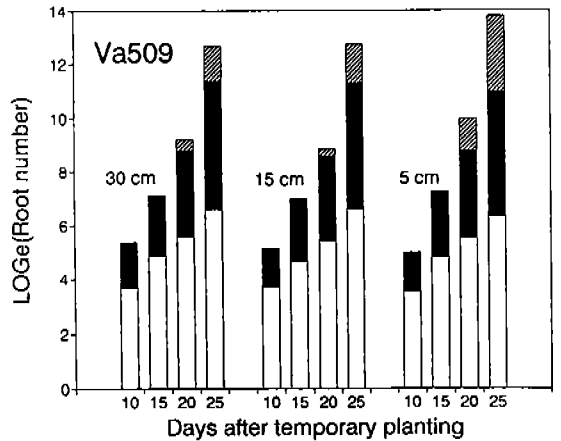
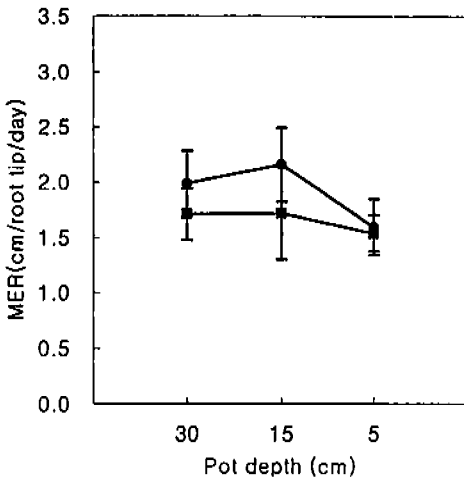
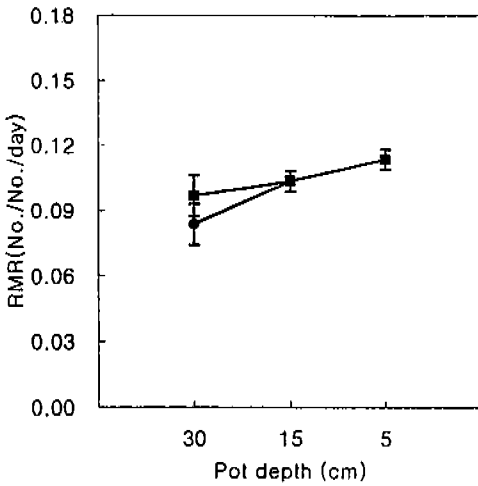


Fig. 1. Effects of pot death on relative multiplication rate(RMR) and mean extension rate of root(MER) for 15 days from 10th to 25th day after temporary transplanting.

Fig. 2. Logarithms of root number of first order root(□), second order(■), and third order (▨) as a function of duration of temporary transplanting.

인 차이는 있었어도 형성 시기는 거의 비슷하여 뿌리의 질적 형질인 형태와 구조는 환경 제한에 따른 차이가 적었다. 즉 양적인 뿌리의 길이나 건물중은 환경 및 재배 조건에 영향을 받지만 질적인 근계의 형태는 환경의 영향이 적은 유전적인 형질로 보여졌

다. 묘상기 동안 1차 순위근과 2차 순위근은 거의 비슷한 시기에 발달하나 3차 순위근은 가식 후 20일 경에 생성이 시작되어 발달하였다. 특히 각 순위근의 생성은 묘상 기간을 통해 큰 차이는 없으며, 5cm 포트에서 2차 순위근과 3차 순위근의 발달이 많아서, 포트의 성장 용적 스트레스는 새로운 분지를 유도하였다. 즉 1차 순위근과 2차 순위근은 환경의 영향에 둔감한 뿌리이고 3차 순위근은 근권의 공간과 수분의 제한과 같은 환경의 영향에 민감한 뿌리로 나타났다.

가식 후 20일째 묘의 토양 깊이별 뿌리 분포는 Figure 3에 나타나 있다. Va509와 NC95의 뿌리 분포 차이는 유전 형질 차이에 기인한 품종 특성으로 생각되며, 30cm 포트에서는 가식 20일까지 생육 용적 스트레스를 받지 않고 정상적인 뿌리 발달을 이룬 상태로 포트 상부에 뿌리의 대부분이 분포하였고, 15cm 포트에서는 가식 후 20일에 성장 용적 스트레스를 받아 포트 밑바닥까지 뿌리 생장이 이루어졌으며 3차 순위근의 생성증가로 포트 하부에 분포하는 뿌리의 수가 30cm 포트에 비해 많았다. 5cm 포트는 뿌리 선단이 빨리 포트 기부에 도달하여 다른 포트에 비해 3차 순위근의 생성이 일찍 이루어지기 시작하였고, 많은 양의 3차 순위근이 발생하여 하층에 주로 뿌리가 분포하는 구조를 보였다. 포트 크기때 따른 뿌리의 분포 변화는 주로 3차 순위의 발생 시기와 발생량에 따라 크게 좌우되는 것으로 나타났다. 따라서 포트 깊이가 작을수록 뿌리 성장에 따른 스트레스를 받는 시기는 빠르고, 뿌리 굵기는 가는 대신에 3차 순위근의 발달에 따라 뿌리수가 많아지나 지상부의 생육은 불량하므로 이 두가지 요인을 고려한 뿌리 구조 양상과 지상부 성장 관계는 묘상기의 건묘육성을 위한 중요한 요인으로 작용할 것으로 생각된다.

이상의 결과를 종합하면 가식 후 20일 전후가 포장 이식 후 지상부, 지하부 발달이 가장 왕성한 시기로서 정식 후 본포의 초기 활착력과 기상 재해를 고려할 때 가장 적합한 이식 시기로 사료된다. 주근이 잘 발달하여 뿌리의 전체 길이가 길고 지상부의 생육이 좋은 큰 포트보다 3차 순위근의 발달이 좋은 작은 포트일수록 이식시 뿌리의 손상이 적고 뿌리수가 많아 묘 활착에 요구되는 기간이 짧을 것으로 생각된다. 그러나 본포의 여건을 고려할 때 본포의 양·수분 조건이 양호할 경우 활착에 따른 초기생육 향상을 위해 지상부 생육이 좋은 큰 깊이의 포트를 이용하는 것이 바람직하고, 본포의 양·수분 조건이 불량할 때는 본포 이식 후 초기의 활착과 물질 흡수를 촉진시키기 위해 상대적으로 뿌리 발달이 좋

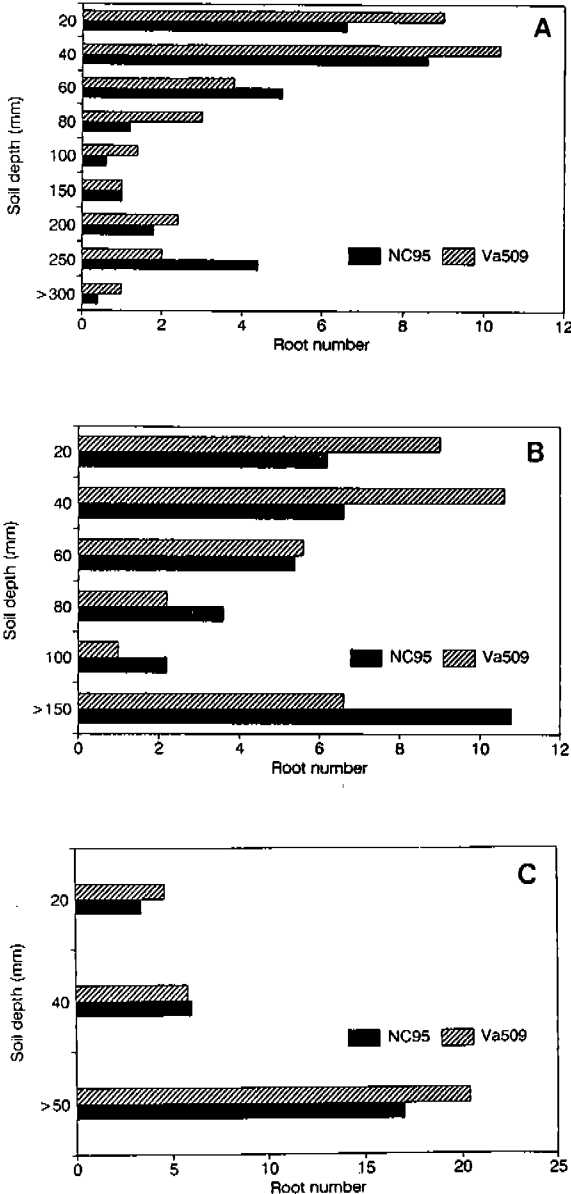


Fig. 3. Distribution of roots in class of soil strata at 20 days after temporary planting. Pot depth : A ; 30cm, B ; 15cm, C ; 5cm.

은 작은 깊이의 포트를 이용하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

## 결 론

육묘 기간 동안의 포트 깊이가 뿌리 및 지상부의 성장, 뿌리의 발달 및 형태 그리고 분포에 미치는 묘의 토질을 파악하여 우량묘 생산의 과학적인 체계 확립, 합리적인 포트 깊이 및 이식 적기를 알아보고 자실시한 실험 결과는 다음과 같다. 포트 깊이가 클수록 간장, 엽면적, 엽수 및 건물중은 컸고, 육묘기간 동안 지상부와 지하부 생장은 가식 20일에서 25일 사이에 가장 왕성하였다. 뿌리수는 포트 깊이가 작을수록 많았고, 전체 뿌리 길이 및 건물중은 클수록 컸다. 5cm 포트에서 상대증식율(R.M.R.)은 컸고, 평균신장율(M.E.R.)은 작았다. 포트 깊이가 작을수록 2차 순위근, 3차 순위근의 발달이 많아서 용적제한은 새로운 분지를 유도하였다. 가식 후 20일에 뿌리 분포는 포트 깊이가 작을수록 뿌리 크기가 일정하였고, 줄기 기부의 뿌리 발달은 불량하였다.

## 참 고 문 헌

1. Aeschbacher, R. A. (1994) The genetic and molecular basis of root development. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 45:25-45.
2. Böhm, W. (1979) Methods of studying root systems. p. 95-137, Springer-Verlag, New York.
3. Carson, E. W. (1974) The plant root and its environment. p. 3-61, University Press of Virginia, Charlottesville.
4. Collins, W. K. and S. N. Hawks, Jr. (1993) Principles of flue cured tobacco production. p. 63-85. N.C. State Univ., North Carolina.
5. Deanna, L. O. and C. D. Raper, Jr. (1982) Root development of field-grown flue-cured tobacco. *Agron. J.* 74:541-546.
6. Fitter, A. H. (1982) Morphometric analysis of root systems : application of the technique and influence of soil fertility on root system development in two herbaceous species. *Plant Cell and Environment* 5:313-322.
7. Gier, L. J. (1940) Root systems of bright belt tobacco. *Amer. J. Bot.* 27:780-787.
8. 이상각, 심상인, 강병화 (1996) 담배육묘시 근권의 공간제한이 근계의 형태와 발달에 미치는 영향. *한국작물학회지* 41:475-481.
9. Lynch, J. (1995) Root architecture and plant productivity. *Plant Physiol.* 109:7-13.
10. May, L. H., F. H. Randles., D. Aspinall and L. G. Paleg (1967) Quantitative studies of root development. II. Growth in the early stages of development. *Aust. J. Biol. Sci.* 20:273-283.
11. Schiefelbein, W. and P. N. Benfey (1991) The development of plant roots : New approaches to underground problems. *The Plant Cell* 3:1147-1154.
12. Waisel Y. and A. Eshel (1991) Plant root : The hidden half. p. 3-24, Marcel Dekker, New York.