

## 자생수목 이식 성공률에 관한 연구<sup>†</sup>

이상철\* · 조부연\*\* · 최송현\*\*\*

\*부산대학교 대학원 조경학과 · \*\*한국도로공사 · \*\*\*부산대학교 조경학과

### A Study of Establishment Ratio of Native Tree Transplant

Lee, Sang-Cheol\* · Jo Bu-Yeon\*\* · Choi, Song-Hyun\*\*\*

\*Dept. of Landscape Architecture, Graduate School, Pusan National University

\*\*Korea Expressway Corporation

\*\*\*Dept. of Landscape Architecture, Pusan National University

#### ABSTRACT

To fulfill the need for reuse indigenous tree to mitigate the elimination of nature forests due to road construction, one representative method for this reuse is to transplant them and re-establish in similar conditions. In order to investigate the transplant and establishment of indigenous tree, a correlation and regression analysis was conducted by species and tree size. Data were collected for 6 years(2008~2013) in 7 construction sites in cooperation with the Korea Expressway Corporation. Regarding the transplanted indigenous trees status, the success rate of transplant was 15,519(69%) of 22,521. The tree most transplanted was *Pinus densiflora*(15,562), followed by *Quercus* spp.(6,156), *Prunus sargentii*(235), and *P. thunbergii*(154). *P. densiflora* and *P. thunbergii* belong to the conifer group while *Quercus* spp., *Prunus sargentii* belong to the broadleaf group. As a result of a contrast test, the conifer group had a significantly lower success rate of transplant than the broadleaf group. In the relation of root collar diameter and success rate of transplant, there was the tendency that the larger the root collar diameter, the lower the success rate of transplant. This study demonstrated that there is a strong negative correlation between the two factors( $r = -0.730$ ,  $p > 0.000$ ). The predicted regression equation of the success rate of transplant was  $Y = -0.811X + 88.627$  ( $X$ : root collar diameter,  $Y$ : success rate of transplant) and the  $R^2$  value for the linear equation was 0.532.

*Key Words: Success Rate of Transplant Establishment, Road Construction, Conifer and Broadleaf, Tree Size*

#### 국문초록

도로 건설시 훼손될 산림의 자생수목 이식 및 활착에 대해 알아보기 위해 한국도로공사의 협조를 얻어 최근 6년간(2008~2013) 자생수목 이식을 시행한 시공현장 자료를 취합하여 수종별, 규격별 이식활착률에 대한 상관관계 및 회귀분석을 실시하였다. 7개 사업단에서 실시한 자생수목 이식현황을 살펴보면 총 22,521주를 이식하였으며 그 중 69%인 15,519주

<sup>†</sup>: 본 연구를 위해 자료를 제공해 주신 한국도로공사에 깊은 감사의 뜻을 전합니다.

**Corresponding author:** Song-Hyun Choi, Dept. of Landscape Architecture, Pusan Nat'l University, Miryang 627-706, Korea, Tel.: +82-55-350-5401, E-mail : songchoi@pusan.ac.kr

가 이식에 성공하였다. 이식수종별로 살펴보면 소나무가 15,562주로 가장 많았으며, 참나무류(6,156주), 산벚나무(235주), 곰솔(154주) 등의 순이었다. 침엽수 그룹으로 소나무와 곰솔, 활엽수 그룹으로 참나무류와 산벚나무를 선정하여 대비검정을 실시한 결과, 침엽수가 활엽수보다 낮은 이식성공률을 보였다. 근원직경과 이식성공률은 근원직경이 커질수록 이식성공률은 작아지는 경향을 보였으며, 그 상관성은 상관계수(R)가  $-0.730$ 으로 부의 상관이 높은 것으로 나타났으며, 통계적으로 유의하였다. 근원직경에 따른 이식성공률 예측모형의 설명력( $R^2$ )은  $0.532$ 였으며, 예측 회귀모형은  $Y = -0.811X + 88.627$ ( $X$ =근원직경,  $Y$ =이식성공률)이다.

주제어: 이식 성공률, 도로공사, 침엽수와 활엽수, 수목의 크기

## 1. 서론

우리나라는 급격한 근대화, 산업화, 도시화에 의한 경제발전을 도모하여 왔다. 이에 따라 국토를 이용·관리함에 있어 환경생태적 건강성에 입각한 지속 가능한 발전을 지향하기보다는 경제성과 효율성을 추구하며 공급위주의 국토개발 정책을 추진하여 왔다. 그 결과 경제 발전에 따른 부작용으로 자연훼손면적이 늘어나고 있는 실정이며, 자연지역의 도시화로 인한 생태계 파괴는 이미 다양한 방면에서 그 결과가 입증되고 있다(Yli-Pelkonen and Niemelä, 2006; Harris, 1984; Brown, 1981). 특히 산림이 전국토의 64%를 차지하고 있는 우리나라의 특성상 산지에 대한 개발은 불가피한 실정이다. 이러한 각종 산지 개발은 산림의 부분 또는 전체를 절·성토하여 이루어지기 때문에 자연식생과 동물 서식처를 파괴하고 생물다양성을 감소시키는 등 환경적인 문제를 내재하고 있다. 이와 같은 문제점을 해소하고자 국토기본법과 국토의 계획 및 이용에 관한 법률에서는 훼손된 자연생태계를 복원하기 위한 종합적인 시책 추진과 국토의 자연환경과 경관의 보전, 복원 목적을 달성할 수 있도록 이용되어야 한다고 규정하고 있다. 이에 따라 각종 개발에 따른 생태계 훼손 및 저감, 보상 방안에 대한 방안으로 사전환경성검토와 환경영향평가를 실시하고 있다.

각종 대규모 개발 사업은 승인 이전에 환경에 미치는 영향을 검토하고 있으나, 경제적 효율성에 입각하여 산림 내 존재하는 자생수목은 개발과정에서 발생하는 폐기물로 인식하여 파쇄, 벌목하여 왔다(Cho *et al.*, 2009). 개발 사업지 내에서 자생수목의 활용보다는 편중 생산되는 조경 수목의 사용으로 인한 획일적인 경관 및 국가 산림자원의 낭비를 초래하고 있다. 우리나라는 분당, 일산 신도시 건설 공사에 자생수목을 활용하기 시작하여 현재는 사전환경성검토 및 환경영향평가 시 의무적으로 약 10%의 자생수목을 이식 및 재활용하고 있다. 하지만 대상지 여건을 고려하지 않아 이식 후 활착성공이 저조하며, 조달청 고시수종과 자생수목의 자람세를 중심으로 이식수목을 선정하여 이식대상수목의 편중화와 교목화 현상이 나타나고 있다(KLDC, 1994).

수목 이식의 역사는 이집트 벽화에서 나타나고 있듯이 B.C.

2000년 이전부터 옮겨 심었다는 것을 알 수 있다(Campana, 1999). 현재 수목 이식 기술은 다양한 크기의 나무들을 굴취하고 새로운 장소에 이식 성공할 수 있는 단계까지 도달하였으며, 수목 재배 지식과 메커니즘도 발전되고 있다(Watson, 2005). 하지만 수목 이식활착성공률에 대해서는 경험적으로 접근하는 경향이 강했다. 즉, 큰나무보다는 작은 나무를 심는 것이 이식성공률이 높다는 것이다. 이에 대한 국내 연구는 원예와 농업생명과학 분야에서 이식성공률을 높이기 위한 실험적 연구(Kim and Kim, 2012; Na *et al.*, 2014) 수준이다. Kim(2005)는 훼손지역의 자연식생 군락이식 기법연구에서 이식 후 수목활착을 고려하여 흉고직경급별로 참나무류 20cm 이하, 소나무, 느티나무 등은 30cm 이하인 수목을 이식 적정 수목이라고 판정하고 있지만 이에 대한 과학적 근거를 제시하고 있지 못하고 있다. 또한 Hong(2003)은 이식비용의 최소화와 이식 후 활착도를 높이기 위한 적정한 뿌리분 크기를 규명하였지만 계수나무, 벚나무 등의 조경수에 국한되어 있다.

국외에서는 오랜 전부터 이식수목의 활착에 관한 연구가 활발하게 진행되어 왔다. Watson(1985; 1986; 2005), Gilman(1989; 1990), Gilman *et al.*(1998), Gilman and Kane(1991)은 큰나무가 이식 후 활착하는데 시간이 오래 걸린다는 가설성립부터, 다양한 실험을 통해 작은나무의 이식활착률이 큰나무보다 높다는 것을 결과로 내어놓았다. Struve *et al.*(2000)는 레드오크(*Quercus rubra*)의 규격별 이식활착률의 연구에서 작은 규격의 소경목이 대경목보다는 상대적으로 생존율이 높았다고 보고하였다. American Association of Nurserymen(1996)에서는 수목의 이식에 대해 규격별로 뿌리의 크기 등을 미국 묘목규격(American Standard for Nursery Stock)에서 명시하고 있기도 하다. 이러한 연구들은 작은나무가 큰나무에 비해 이식활착률과 생존율에 유리하다는 근거를 제시하고 있다. 그러나 대부분의 결과가 실험을 통해 얻어진 것들이다. 물론 큰나무 이식시 단근작업 등이 포함되는 실험연구이지만 여전히 다양한 환경에 대한 영향을 간과하지 않고 지금도 꾸준한 연구가 진행 중이다. 반면, 현실적으로 개발에 따른 훼손지역의 자생수목 활용에 관한 연구자료는 미흡한 실정이다.

산지개발로 인해 불가피하게 훼손되는 양호한 식생을 보호

하기 위해 수목의 외형적인 특성과 토양층위 등의 기반특성을 고려한 이식가능성 기준을 제시하기 위한 연구(Lee and Choi, 2009)가 진행되었으며, 경제적 관점에서 자생수목의 처리방법에 대한 연구(Cho *et al.*, 2009)도 진행된 바 있다. 또한 도로 확장 및 포장공사에 따른 훼손지내의 수목이식 활용에 관한 조사가 한국수목보호연구회(Korea Research Group of Tree Protection)(2001: 2004)에 의해 이뤄졌다. 하지만 기존의 연구는 굴취가능수목의 선정에 초점이 맞춰져 있다. 또한 Lim and Kim(2001)은 대구·경북지역의 아파트단지 조경수목을 대상으로 수종별, 성상별, 수고별 하자실태를 조사하여 하자율에 대한 경향을 파악하였지만, 자생수목 이식의 각 수종과 규격에 대한 이식활착률에 대한 통계적 접근은 전무하다고 볼 수 있다.

현 단계에서 행정적으로 자생수목의 이식 및 활용에 중요한 과정은 사전환경성검토 및 환경영향평가이다. 그러나 훼손예정지에 대한 기초조사 단계에서 이식수목의 선정 및 수량 산정 등이 대상지 환경을 고려하지 않고 원칙 없이 진행되고 있다. 그 결과 부적절한 수종선정 및 수량 등의 문제가 발생하여 시공 중 낮은 이식성공률 및 높은 고사율을 보이고 있다. 이에 본 연구는 실제 시공현장의 자생수목의 이식 및 활착에 대한 자료를 분석하여 자생수목의 재활용 실태를 파악하고 수종별, 규격별 이식활착률을 분석하고자 한다. 분석결과를 향후 자생수목의 적절한 이식기준을 제시하는 기초자료로 활용될 것이다.

## II. 연구 방법

최근 환경에 대한 관심이 높아지면서 개발지역의 자생수목 이식 수량이 증가되고 있지만 이식성공률은 높지 않은 실정이다. 자생수목의 이식순서를 살펴보면, 우선 개발 대상지 내에서 현장조사를 통해 자연식생에서 이식 수목 및 수량을 확정하게 되며, 선정된 수목은 굴취, 운반되어 가식장에 식재된다. 식재 시 필요에 따라 지주를 설치하고 식재된 이후에는 고사율을 감

소시키기 위해 체계적인 관리를 받게 된다. 이렇게 자생수목을 이식하는 과정에는 이식활착률에 영향을 미치는 다양한 인자가 존재하지만, 본 연구에서는 실제 현장에서 자료를 수집하여 국내 자생수목 수종별, 규격별 인자를 중심으로 이식 및 활착의 경향을 살펴보고자 하였다.

이를 위해 한국도로공사가 2008년부터 2013년까지 9개 사업단 59개 공구에서 102개 가식장으로 이식을 진행한 현장의 자료를 수집하였다. 자료는 사업단명, 공구명, 가식장 개소 및 위치, 수종명, 근원직경, 이식량, 고사량, 현존량으로 구성되어 있었다. 수종 중 참나무류는 상수리나무, 굴참나무, 신갈나무, 졸참나무 등으로 분류가 되어 있었으나, 각 현장별 분류기준이 모호하여 본 연구에서는 참나무류로 통합하여 사용하였다. 전국적인 현장에서 자료를 수집하는 과정에서 지역적인 자료의 불균형을 극복하기 위해 본 연구에서는 이식 수목의 수종과 근원직경의 크기를 파악하고 두 가지 요인에 대한 이식활착률의 상관성을 알아보고자 한다. 자료의 통계적 처리와 분석은 SPSS Windows 14.0 프로그램을 사용하였으며, 공사로 인해 이식되어진 자생수목을 대상으로 수종별, 근원직경급별에 대한 이식성공률의 상관관계를 분석하고 회귀식을 도출하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 각 사업단별 이식성공률

각 사업단별 자생수목 이식성공률을 살펴보면(Table 1 참조), 최고 100.00%에서 최저 14.22%로 사업단별로 편차가 크게 나타났다. 이식성공률이 저조한 H사업단의 경우, 사업구간이 확장공사구간이면서 연약지반으로 노선 인근에 가이식장 부지임대가 용이하지 않아 상당수가 고사한 상황이었고, 사업구간이 속해 있는 지역은 소나무 재선충 발생지역으로 현재는 소나무류의 이식이 재검토되고 있는 실정이다. 또한 I사업단의 경우,

Table 1. Success rate of transplant establishment by regional construction office

Construction office	No. of tentative planting place(ea)	No. of transplanted tree(ea)	No. of withered tree(ea)	Remains(ea)	Success rate of transplant(%)
A	20	3,033	1,009	2,024	66.73
B	15	3,767	522	3,245	86.14
C	14	2,697	1,099	1,598	59.25
D	21	6,578	3,303	3,275	49.79
E	15	4,199	760	3,439	81.90
F	5	1,507	130	1,377	91.37
G	7	740	179	561	75.81
H	3	3,200	2,745	455	14.22
I	2	349	0	349	100.00
Total	97	22,521	7,002	15,519	68.91

최근에 이식되어 고사목 판별이 어렵다는 것을 간주하여 본 연구에서는 H, I사업단은 제외하고 분석을 실시하였다.

전체적으로 보면, 7개의 사업단이 이식한 수목은 총 22,521주였으며, 고사 수목 7,002주로 약 68.91%의 이식성공률을 보였다. 이식성공률이 가장 높은 F사업단(91.37%)과 가장 낮은 D사업단(49.79%)을 비교하여 살펴보면, 두 사업단 모두 소나무의 이식비율이 높았다. 하지만 F사업단에서는 이식 소나무의 규격을 근원직경 20cm 이하로 선정하였고, D사업단의 경우 이식 소나무의 근원직경이 20cm를 초과하는 경우가 많았다. 가식장의 수는 최고 21개소에서 최저 2개소로 나타났다. 가식장의 위치는 대부분 사업단 공사현장 인근에 위치하였다.

## 2. 수종별 이식성공률

각 수종별 자생수목 이식성공률을 살펴보면(Table 2 참조), 최고 96.86%에서 최저 62.41%로 나타났다. 소나무의 경우, 이식량은 15,562주로 가장 많았으나 고사량 또한 가장 많아 이식성공률은 62.41%로 가장 낮았다. 또한 가장 높은 이식성공률을 보이고 있는 기타 수종에는 산철쭉, 진달래 등 관목성상의 수종이 다수 분포하고 있어 이식성공률이 높게 나타났다. 이는

기존 연구 사례(KLDC, 1994; Lim and Kim, 2001)와 같은 경향을 보이고 있음을 알 수 있다.

이식수량이 많은 자생수목 순인 소나무, 참나무류, 산벚나무, 곰솔을 선정하여 각 수종별 이식성공률을 비교하기 위해 각 수종의 가식장별 평균 이식성공률을 중심으로 분산분석(ANOVA)을 실시하였다(Table 3, 4 참조). Table 3은 각 수종별 이식성공률에 대한 분산분석의 기술통계량인 수종별 표본 수, 이식성공률의 평균, 표준편차, 표준오차 등이 나타나 있다. 수종별 표본 수로는 소나무가 454개로 가장 많았으며, 곰솔이 11개로 가장 적었다. 이식성공률의 평균은 산벚나무(92.4373), 참나무류(91.6556), 곰솔(81.4700), 소나무(64.8415) 순으로 나타났고, 표준편차는 소나무(34.54370)가 가장 크게 나타났다. 곰솔과 소나무는 침엽수, 산벚나무와 참나무류는 활엽수로 그룹을 나눠 대비검정을 실시하였다(Table 4 참조). 그 결과, 두 그룹 간에 이식성공률의 차이가 있다고 볼 수 있는데, 침엽수가 활엽수보다 이식성공률이 낮았다. 지역적·범위적 한계가 있지만, Lim and Kim(2001)의 연구에서는 대구·경북지역을 대상으로 아파트 단지조경현황 분석을 통해 상록침엽교목이 하자율이 가장 높았다고 하였다. 본 연구에서도 이와 같은 맥락으로 볼 때, 상록침엽수가 낙엽활엽수에 비해 이식성공률이 낮음을 알 수 있다.

Table 2. Success rate of transplant establishment by species

Species	No. of transplanted tree(ea)	No. of withered tree(ea)	Remains(ea)	Success rate of transplant(%)
<i>Pinus densiflora</i>	15,562	5,849	9,713	62.41
<i>Quercus</i> spp.	6,156	1,082	5,074	82.42
<i>Prunus sargentii</i>	235	28	207	88.09
<i>Pinus thunbergii</i>	154	30	124	80.52
Others	414	13	401	96.86
Total	22,521	7,002	15,519	68.91

Table 3. Descriptive statistics of ANOVA on a success rate of transplant establishment by species

	N	Mean of success rate of transplant	Standard deviation	Standard error	95% confidential interval for the mean		Minimum	Maximum
					Lower limit	Upper limit		
<i>Pinus thunbergii</i>	11	81.4700	10.73655	3.23719	74.2571	88.6829	64.29	100.00
<i>Prunus sargentii</i>	41	92.4373	19.47971	3.04222	86.2888	98.5859	.00	100.00
<i>Pinus densiflora</i>	454	64.8415	34.61632	1.62462	61.6487	68.0342	.00	100.00
<i>Quercus</i> spp.	48	91.6556	22.33333	3.22354	85.1707	98.1405	.00	100.00
Total	554	69.5372	33.99712	1.44440	66.7000	72.3743	.00	100.00

Table 4. Contrast test on a success rate of transplant establishment by species

		Contrast	Contrast value	Standard error	t	DF	Sig. T
Success rate of transplant	Assumed homoscedastic	1	-18.8907	6.05257	-3.121	550	.002
	Non assumed homoscedastic	1	-18.8907	2.86204	-6.600	69.549	.000

각 수종별 이식성공률에 대한 분산분석 결과(Table 5 참조),  $F=17.799$ , 유의확률 0.000으로 자생수목의 이식성공률은 수종 간에 차이가 있다고 할 수 있다. 사후 다중비교는 Tukey법을 사용하면 집단간 차이를 가장 정밀하게 감지할 수 있으나, 각 집단의 표본 수가 일정하지 않아 Scheffé, Bonferroni법을 사용하여 수종별 이식성공률의 사후검정을 실시하였다(Table 6 참조). 그 결과, 산벚나무와 소나무, 참나무류와 소나무 간의 차이가  $\alpha=0.05$ 에서 유의적인 것으로 나타났다.

### 3. 규격별 이식성공률

각 대상지에 출현하는 모든 수목의 이식성공률을 산정한 후,

근원직경급별로 구분하여 평균값을 산정한 것이 Table 7이다. 근원직경 10cm 이하에서는 76.60%의 이식성공률을 보였으며, 50cm 이상에서는 20.00%로 가장 낮았다. 근원직경 1~56cm 범위의 이식성공률에 대한 상관성을 분석하기 전 산포도를 그린 결과, 근원직경 5cm, 49cm, 53cm, 56cm은 이상점(Outlier)으로 판단되어 제거 후 상관계수를 구하였다(Figure 1 참조).

근원직경과 이식성공률간 상관성은 Table 8에서 보듯이 상관계수(R)가 -0.730으로 부의 상관관계가 높았으며, 유의수준은 0.001이었다. 즉 근원직경이 클수록 이식성공률은 작아진다는 것이다. 근원직경에 따른 이식성공률 예측모형의 설명력( $R^2$ )은 0.532로 단일 요인에 의한 설명력으로는 다소 높은 것

Table 5. Analysis of variance on a success rate of transplant establishment by species

	SS	DF	MS	F	Sig. T
Between group	56,560,840	3	18853,613	17,799	.000
Within group	582,598,853	550	1059,271		
Total	639,159,693	553			

Table 6. Post-hoc comparison analysis on a success rate of transplant establishment by species

	(I) Species	(J) Species	Difference of mean(I-J)	Standard error	Sig. T	95% confidential interval	
						Lower limit	Upper limit
Scheffe	<i>Pinus thunbergii</i>	<i>Prunus sargentii</i>	-10.96732	11.05139	.805	-41.9572	20.0226
		<i>Pinus densiflora</i>	16.62855	9.93129	.424	-11.2204	44.4775
		<i>Queucus spp.</i>	-10.18562	10.87959	.831	-40.6938	20.3225
	<i>Prunus sargentii</i>	<i>Pinus thunbergii</i>	10.96732	11.05139	.805	-20.0226	41.9572
		<i>Pinus densiflora</i>	27.59586(*)	5.30745	.000	12.7129	42.4788
		<i>Queucus spp.</i>	.78169	6.92127	1.000	-18.6267	20.1901
	<i>Pinus densiflora</i>	<i>Pinus thunbergii</i>	-16.62855	9.93129	.424	-44.4775	11.2204
		<i>Prunus sargentii</i>	-27.59586(*)	5.30745	.000	-42.4788	-12.7129
		<i>Queucus spp.</i>	-26.81417(*)	4.93977	.000	-40.6661	-12.9623
	<i>Queucus spp.</i>	<i>Pinus thunbergii</i>	10.18562	10.87959	.831	-20.3225	40.6938
		<i>Prunus sargentii</i>	-.78169	6.92127	1.000	-20.1901	18.6267
		<i>Pinus densiflora</i>	26.81417(*)	4.93977	.000	12.9623	40.6661
Bonferroni	<i>Pinus thunbergii</i>	<i>Prunus sargentii</i>	-10.96732	11.05139	1.000	-40.2296	18.2949
		<i>Pinus densiflora</i>	16.62855	9.93129	.568	-9.6679	42.9250
		<i>Queucus spp.</i>	-10.18562	10.87959	1.000	-38.9930	18.6217
	<i>Prunus sargentii</i>	<i>Pinus thunbergii</i>	10.96732	11.05139	1.000	-18.2949	40.2296
		<i>Pinus densiflora</i>	27.59586(*)	5.30745	.000	13.5426	41.6491
		<i>Queucus spp.</i>	.78169	6.92127	1.000	-17.5447	19.1081
	<i>Pinus densiflora</i>	<i>Pinus thunbergii</i>	-16.62855	9.93129	.568	-42.9250	9.6679
		<i>Prunus sargentii</i>	-27.59586(*)	5.30745	.000	-41.6491	-13.5426
		<i>Queucus spp.</i>	-26.81417(*)	4.93977	.000	-39.8939	-13.7345
	<i>Queucus spp.</i>	<i>Pinus thunbergii</i>	10.18562	10.87959	1.000	-18.6217	38.9930
		<i>Prunus sargentii</i>	-.78169	6.92127	1.000	-19.1081	17.5447
		<i>Pinus densiflora</i>	26.81417(*)	4.93977	.000	13.7345	39.8939

\* $p < 0.05$

Table 7. Success rate of transplant establishment by root collar diameter

Root collar calliper(cm)	No. of transplanted tree(ea)	No. of withered tree(ea)	Remains(ea)	Success rate of transplant(%)
>10	3,261	763	2,498	76.60
11~20	12,868	3,814	9,054	70.36
21~30	5,226	1,953	3,273	62.63
31~40	1,090	433	657	60.28
41~50	71	35	36	50.70
50<	5	4	1	20.00
Total	26,070	9,747	16,323	62.61

Table 8. Predictive regression model between root collar diameter and success rate of transplant

Variable	B	Beta	T	Sig. T
Root collar calliper	-0.811	-0.730	-7.236	0.000
Constant	88.627	-	26.260	0.000

$R = -0.730, R^2 = 0.532$

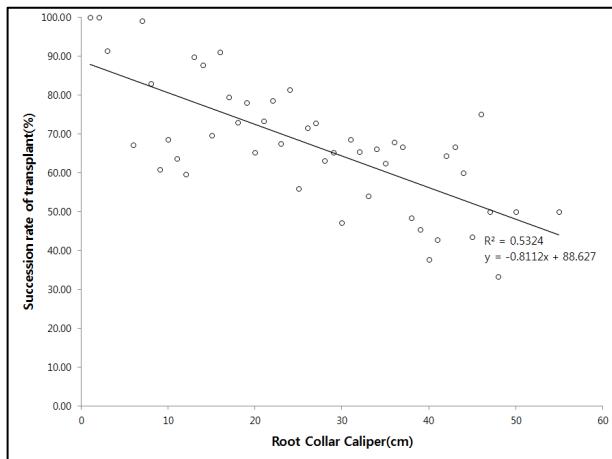


Figure 1. Scatter plot and regression line between root collar calliper and success rate of transplant

으로 분석되었다. 예측된 회귀모형은 신뢰도 99% 수준에서 통계적으로 유의하였으며, 각 변수의 표준화된 회귀계수 값도 유의하였다. 예측 회귀모형은 식 1과 같다.

$$Y = -0.811X + 88.627 \quad (\text{식 1})$$

(X = Root collar diameter, Y = success rate of transplant)

최근 건설공사 표준품셈 개정결과를 살펴보면, 교목의 굴취와 식재에 대한 품셈적용이 흉고직경과 근원직경을 통합하는

추세에 있다. 수목 규격으로서 근원직경보다 흉고직경의 정확도가 높은 것으로 알려져 있으나, 자생수목 이식 당시 조달청 고시 규격 등의 이유로 기존에 적용하였던 근원직경을 중심으로 데이터를 구축한 도로공사의 협조를 받아 본 연구가 진행되었으므로 수목 크기를 근원직경으로 선택한 한계가 있었다. 흉고직경에 비해 근원직경은 측정위치에 따라 그 크기의 차이가 크게 발생하지만, 근원직경이 클수록 수목의 전체적인 규격도 커지는 것은 당연한 사실로 수목 규격을 나타내는데 있어 근원직경급별 분류는 무리가 없다고 판단되었다.

#### IV. 결론

전국토의 64%가 산림으로 되어 있는 우리나라의 지형적 특성상 산지에 대한 개발은 불가피하였으며, 각종 대규모 사업 개발 시 산림 내 존재하는 자생수목은 건설폐기물로 간주되어 왔다. 국민 소득의 향상과 환경에 대한 관심이 높아지면서, 과거 경제적 효율성만을 추구하며 공급위주의 국토개발 정책을 대신하여 현재는 환경생태적 건강성에 입각한 지속 가능한 발전을 지향하는 국토이용 및 관리를 선호하고 있다.

수목 이식 기술이 발달하고, 수목 재배 지식과 메커니즘도 발전되고 있지만 수목 이식확충성공률에 대한 연구는 미비한 실정이다. 국외에서는 이에 관한 연구가 활발하게 진행되어 왔으며, 작은 나무가 큰 나무보다 이식확충률이 높다는 것을 결과로 내어 놓았다(Watson 1985; 1986; 2005; Gilman 1989, 1990; Gilman *et al.*, 1998; Gilman and Kane 1991). 이러한 연구들은 대부분 실험을 통해 얻은 결과로 다양한 환경에 대한 영향을 간과하지 않고 지금도 꾸준히 연구가 진행 중이다.

사전환경성검토 및 환경영향평가는 훼손예정지 내의 이식수목 선정과 수량 산정에 중요한 과정이지만 대상지 환경을 고려하지 않고 원칙 없이 진행되고 있는 실정이다. 그 결과 부적절한 수종 선정 및 수량 등의 문제로 인해 이식 후 높은 고사율을 보이고 있다. 이에 본 연구는 한국도로공사가 2008년부터 2013년까지 자생수목 이식을 진행한 9개 사업단의 현장 자료를 수집·분석하여 자생수목의 재활용실태를 파악하고 수종별, 규격별 이식성공률을 분석하고자 하였다. 사업단 H와 I의 경우, 가식장 피해 및 병충해, 고사목 집계 등을 고려하여 본 연구에서는 제외하고 분석을 실시하였다.

그 결과, 7개 사업단이 이식한 수목은 총 22,521주였고, 고사 수목은 소나무 5,849주, 참나무류 1,082주를 포함한 총 7,002주로 약 68.91%의 이식성공률을 보였으며, 각 사업단별로 편차가 크게 나타났다. 각 사업단별 이식성공률의 편차는 이식시기, 가식 및 이식 장소, 병충해, 식재 후 관리 등의 여러 요인들에 의한 것으로 사료된다. 본 연구는 수종별, 근원직경별에 초점을 맞췄으며, 자생수목의 이식성공률에 영향을 미치는 여러 요인

들을 분석하는 것은 향후 과제로 판단된다.

수종별로 살펴보면, 소나무는 15,562주로 가장 많은 이식량을 보였지만 이식성공률은 62.41%로 가장 낮았다. 수목이식에 대한 기술이 발전되어 자연자원의 활용이 가능하도록 기술적 안정성이 확보되었음(Cho *et al.*, 2009)에도 불구하고, 소나무의 경우에는 아직 저조한 이식성공률을 보이고 있었으며, 본 연구 분석에서 제외된 사업단 H의 경우에도 상당수의 소나무가 이식 후 고사한 것으로 나타났다. 침엽수 그룹으로 소나무와 곰솔, 활엽수 그룹으로 참나무류와 산벚나무를 선정하여 대비검정을 실시한 결과, 침엽수가 활엽수보다 낮은 이식성공률을 보였다. 이는 상록침엽수가 낙엽활엽수에 비해 하자율이 높다는 기존의 연구결과(Lim and Kim, 2001)와 동일하였다.

근원직경급별 이식성공률은 10cm 이하에서 76.60%, 50cm 이상에서는 20.00%로 나타났다. 근원직경과 이식성공률간 상관성은 상관계수(R)가 -0.730으로 상관성이 부적으로 높았다. 근원직경에 따른 이식성공률 예측 회귀식은  $Y = -0.811X + 88.627$  ( $X = \text{근원직경}$ ,  $Y = \text{이식성공률}$ )로 도출되었으며, 예측모형의 설명력( $R^2$ )은 0.532로 단일 요인에 의한 설명력으로는 다소 높은 것으로 분석되었다.

사전환경성검토 및 환경영향평가 등으로 훼손에 대한 자연파괴를 최소화하려는 노력은 계속되고 있다. 그럼에도 불구하고, 개발에 따른 자연환경의 훼손은 불가피한 것으로 보여진다. 훼손되는 개발지 내의 자생수목의 활용은 자연성으로 보나, 경제성으로 보나 적극적으로 검토되어야 할 것이다.

자생수목의 이식성공률에 영향을 미치는 요인은 수종 및 수목의 크기(근원직경) 뿐만 아니라, 환경적 요인, 기술적 요인 등 여러 요인들이 있지만, 본 연구는 수종과 수목의 크기에 중점을 두고 분석을 실시하였다. 이식성공률에 영향을 미치는 여러 요인들을 복합적으로 통제하지 못한 점은 본 연구의 한계이지만, 본 연구 결과에서 볼 수 있듯이 근원직경과 이식성공률간 상관성은 상관계수(R)가 -0.730으로 상관성이 높았으며 예측모형의 설명력 또한 단일 요인에 의한 설명력으로는 다소 높은 것으로 분석되어 대경목보다는 소경목 이식이 유리하다는 것을 실증한데는 의의가 있다.

### References

1. American Association of Nurserymen(1996) American standards for nursery stock. ANSI Z60.1-1996. Amer. Assn. of Nueserymen, Washington, D.C.
2. Brown, L.(1981) Building a Sustainable Society. New York: Norton & Company.
3. Campana, R. J.(1999) Arboriculture: History and Development in North America. Michigan State Univ., East Lansing. 443pp.
4. Cho, H. R., S. B. Kim and D. K. Oh(2009) Cost effectiveness depending

- on the native tree treatment methods. J. Korean Env. Res. Tech. 12(6): 51-62.
5. Gilman, E. E.(1989) Plant form in relation to root spread. J. Environ. Hortic. 7: 88-90.
6. Gilman, E. E.(1990) Tree root growth and development. II. Response to culture, management and planting. J. Environ. Hortic. 8: 220-227.
7. Gilman, E. E. and M. E. Kane(1991) Growth dynamics following planting of cultivars of *Juniperus chinensis*. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 116: 637-641.
8. Gilman, E. F., R. J. Black and B. Dehgan(1998) Irrigation volume and frequency and tree size affect establishment rate. J. Arboric. 24: 1-9.
9. Harris, L. D.(1984) The Fragmented Forest: Island Biogeography Theory and the Preservation of Biotic Diversity. Chicago: University of Chicago Press. pp 211.
10. Hong, S. R.(2003) The Effect of Tree Root-ball Size on the Regrowth of Landscape Trees -In Case of *Cercidiphyllum japonicum* and *Prunus yedoensis*-. M. S. Dissertation, Chongju University, Chongju, Korea.
11. Kim, C. S. and Z. S. Kim(2012) Effects of cutting time, auxin treatment, and cutting position on rooting of the green-wood cuttings and growth characteristics of transplanted cuttings in the adult *Prunus yedoensis*. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 30(2): 129-136.
12. Kim, O. K.(2005) The Transplantation Method of Natural Vegetation Community in Development Area -A Case Study of Yong-In Dong-baek District-. M. S. Dissertation, University of Seoul, Seoul, Korea. 167pp.
13. Korea Land Development Corporation(KLDC)(1994) The Study of Utilizing Wild Plants in Land Development District-Focused on New Town(Bundang and Ilsan)-. Korea Land Development Corporation Report, 113pp.
14. Korea Research Group of Tree Protection(2001) A survey on tree transplanting and utilizing at development area. Tree Health 6: 149-156.
15. Korea Research Group of Tree Protection(2004) A survey on tree transplanting and utilizing at development area of road expansion. Tree Health 8: 85-95.
16. Lee, S. D. and S. H. Choi(2009) Study on the selection criteria for transplanting trees in the forest reserve area designated for future development. Kor. J. Env. Eco. 23(6): 535-544.
17. Lim, W. H. and Y. S. Kim(2001) Defects of planting in landscape plants in apartment complex. Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture 29(2): 61-67.
18. Na, S. J., I. S. Kim, J. H. Kim and D. H. Lee(2014) Growth characteristics of *Pinus densiflora* seedlings by root pruning intensity. Journal of Agriculture & Life Science 48(1): 15-21.
19. Struve, D. K., L. Burchfield and C. Maupin(2000) Survival and growth of transplanted large- and small-caliper red oaks. Journal of Arboriculture 26(3): 162-169.
20. Watson, G.(1985) Tree size affects root regeneration and top growth after transplanting. J. Arboric. 11: 37-40.
21. Watson, G. W.(1986) Cultural practices can influence root development for better transplanting success. J. Environ. Hortic. 4: 32-34.
22. Watson, W. T.(2005) Influence of tree size on transplant establishment and growth. Hort Technology 15(1): 118-122.
23. Yli-Pelkonen and V. J. Niemelä(2006) Use of ecological information in urban planning: Experiences from the Helsinki metropolitan area, Finland. Urban Ecosystems 9(3): 211-266.

Received : 19 January, 2015

Revised : 2 March, 2015 (1st)

Accepted : 2 March, 2015

3인익명 심사필