임해매립지의 느티나무 식재 이후 뿌리 생장특성

-뿌리구조 및 세근의 공간적 분포를 중심으로-

김도균

순천대학교 농업생명과학대학 산림자원·조경학부 조경학전공

Roots Growth Characteristics of *Zelkova serrata* Makino. after Replanting in the Reclaimed Land from the Sea

- On the Root Structure and Spatial Distribution of Fine Root Phytomass -

Kim, Do-Gyun

Dept. of Landscape Architecture, College of Agriculture and Life Sciences, Sunchon National University

ABSTRACT

This study was carried out to analyze both the root structure and the fine root phytomass of the vertical and horizontal distribution of *Zelkova serrata* Makino. which was transplanted in the reclaimed land from the sea in Gwangyang, Jeonnam, South Korea.

The base ground was reclaimed land from the sea. Z_1 of the planting ground was filled to a 100~150cm thickness with the improved soil instead of the reclaimed soil from the sea, Z_2 of the planting ground was covered to a 20~30cm thickness with the improved soil and Z_3 of the planting ground was mounded to 120cm thickness with the improved soil on the reclaimed land from the sea. In addition, Z_4, Z_5 and Z_6 of the planting grounds were at the large-sized mound on the reclaimed land from the sea. Z_4 of the planting ground was located at the lowest level, Z_5 planting ground was located at the slope and Z_6 planting ground was located at the top of the large-sized mound. The large-sized mounds contain 3 layers, the base layer was reclaimed land from the sea and the second layer was mounded to a 200~300cm thickness with the desalinized soil from the sea on the base layers and the finally layers were mounded to a 80~120cm thickness with improved soil on the second layer.

The planting grounds Z_3, Z_4, Z_5 and Z_6 developed roots such as tap roots, lateral roots and heart roots. However, in Z_1 and Z_2 roots development were inhibited. The fine-root phytomass of the 6 planting ground types was as follows: 113.5g DM/m^2 for Z_5, 105.5g DM/m^2 for Z_4, 88.3g DM/m^{2}for Z_3, 81.0g DM/m^2 for Z_6, 73.0g DM/m^2 for Z_2, 43.3g DM/m^2 for Z_1.

The vertical distribution of the fine root phytomass decreased from the upper to the deeper soil profiles in the 6 mound types. The fine root phytomass was 43.3~71.8% in a 0~20cm thickness of soil layer and it decreased according to the distance from the nearest trees. The root growth in the improved soil was better than in the reclaimed soil from the sea. However, root growth decreased more in the disturbed soils even though the planting grounds contained the improved soils.

The retarded development of roots and the spatial distribution patterns of the fine root phytomass were closely connected

Corresponding author: Do-Gyun Kim, Dept. of Landscape Architecture, College of Agriculture and Life Sciences, Sunchon National University, Chonnam 540-742, Korea, Tel.: +82-61-750-3871, E-mail: do-aha@sunchon.ac.kr

to the reclaimed soil from the sea.

In the disturbed soil, the soil hardness and alkalic cation(Na^+, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}). were high and the soil water was lacking.

We suggest that the construction of planting grounds and the improvement of bad soil are necessary for the proper and effective growth of landscaping plants.

Key Words: Improved Soil, Salt Soil, Planting Ground, Landscaping Plant, Disturbed Soil

I. 서론

임해매립지는 바다를 메꾸어 육지화한 땅으로 부지 조성 과정에서 자연경관과 생태계가 파괴되고, 환경변화가 심하여 조경수목을 식재하여 인간 정주의 생활환경과 자연경관의 개선 그리고 생태계 복구 및 복원을 하는 사례가 증가하여 왔다.

느티나무는 우리나라 자생종으로 대형교목으로 성장할 수 있고, 수형이 아름답고 안정감을 주는 나무로서 우리나라 정서상 친화력이 높으며, 주변경관과 잘 어울리는 수종이다. 느티나무는 내염성이 약한 것으로(한국종합조경공사, 1979; 김귀곤 등, 1996) 알려져 있음에도 불구하고 임해매립지 녹화에 있어서 식재 선호도가 매우 높아서 가로수, 녹음수, 경관수, 완충녹지 등 다양한 용도로 대량 식재되고 있다.

그러나 토양환경이 매우 열악한 임해매립지에 식재된 느티나무는 식재 이후에 식재지반별로 생장 차이가 커서 생장이 양호하거나 생장 불량 또는 고사하는 경우가 많이 나타나는 것으로 관찰되어 왔다. 임해매립지에서 느티나무의 식재 목적을 달성하기 위해서는 건전한 생장이 가능하도록 설계, 시공, 유지관리를 하여야 하는데, 기본적으로 느티나무의 생리·생태학적으로 생장상태를 잘 파악할 수 있어야 한다.

수목의 생장상태를 파악하는 방법은 지상부의 수관, 줄기, 잎, 꽃, 열매 등에 대한 생장상태 조사법과 지하부의 뿌리에 대한 생장상태 조사법 등이 있다.

수목의 지상부인 줄기, 수관, 잎, 꽃, 열매 등에 의한 조사방법은 생장량의 크기, 생장속도, 생장상태 등을 쉽게 관찰할 수는 있지만 토양환경에 어떻게 적응하고 있는지 세부적으로 파악하기 어렵다.

반면, 수목의 생장에 있어서 지하부에 해당하는 뿌리는 토양환경에 따라 크게 변화하기 때문에(이경준, 1995) 물과 양분을 흡수하고, 호흡하며, 양분을 저장하고, 지지작용을 하는 등의 식물체 생장에 매우 다양한 기능을 수행한다(Fitter, 1985). 뿌리의 세근량에 대한 조사는 수분과 양분의 공급 상태에 따라 지하부의 생체량이 크고 역동적으로 반응하여 이차적인 생장에 관여(Persson, 1980; Smucker *et al.*, 1991)하므로 토양환경의 변화에 따라서 역동적으로 변화하는 특성이 있으므로(이경준, 1995) 수목의 생장 상태를 파악하는데 있어서 매우 중요한 정보를 제공한다. 특히, 수목의 뿌리생장에 있어서 굵은 뿌리에 대한 조사는 뿌리의 발달상태를 분석할 수 있으며, 세근의 공간적 분포에 대한 조사는 뿌리의 구조와 발달상태, 뿌리체계의 배열, 토양환경과의 상관성, 뿌리성장과 물질대사의 여러 가지 양상에 대한 정보를 제공(Waisel and Kafkafi, 1991)할 수 있을 것이다.

수목의 뿌리에 대한 기존의 연구는 산성화 정도에 따른 독일가문비나무의 뿌리구조(이도형, 2000)와 뿌리발달과 분지형태에 관한 연구(이도형, 2001), 세근의 형태 및 세근의 공간적 분포와 계절별 변화(Ford and Dean, 1977), 열대우림지역에서의 세근량(Castellanos *et al.*, 1991), 석회암지역에서 호석회식물과 혐석회식물의 세근의 분포(곽영세, 1993) 등이 주로 산림지역에서 연구한 바 있다. 임해매립지 조경수목에 대한 기존의 연구는 상록침엽수인 곰솔의 세근에 대한 연구(김도균과 곽영세, 2004)가 있다.

이러한 기존의 연구는 수목의 생장이 토양환경에 따라 뿌리발달이 현저하게 차이가 있으며, 식물 생장의 역사와 미래 생장을 예측하는데 유용한 연구방법임을 보고하였으나, 토양환경이 특수한 임해매립지에서 낙엽활엽수인 느티나무의 뿌리생장에 대한 연구는 발견되고 있지 않다.

최근 인천송도국제신도시, 새만금간척지, 광양만 임해매립지, 부산 신호지구와 명지지구 등에서 조경식재가 대단위로 증가하고 있어서 임해매립지에서 조경식재 설계나 시공 및 유지관리에 있어서 기본적으로 수목 생리·생태학적 기초 자료가 필요하다.

그러나 우리나라는 임해매립지 수목 식재의 역사가 짧아서 참고로 할 자료가 부족한 실정이므로(김도균, 2000) 이에 대한 기초연구가 절실한 실정이다.

토양환경이 특수한 임해매립지 식재지반에서 식재설계, 시공, 유지관리를 하는 실무자들은 느티나무가 식재 이후에 어떻게 생장하고 있으며, 향후 어떻게 생장할 것인지가 의문이다. 이러한 의문에 답하기 위해서는 식재지반의 수목 뿌리구조 및 잔뿌리의 공간적 분포를 조사·분석하여 구명할 수 있을 것으로 판단된다.

따라서 본 연구는 광양만 임해매립지 6개 식재지반에서 토양환경에 따른 느티나무의 굵은 뿌리의 발달구조와 세근량의

수직·수평적 공간분포에 대한 특성을 조사·분석하여 느티나무 생장 상태를 파악하여 식재방법 및 유지관리방안을 모색하는데 그 목적이 있다. 본 연구의 수행으로 염해지역의 수목 식재 설계 및 유지관리에 필요로 하는 수목의 생리적 특성, 식재지반조성과 토양개량 등에 대한 기초자료로 활용될 수 있을 것이며, 수목 생리학적 이론 발전에 기여할 수 있을 것으로 예상된다.

II. 연구 방법

1. 조사지 개황

조사 대상지는 전라남도 광양시 금호동 700번지에 위치한 광양제철소 주택단지의 완충녹지대로서 면적은 20,000m^2 정도이다(그림 1 참조). 임해매립 원기반 조성은 1982년부터 1989년까지 광양만 해저의 갯벌을 준설공법(sand pumping)으로 매립하였으며, 매립지반의 높이는 DL(development level) +5.0~5.5m(포항종합제철주식회사, 1993)이다. 식재지반의 조성은 바다 갯벌로 준설하여 매립한 지반 위에 1991년에 인근 중동, 성황동, 광영동, 옥곡면 등지의 산지에서 채취된 심토를 사용하여 객토매립방법, 객토피복방법, 성토법 등으로 조성하였다.

2. 식재지반 조성방법 및 토양성질

식재지반 유형의 구분은 객토매립지반(Z_1), 객토피복지반(Z_2), 중성토지반(Z_3), 대성토지반으로 대분하고, 대성토지반은 식재 위치에 따라 대성토하부(Z_4), 대성사면(Z_5), 대성토정상(Z_6)로 세분하여 모두 6개 유형으로 구분하였다(그림 1 참조).

Z_1은 객토를 지하 120cm로 매립한 지반이고, Z_2은 준설매립기반 위에 객토를 20~30cm 정도로 피복한 지반이며, Z_3은 준설토 매립기반 위에 객토를 120cm 정도 성토하였다.

대성토지반은 준설토로 매립기반 위에 200~300cm 정도로 성토한 다음 객토를 80~120cm 정도로 더 높게 덧씌우기 한 지반이고, 대성토 중에서 식재의 높이에 따라 대성토하부(Z_4), 대성사면(Z_5), 대성토정상(Z_6)으로 구분하여 조사하였다.

각 식재지반별 토양환경의 특성은 Z_1의 경우, 사질양토로서 토양경도가 평균 26.4mm이고, 토양함수비가 5.9%, pH 7.8, ECe 0.613 dS/m, SAR 0.030으로 6개 식재지반 중에서 가장 낮으며, Ca^{++} 0.966 me/100g와 T-C 0.492%로 식재지반 중에서 가장 높았으며, T-N은 0.05% 정도이었다.

Z_2의 토양성질은 상층(객토)과 하층(준설토)이 각각 토성은 양토와 사질양토, 토양반응은 pH 6.6과 pH 7.4이었다. 토양함수비 12.9%, ECe 0.538dS/m, Na^+ 0.636me/100g, 염흡수율 SAR 0.712로서 다른 식재지반에 비하여 상대적으로 가장 높았다.

Z_3의 토양 성질은 사질식양토로서 토양경도 21.41mm, 토양함수비 9.307%, pH 7.7, ECe 0.209dS/m, Na^+ 0.291me/100g, K^+ 0.405me/100g, Ca^{++}0.414me/100g, Mg^{++} 0.573me/100g, SAR 0.050, T-C 0.210% 이었으며, T-N은 0.045%로 식재지반 중에서 가장 낮았다.

Z_4의 토양성질은 사양토로서, 토양경도 21.25mm, 토양함수비 6.350%, pH 6.1, ECe 0.220dS/m, Na^+ 0.223me/100g, K^+ 3.294me/100g, Ca^{++} 0.179me/100g, Mg^{++} 0.431me/100g, 염흡수율 SAR 0.429 정도이었으며, T-C 0.295%, T-N 0.049% 정도로 비교적 수목생장에 유리한 식재지반이었다.

Z_5의 토양성질은 사양토로서, 토양경도 20.93mm, 토양함수비 10.78%, pH 6.480, ECe 0.301dS/m, Na^+ 0.396me/100g, K^+ 2.799me/100g, Ca^{++} 0.579me/100g, Mg^{++} 0.641me/100g, 염흡수율 SAR 0.515, T-N 0.067% 이었고, T-C는 0.304%로 식재지반 중에서 가장 높았다.

Z_6의 토양성질은 사양토로서, 토양경도 18.75mm, 토양함수비 9.692%, ECe 0.098dS/m, Na^+ 0.220me/100g이며, K^+는 3.845me/100g으로 6개 식재지반 중에서 가장 높았고, Ca^{++}는 0.046me/100g으로 6개 식재지반 중에서 가장 낮았으며, Mg^{++}

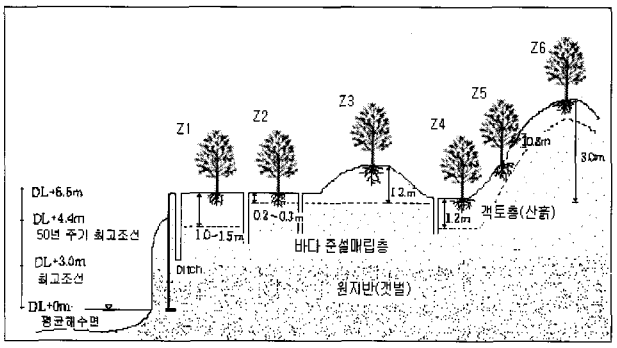


그림 1. 느티나무 뿌리조사 대상 식재지반 6개 유형 단면도
범례: Z_1: 객토매립지반, Z_2: 객토피복지반, Z_3: 중성토지반, Z_4: 대성토하부, Z_5: 대성토사면, Z_6: 대성토정상

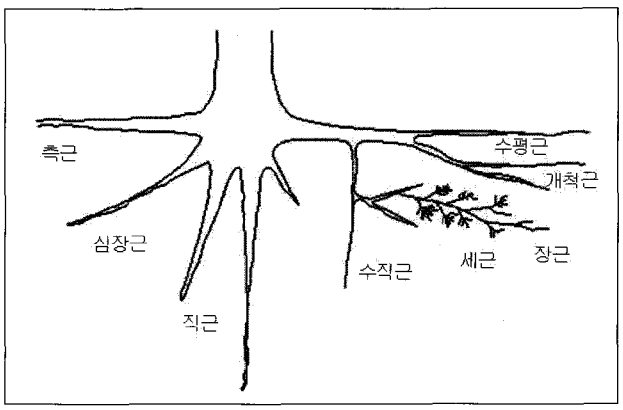


그림 2. 뿌리구조의 명칭
출처: 이경준(1995) 수목생리학, 서울대학교출판부 30쪽을 부분 수정함.

는 0.462me/100g, 염흡수율 SAR 0.442, T-C는 0.088%로 식재지반 중에서 가장 낮았고, T-N은 0.059%로 비교적 낮은 편이었다(김도균과 박종민, 2004; 김도균과 김용식, 2005).

3. 조사내용 및 방법

공시수목의 선정은 임해매립지 조경식재에 있어서 선호도가 높은 느티나무를 선정하였다. 임해매립지에서 느티나무는 경관수, 가로수, 기념식수, 녹음수 등으로 독립수 또는 군식으로 많이 식재되고 있으며, 생육상태는 식재지역별 그리고 식재지반별로 생장 차이가 크게 나타나는 것(김도균, 2006)으로 보고되어 있다.

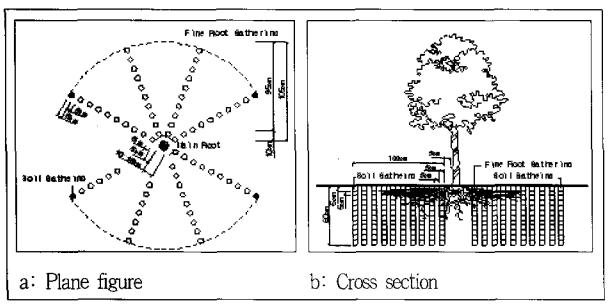
공시수목인 느티나무는 1991년 6월에 17일 부터 7월 5일 사이에 H3.5×R8의 묘목 306주를 군식하여 인위적인 관리 없이 자연 상태로 유지관리한 수목을 대상으로 하였다.

공시목 세근의 공간분포에 대한 조사는 1998년 10월부터 1999년 1월 사이의 수목생장 휴면기에 6개 식재지반 유형별로 평균목법에 의하여 5주씩을 선발하여 조사하였다. 뿌리의 구조 발달 상태 및 세근량 조사는 그림 2와 같이 뿌리구조 영역별로 구분하여 조사하였다.

굵은 뿌리[1] 조사는 측근[2], 심장근[3], 직근[4], 수직근과 수평근[5]의 발달 상태를 조사하였으며, 세근[6]의 분포는 산 뿌리량과 죽은 뿌리량을 조사·분석하였다. 굵은 뿌리 발달 상태조사는 뿌리를 채굴하면서 육안으로 뿌리의 분포상태를 조사하고, 사진촬영하였다.

세근의 조사는 느티나무 1그루당 수직적으로는 표토에서 깊이 60cm 까지 5cm 간격으로 12단계로, 수평적으로 수간으로부터 11~100cm까지 10cm 간격으로 10등분으로 구분하였다(그림 3 참조).

채굴 반복수는 남쪽과 북쪽에서 각각 4반복하였고(n=28,800), 채굴기구는 내경의 직경 4.3cm, 높이 5cm의 철재 코아를 이용하여 표토에서 수직으로 삽입하여 채굴하였다(그림 4 참조). 세근의 선별은 흙과 분리가 가능한 0.06~2mm의 체를 이용하였고, 산 뿌리와 죽은 뿌리를 구분하여 85℃에서 48시간 건조시킨 후 건중량을 정밀저울로 소숫점 3째 자리까지 측정하였다.



a: Plane figure b: Cross section

그림 3. 토양 및 세근 채굴도

4. 통계분석

자료의 분석은 SPSS 15.0(SPSS Inc., 2007)를 사용하여 ANOVA(analysis of variance procedure)의 Duncan's multiple range test를 통하여 비교하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 굵은뿌리의 구조

광양만 임해매립지 식재지반별 느티나무의 뿌리 형태는 Z_1 식재지반은 접시형(∪形) 이었으며, 나머지 식재지반들은 모두 역삼각형(▼形) 분포를 하고 있었다. 식재지반 중에서 직근, 측근과 심장근이 고르게 잘 발달된 식재지반은 Z_4·Z_5>Z_3>Z_6지반 순이었고, 직근이 잘 발달하지 못한 식재지반은 Z_1>Z_2지반 순 이었으며, 심장근이 편향하여 발달하는 식재지반은 Z_2와 Z_4 지반이었다(그림 4 참조). 각 식재지반별 뿌리생장 상태는 똑같은 모양의 형태로 생장하는 것은 아니었지만 생장상태는 표본목을 선정하여 그림 5와 같이 모식화 하였다.

심장근은 준설토가 많은 부분보다 객토가 많은 부분으로 편향하여 발달하고, Z_1식재지반의 주근은 지하 30cm 수평적으로는 50cm 이내 분포하고 있었다. Z_2식재지반은 직근과 수직근의 발달이 지하 40~50cm층 이하에서는 잘 자라지 못하고 심장근과 수평근이 많이 발달하여 있었으며, Z_4식재지반의 심장근은 성토 상부쪽보다는 하부쪽으로 편향하여 발달하고 있었다.

2. 식재지반별 세근의 산뿌리량

각 식재지반별 표토에서 부터 토양깊이 60cm 까지 느티나무의 세근(산뿌리량과 죽은뿌리량)을 통계학적으로 분산분석을 실시한 결과에서 산 뿌리량과 죽은 뿌리량은 식재지반별로 유의수준 0.01% 이내에서 유의한 차이가 있었고, 산 뿌리량이 죽은 뿌리량보다 최소 8.9배(Z_1)에서 최대 20.0배(Z_5) 정도로 많았다(표 1, 그림 5 참조).

각 식재지반별 느티나무 세근의 산 뿌리량은 대성토사면(Z_5), 대성토하부(Z_4), 중성토(Z_3), 대성토정상(Z_6), 객토피복지반(Z_2), 객토매립지반(Z_1) 순으로 각각 113.5, 105.5, 88.3, 81.0, 73.0, 43.3g DM/m^2[7] 이었으며, 죽은 뿌리량은 Z_4, Z_3, Z_6, Z_5, Z_1, Z_2 순으로 각각 7.1, 6.7, 5.9, 5.7, 4.8, 4.5g DM/m^2이었다(표 1 참조).

3. 세근의 수직·수평적 분포 특성

광양만 임해매립지에서 느티나무 세근의 산 뿌리와 죽은 뿌리 수직적 분포는 전체적으로는 지하부로 토심이 깊어짐에 따라 감소하였으나, 공간적 분포 패턴은 식재지반별로 상이하게 나

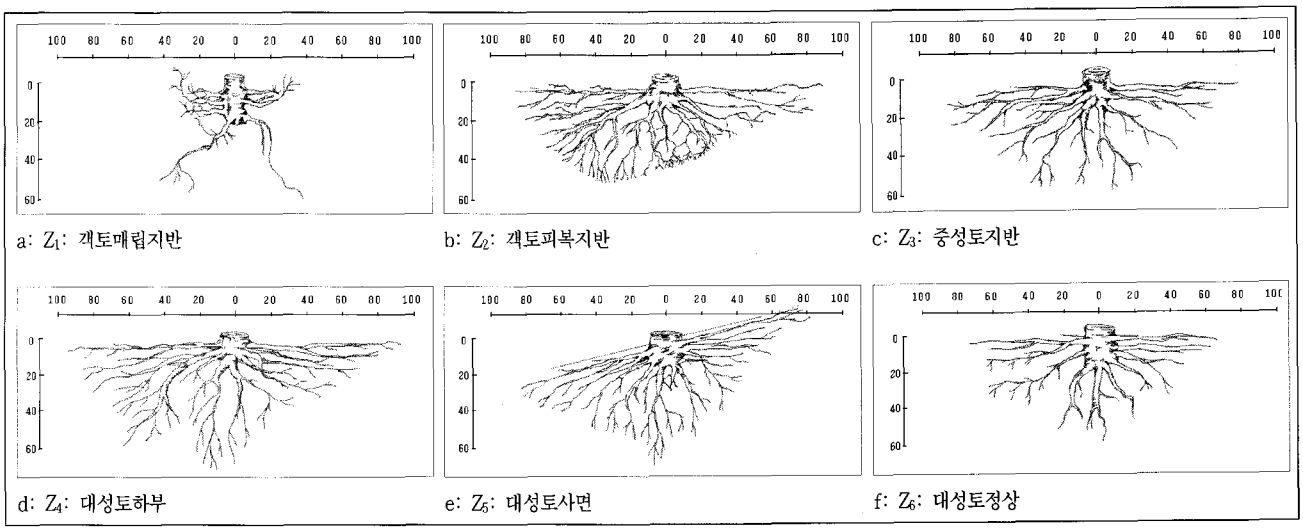


그림 4. 광양만 임해매립지 6개 식재지반의 느티나무 뿌리구조

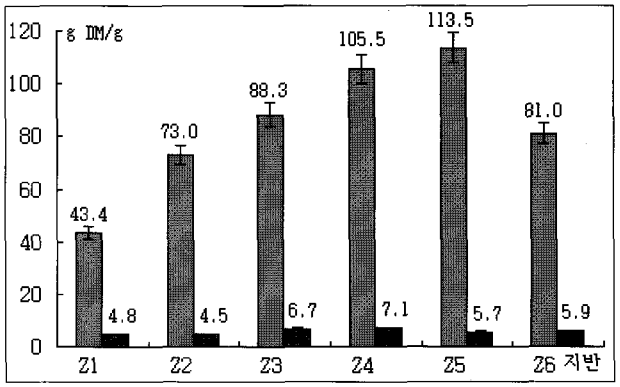


그림 5. 광양만 임해매립지 식재지반별 느티나무 세근량
범례: Z_1: 객토매립지반, Z_2: 객토피복지반, Z_3: 중성토지반, Z_4: 대성토하부, Z_5: 대성토사면, Z_6: 대성토정상
■: fime roots ■: dead roots

표 1. 광양만 임해매립지 느티나무의 식재지반별 잔뿌리량(g DM/m²)

구분	산뿌리	죽은뿌리
객토매립지반(Z_1)	43.3 ^{a}	4.8 ^{a}
객토피복지반(Z_2)	73.0 ^{b}	4.5 ^{ab}
중성토지반(Z_3)	88.3 ^{c}	6.7 ^{d}
대성토하부(Z_4)	105.5 ^{d}	7.1 ^{e}
대성토사면(Z_5)	113.5 ^{e}	5.7 ^{bc}
대성토정상(Z_6)	81.0 ^{bc}	5.9 ^{cd}

*: $^{a, b, c, d, e}$는 Duncan의 다중검정 결과이며, 유의성 1% 이내

타났다(그림 6 참조).

토심이 깊어짐에 따른 느티나무의 세근 산 뿌리량의 분포는 증감의 기울기가 식재지반별로 비교적 일정한 패턴으로 나타났다. 세근 산 뿌리량이 표토로부터 지하부로 깊어질수록 Z_2 식재지반에서는 "3"字型으로 감소-증가-감소를 반복하였고, 나머지 식재지반은 멱함수적으로 급격히 감소하는 추세로 나타났으며, 죽은 뿌리량도 표토에서 지하부로 깊어질수록 감소하는 추세이었다.

세근 산 뿌리량의 층위별 분포는 표토~5cm 층에서 가장 많이 분포하는 식재지반은 Z_3와 Z_4지반이었고, 나머지 지반들은 지하 6~15cm 층에서 가장 많이 밀집되어 있었다.

느티나무 세근의 산 뿌리량의 밀집도는 표토로부터 지하 20cm 부분 세근량이 전체 세근량의 평균 43.3~71.8% 정도로 많이 밀집하여 분포하여 있었다. 표토로부터 지하 20cm 부분의 세근량이 가장 많이 분포한 식재지반의 순서는 Z_1>Z_6>Z_5>Z_2>Z_4>Z_3 순으로 각각 71.8, 62.7, 55.7, 48.9, 45.7, 43.3% 이었다.

Z_2지반에서는 세근의 잔뿌리량 수직적 분포가 "3"字型으로 감소-증가-감소를 반복하였다. 이러한 현상은 세근의 산뿌리량은 표토에서 지하 15cm까지는 변화가 낮았고, 지하 16cm에서 지하 25cm까지 감소하였다가 다시 26cm부터 증가한 다음 지하 36~45cm에서 부터 다시 급감소하였고, 지하 20~40cm층 부분에서 빗자루 모양의 잔뿌리가 매우 높은 밀도로 분포하였기 때문이다. 지하 26~35cm사이에 상층의 객토와 하층의 준설토가 접하는 층은 유리층이 0.5~1cm정도의 두께로 발달하여 있었으며, 유리층에는 세근이 높은 밀도로 분포하여 있었다. 준설토가 있는 부분에서 장근과 개척근이 준설토 속으로 깊게 신장하지 못하고 뿌리 끝에서 빗자루 모양으로 밀집하여 있었다.

Z_3와 Z_4지반은 세근의 수직적 분포가 소폭의 증감을 하면서 지하 60cm까지 비교적 많은 양의 세근이 분포하고 있었다.

본 연구에서 뿌리조사 최하단부인 지하 60cm 층에서 Z_3, Z_4, Z_5식재지반은 산 뿌리량이 4.1~6.5g DM/m² 정도 분포하고 있

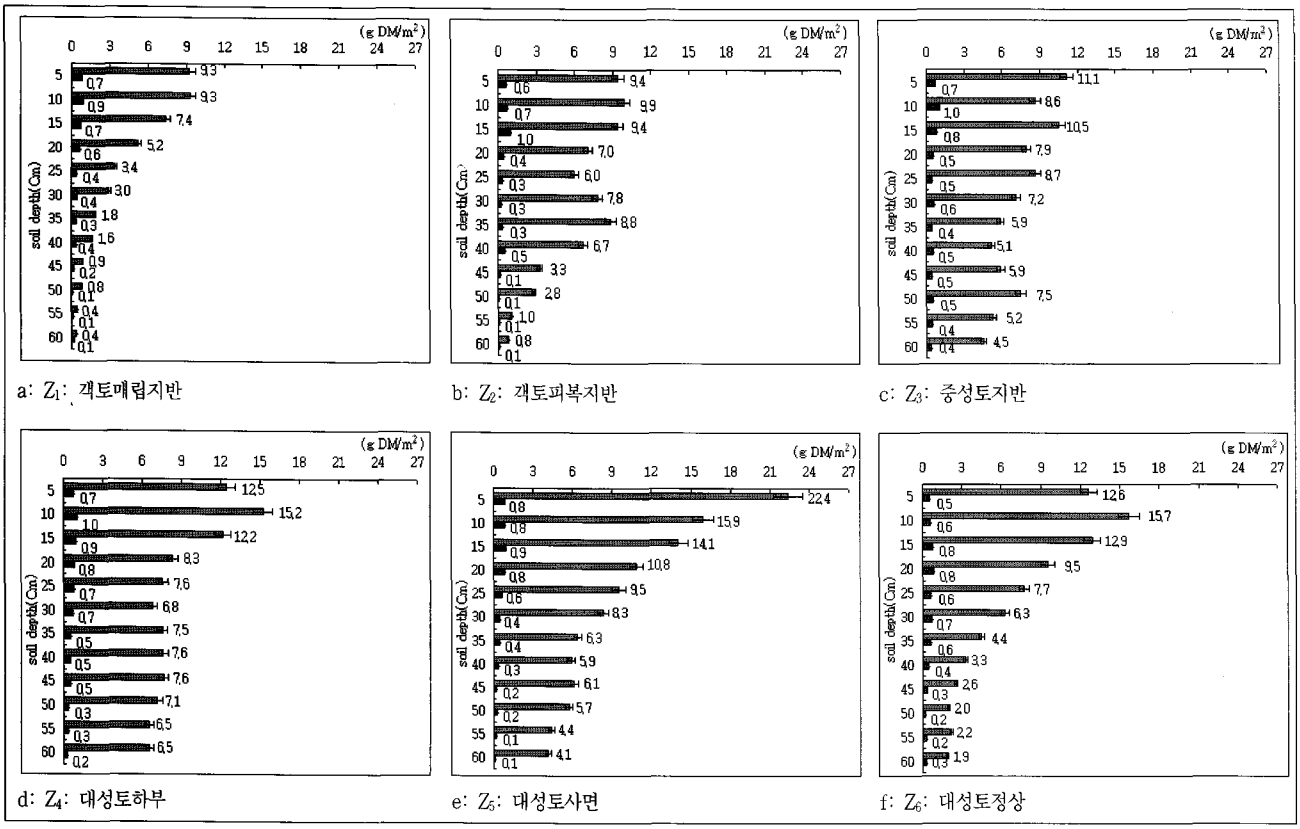


그림 6. 광양만임해매립지 식재지반별 느티나무 세근의 수직적 분포도
범례: ■ Fine-roots, ■ Dead-roots

지만, 나머지 식재지반들에서는 0.4~1.9g DM/m² 정도로 매우 적게 분포하고 있었다(그림 6 참조). Z_1식재지반은 세근 산 뿌리량은 지하 40cm까지 주로 분포하여 있었고, 그 하부에는 뿌리발달이 매우 저조하였다.

느티나무 세근의 수평적 분포는 수간으로부터 수평방향으로 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 및 100cm거리에 따라 산 뿌리량을 통계학적으로 분산분석 결과, 유의수준 5%에서 유의한 차이가 없었지만, 세근량은 수간으로부터 멀어질수록 적어지는 경향이었다(그림 7 참조).

토양환경이 양호한 식재지반(Z_3, Z_4, Z_5, Z_6)에서는 느티나무의 세근 산 뿌리가 수평적으로 넓게 분포하여 있었지만, 토양환경이 불량한 식재지반(Z_1, Z_2)에서는 수간으로부터 멀어질수록 세근 산 뿌리가 매우 적게 나타났다.

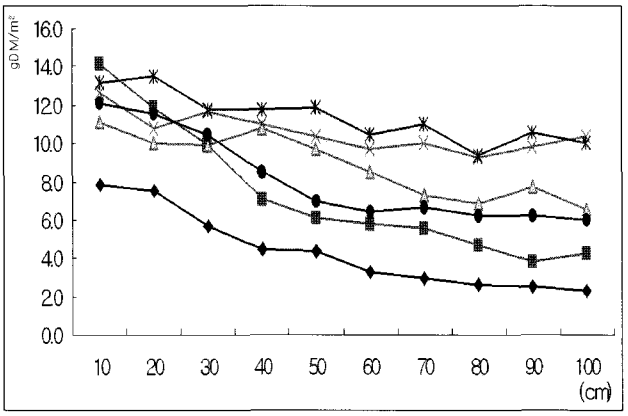


그림 7. 광양만 임해매립지 식재지반별 느티나무 세근 산뿌리의 수평적 분포
범례: Z_1: 객토매립지반, Z_2: 객토피복지반, Z_3: 중성토지반, Z_4: 대성토하부, Z_5: 대성토사면, Z_6: 대성토정상

N. 종합고찰

1. 굵은뿌리 구조의 발달

광양만 임해매립지 느티나무는 토양환경이 양호한 식재지반에서는 뿌리구조 발달이 양호하였지만, 토양환경이 불량한 식재지반에서는 뿌리발달이 비정상적으로 생장하거나 우회하여 생장하는 것으로 보인다.

Z_1식재지반에서 뿌리가 수직적으로나 수평적으로 신장하지 못하여 접시형으로 자라는 것은 후술하는 바와 같이 토양환경이 경화되어 유효토심이 부족하므로 가뭄과 같은 기상환경 변화시 뿌리가 고사하여 직근과 수직근의 신장이 저해되고 있기 때문이다. 뿌리는 토양환경이 양호한 곳에서는 수평뿌리와 수

직뿌리의 발달이 모두 왕성한 뿌리구조로 발달하는데, 독일가문비가 토양환경이 변화함에 따라 직근의 발달이 저조한 접시형의 뿌리로 발달하는 것(Gruber, 1994)과 유사하다. 수목의 뿌리는 건조한 지역에서는 지상부의 생장을 억제하고 화학적 신호를 내어 잔뿌리의 생장을 촉진하고 뿌리의 분지보다는 깊숙히 신장하여 뿌리공간을 확장하는 것으로 알려져 있다(Davice *et al.*, 1989; Smucker *et al.*, 1991).

객토피복지반(Z_2)에서 느티나무의 뿌리발달은 준설토가 있는 부분에서는 직근과 수직근이 발달하지 않고, 심장근과 수평근이 객토량이 많은 쪽으로 편향하여 발달하는 것은 식재지반이 유사한 주변의 곰솔이 수직 방향으로 직근과 수직근이 발달하는 것(김도균과 곽영세, 2004)은 다르다. 염분이 높은 준설토에서 내염성이 강한 곰솔은 내염성이 약한 느티나무(한국종합조경공사, 1979; 김귀곤 등, 1996)보다 직근과 수직근이 더 깊게 발달하며, 심장근의 발달은 느티나무가 더 많이 발달하는 것으로 보인다. 또한, Z_2식재지반에서 심장근이 객토의 깊이가 낮은 쪽보다 높은 쪽으로 편향하여 발달하는 것은 준설토보다는 객토가 많은 토양환경에 뿌리생장이 더 유리하기 때문이다. 이러한 현상으로 보아 염분이 많은 준설토에서 뿌리발달은 수종별로 차이가 있으며, 염분이 있는 곳에서 뿌리생장이 저지되는 것은 회피기작이고, 객토가 많은 쪽으로 발달하는 것은 생존전략으로 생각된다.

Z_4식재지반에서 심장근이 성토 상부쪽보다는 하부쪽으로 편향하여 발달하는 것은 성토 상부쪽보다 하부쪽이 토양수분과 양분의 흡수가 유리하기 때문일 것으로 추정된다.

2. 세근 산뿌리량

일반적으로 수목 뿌리의 수직적 분포는 극히 제한적이며, 잔뿌리는 수분과 양분을 주로 흡수(이경준, 1995)하는데 잔뿌리의 생산성은 군락의 생산성 평가에 귀중한 자료가 된다(Persson, 1980).

광양만임해매립지의 느티나무 세근 산 뿌리량과 죽은 뿌리량이 식재지반별로 통계학적으로 유의한 차이가 있는 것은 주변의 곰솔(김도균과 곽영세, 2004)과 유사하였다. 느티나무 산 뿌리량과 죽은 뿌리량의 차이는 주변의 곰솔이 각각 최소 3.7배에서 최대 9.6배(김도균과 곽영세, 2004)인 것에 비하여 느티나무는 8.9~20.0배로 느티나무가 곰솔보다 2.4~2.0배 정도 더 많은 것으로 나타났다.

식재지반별 산 뿌리량은 주변의 곰솔은 객토피복지반>대성토정상>대성토사면>중성토지반>대성토하부>객토매립지반 순으로 각각 17.8, 8.4, 7.3, 7.3, 4.7, 4.0g DM/m^2 이었던 것과(김도균과 곽영세, 2004) 다르게 나타났다. 이와 같이 식재위치, 식재지반, 식재시기가 같더라도 두 수종의 잔뿌리량이 다르게 나타나는 것은 수종에 따라 독특한 형태를 가지고 있고(이경준, 1995), 같은 유사한 식재지반이라고 할지라도 토양조건이 각각 다르기 때문으로 생각된다. 세근의 산뿌리량은 토양경도가 높은 Z_1지반은 느티나무와 곰솔 두 수종 모두 제일 적었으며, 토양염분이 많은 Z_2지반과 토양환경이 양호한 대성토정상은 Z_6지반에서 곰솔의 잔뿌리량은 많았지만 느티나무는 적게 나타났다. Z_4지반에서의 잔뿌리량은 곰솔은 토양경도가 높아서 적었지만 느티나무는 매우 많았으며, Z_5지반은 곰솔과 느티나무 두 수종 모두 잔뿌리량이 많았다.

세근의 산 뿌리와 죽은 뿌리의 수직적 분포양상이 식재지반별로 상이하게 나타나는 것은 각 식재지반별 토양환경이 다르고, 토양환경 조건에 따라 뿌리의 생리적 회피현상, 개선, 내성이 다르기 때문(김도균과 곽영세, 2004)일 것이다.

3. 세근의 수직 · 수평적 분포

수목의 뿌리량은 표토로부터 지하부로 수직적으로 깊어질수록 감소하는 것이 일반적이다(곽영세, 1993; 이경준, 1995). 본 조사지역의 느티나무 세근 산뿌리량이 표토로부터 지하 20cm 부분에서 세근량이 전체량의 43.3~71.8%정도로 밀집하여 있었다. 이것은 서울 대모산의 신갈나무와 상수리나무숲의 세근이 표토에서 지하 20cm에 전체 세근의 73%와 55%정도로 분포(Kwak and Lee, 1999)하는 것과 유사하다. 그러나 참나무와 소나무의 경우에는 표토에서 지하 12cm이내에서 전체 세근의 90%가 존재(이경준, 1995)하는 것보다는 밀집도가 낮다.

세근의 산뿌리량이 수직적으로 감소하는 것은 지하 깊은 곳의 무산소 상태에서 산소의 부족현상으로 뿌리의 밀도가 적어지는 것과 토양의 깊이에 따라 영양염류, 공극률, 수분함량 등이 지수함수적으로 감소하는 현상(Persson, 1980; Kwak and Kim, 1994; 강영희와 신영오, 1996)과 관계가 있을 것이다.

수목의 세근 분포가 자연지역에서 표토층에 집중 분포하는 것은 표토부분이 양분과 수분, 공기의 상태, 토양 광물 등이 상부층에서 가장 우호적(Kwak and Kim, 1994)이기 때문이다. 또한, 토양공극(Harris *et al.*, 1977; Castellanos *et al.*, 1991)과 통기성이 좋아서 뿌리호흡이 유리하고(이경준, 1995), 낙엽분해에서 오는 많은 영양염류(Harris *et al.*, 1977; Castellanos *et al.*, 1991)와 무기영양분의 함량이 높으며, 적은 강우량에서도 곧 수분을 이용할 수 있기(이경준, 1995) 때문이다.

광양만 임해매립지에서 느티나무의 산 뿌리량이 0~5cm층보다 6~10cm층에서 더 많이 발달하고 있는 것은 주변의 임해매립지 곰솔(김도균과 곽영세, 2004)과 유사하다. 이러한 현상은 유기물층과 지피식물 및 수관의 울폐도가 낮고, 식재 당시에 수목을 깊게 식재하였기 때문으로 추정된다. 유기물층과 지피식물 및 수관의 울폐도 등이 낮으면 토양 건조가 계속되거나 여름에 높은 토양온도가 계속되면 세근이 고사하여 생산과 생

장이 저하(곽영세, 1993) 되기 때문이다. 또한 수목을 깊게 식재하게 되면 표토의 상단 부분에서 뿌리호흡과 양분의 흡수가 저해된다(김도균과 곽영세, 2004).

Z_1지반에서 직근과 수직근이 발달하지 못하고, 잔뿌리량도 매우 적으며, 천근화 되고 있는 것은 주변의 객토매립지역에서 곰솔이 토양경도 평균 27mm 이상으로 경화되어 뿌리 발달이 저조한 것(김도균과 곽영세, 2004)과 유사하다. 이처럼 뿌리발달이 저해되고 있는 것은 지하부 20~40cm 이하에 토양경도가 평균 26.4mm이고, 토양함수비가 5.9%로 식재지반 중에서 가장 낮고, 평균 pH 7.8, Ca^{++} 0.966me/100g으로 가장 높기 때문에 뿌리 발달이 저해되고 있는 것으로 보인다. 수목 근계부 신장이나 분지성이 토양경도가 크면 수목 생장을 저해하는데(寺田正男, 1980), 수목 세근의 분포와 성장이 견밀도가 높을수록 세근의 발육 및 성장이 역학적인 영향을 받아 세근이 성장하지 못한다(조두희, 1981). 토양경도가 22~23mm를 초과하면 토양이 긴밀하여져서 근계의 신장을 억제하고, 25~27mm를 초과하게 되면 현저하게 제한되며, 29mm를 초과하면 근계신장을 기대하기 어렵기(이규석 등, 2003) 때문이다.

Z_2지반에서 세근의 산 뿌리량의 수직적 분포가 "3"字型으로 감소-증가-감소를 반복하는 것은 식재지반의 이질적인 토층의 형성과 유리층의 발달, 하층의 준설토에서 뿌리 발달이 제한되고 있기 때문이다. 지하 26cm~35cm 사이의 유리층에서 뿌리 발달이 정상적으로 발달하지 못하고 뿌리의 신장과 고사가 많이 발생하는 것은 주변 임해매립지의 곰솔(김도균과 곽영세, 2004)과 유사하다. 또한, 상층의 객토와 하층의 준설토 층위 간에 토성, 토양함수량, 토양전기전도도, Na^+, K^+, Mg^{++}, SAR 등이 급증가하거나 급감소하는 등(김도균과 김용식, 2005)의 토양성질이 매우 이질적이기 때문으로 보인다. 하층의 준설토가 부분에서 장근과 개척근이 더 이상 신장하지 못하고 빗자루 모양으로 모여 있는 것은 주변 임해매립지의 곰솔(김도균과 곽영세, 2004)과 유사하였다. 이러한 현상은 준설토가 염분이 높기 때문에 뿌리가 잘 발달되지 못하고 있는 것으로 염분이 높은 토양에서는 곰솔과 느티나무의 장근과 개척근이 제한을 받지만 곰솔이 내염성이 강하여(한국종합조경공사, 1979) 김귀곤 등, 1996) 느티나무보다는 더 잘 적응하는 것으로 생각된다.

Z_3, Z_4, Z_5지반은 성토지반으로 유효토심이 깊고, 토양이 경화되지 않았고, 염류에 교란되지 않아서 토양환경이 양호하기 때문에 뿌리의 발달이 양호하며, 세근 산뿌리의 공간적 분포도 양호한 것으로 보인다.

Z_6식재지반은 대성토를 한 정상부로서 형태적으로는 토양환경이 양호한 편이나 세근 산뿌리량이 성토지반들에 비하여 상대적으로 적은 것은 토양성질이 Ca^{++} 0.046me/100g과 T-C는 0.088%으로 6개 식재지반 중에서 가장 낮은 것과 식재 위치가 성토정상부에 위치하여 있기 때문이다. 성토정상부는 적은 양의 우수시 토양 중으로 수분이 침투되지 못하고, 표토부분에 유기물이 유실되어 유기물 축적의 기회가 적으며, 표토가 나지화 되어 있어 온도나 가뭄에 민감하게 반응하여 뿌리생장이 불리하다.

광양만 임해매립지의 느티나무 뿌리는 식재지반의 수목 생장 유효토심과 광물질 등이 수직적으로 비교적 균질하게 분포되어 있기 때문에 뿌리가 표토에 밀집되지 않고 지하부로 깊게 분포한다. 조사부 근권 최하단부에서 세근의 산뿌리 분포는 토양환경이 양호한 식재지반이 불량한 식재지반보다 더 많이 분포하는 것은 토양의 교란 정도에 따라 세근의 분포 양상도 다르게 나타나는 것(김도균과 곽영세, 2004)으로 보인다.

세근이 수간에서 멀어질수록 감소하는 경향은 조림지의 세근 수평적 분포가 주간으로부터 거리가 멀어질수록 감소하는 경향(Ford and Dean, 1977; Persson, 1980)과 주변의 임해매립지 곰솔(김도균과 곽영세, 2004)과 유사하다. 이러한 현상은 뿌리가 수분과 영양염류를 효율적으로 흡수하려는 식물의 전략 때문에(Russell, 1977) 수간으로부터 방사상으로 수평하게 외부 쪽으로 뻗어나가기 때문(김도균과 곽영세, 2004)일 것이다.

4. 광양만 임해매립지 느티나무 생장예측

나무의 뿌리는 토양의 습도, 온도, 영양분의 상태, pH, 토양경도, 밀도, 토양의 통기성, 수분의 상태 등에 따라 반응하는데(이도형, 2001), 영양분과 토양수분이 많은 지역에서는 건조하고 척박한 지역보다 뿌리가 더 잘 발달하는 것과 관계(Hoffmann, 1939)가 있다. 이와 같이 광양만 임해매립지의 느티나무는 식재 이후에 식재지반별로 뿌리생장의 차이가 크게 차이가 있는 것으로 나타났으며, 그 원인은 식재지반별로 토양환경이 다르기 때문이다. 느티나무의 뿌리발달과 세근 산 뿌리의 공간적 분포가 식재지반별로 각각 다르게 나타나는 것은 토양환경 조건에 따라 뿌리의 생리적 적응방법에 따라 회피기작, 개선, 내성이 다르기 때문일 것이다.

느티나무 뿌리생장에 저해되는 토양환경요인은 높은 토양경도, 토양염분, 낮은 토양함수량, 표토부 유기물의 낮은 축적과 적은 우수시 토양함수량 축적 기회가 적은 것들이었다. 토양경도와 토양염분이 높아서 유효토심이 낮은 식재지반에서는 뿌리의 생장이 절대적으로 제한을 받아 뿌리가 비정상 구조로 천근화 되어 수목 생장이 불량해질 것이다. 낮은 토양함수량, 표토부 유기물 축적과 적은 우수시 토양함수량 축적 기회가 적은 식재지반에서는 느티나무가 생장은 할 것이나 다른 식재지반에 비하여 생장량이 상대적으로 낮아져서 불균질한 식생경관이 나타날 것으로 보인다.

5. 느티나무 생장 토양환경 개선방향

임해매립지는 토지이용 특성상 고밀도 이용이 많고, 경직스러운 경관이 많은데 임해매립지의 자연성을 회복시키고, 우수한 식생경관 창출과 식재 목적을 달성하기 위해서는 식재하는 수목이 정상적으로 생장하여야만 될 것이다. 임해매립지에서 식재 수목이 정상적으로 생장하기 위해서는 수목 생장에 불리한 토양환경을 개량하여야 하고, 식재지반의 불량한 토양환경은 개선하여 주어야 할 것이다.

광양만 임해매립지 느티나무 생장에 불리한 토양환경의 개선은 첫째로는 높은 토양경도로 나타나는 지반은 심토파쇄를 하거나 경운을 하여야 한다. 둘째로는 토양염분이 높은 토양은 객토로 치환을 하여야 한다. 셋째로는 상층과 하층의 토양이 이질적인 층위 구조를 갖는 식재지반에서는 유리층이 발생하지 않도록 상층과 하층 사이에 완충층을 만들어 주어서 뿌리발달이 비정상적으로 발달하지 않도록 하여야 한다. 끝으로는 표토부 유기물 축적과 적은 우수시 토양함수량 축적 기회가 적은 식재지반에서는 표토부를 보호할 수 있고, 유기물 축적이 가능하며, 온도나 가뭄에 민감하게 반응하지 않을 수 있는 부엽토 덮어주기, 파쇄칩포설, 볏짚덮어주기 등을 하여야 할 것이다.

V. 결론

본 연구는 광양만 임해매립지 6개의 식재지반에서 느티나무 뿌리의 구조와 세근의 산 뿌리 및 죽은 뿌리의 공간적 분포를 조사·분석하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. 임해매립지에서 식재지반의 토양환경이 양호한 식재지반(Z_3, Z_4, Z_5, Z_6)은 굵은뿌리인 직근, 측근, 심장근이 고르게 잘 발달하고, 토양환경이 불량한 식재지반(Z_1, Z_2지반)은 직근이 잘 발달하지 못하는 것으로 나타났다.
2. 심장근은 유효토심이 낮은 식재지반(Z_2)과 대성토하부(Z_4)에서 발달하였다. 유효토심이 낮은 식재지반에서 뿌리생장은 조금이라도 객토량이 많은 부분으로 편향하여 심장근이 발달하였으며, 대성토하부지반에서는 상부쪽보다는 하부쪽으로 심장근이 발달하였다.
3. 각 식재지반별 느티나무 세근의 산뿌리량은 대성토사면(Z_5)>대성토하부(Z_4)>중성토(Z_3)>대성토정상(Z_6)>객토피복지반(Z_2)>객토매립지반(Z_1) 순으로 토양환경이 양호한 식재지반이 불량한 식재지반 보다 세근의 산뿌리량이 많았다.
4. 느티나무의 세근 산 뿌리량이 죽은 뿌리량보다 최소 8.9배(Z_1)에서 최대 20.0배(Z_5) 정도로 많았다. 세근 산 뿌리와 죽은 뿌리는 표토로부터 지하부로 토심이 깊어질수록 감소하였으며, 수평적 분포도 수간으로부터 멀어질수록 감소하는 경향이었다.
5. 느티나무의 산 뿌리 생장에 저해되는 요인은 토양의 경화, 토양함수량이 낮은 토양, 염류가 높은 토양(Z_1, Z_2) 등이었다.
6. 임해매립지에서 균질한 조경수목의 생장을 도모하기 위해서는 조경수목 식재시 토양환경을 양호하게 조성하여야 하고, 염류에 교란되지 않도록 하여야 하며, 토양환경의 불량 환경요인을 파악하여 개선하여야 할 것으로 사료되었다.

본 연구는 임해매립지에 대표적으로 조성되고 있는 6개 식재지반을 대상으로 느티나무의 뿌리를 조사·분석 한 결과에서 임해매립지에서 느티나무의 뿌리는 식재지반의 토양환경에 따라 크게 차이가 있으며, 수목 생장에도 영향을 미치고 있는 것으로 나타났다.

이러한 연구 결과는 임해매립지 조경식재지반 조성과 토양개량 및 수목생장 유지관리에 유용한 정보를 제공할 수 있을 것으로 생각하며, 향후에는 보다 다양한 수종과 특수지반들을 대상으로 조사·연구하여야 할 것으로 사료되었다.

주 1. 굵은 뿌리는 뿌리의 굵기가 5mm 이상인 뿌리를 통칭한다.
주 2. 측근은 표토부분에서 수평적으로 뻗어 나가는 뿌리이다.
주 3. 심장근은 측근과 직근 사이의 사선 방향으로 뻗어 나가는 뿌리이다.
주 4. 직근은 지하부로 깊숙이 뻗어 나가는 뿌리이다.
주 5. 수직근과 수평근은 2~5mm사이의 중간뿌리로서 수직근은 굵은 뿌리에서 수직방향으로 발달하고, 수평근은 굵은 뿌리에서 수평방향으로 발달하는 뿌리이다.
주 6. 세근은 뿌리의 굵기가 2mm 이하인 뿌리로 산 뿌리와 죽은 뿌리를 통칭한다.
주 7. g DM/m^2(Dry matter per square meter)는 나무뿌리의 지하부 m^2 당 분포되어 있는 건중량을 뜻한다.

인용문헌

1. 강영희, 신영오(1996) 식물영양학. 서울. 도서출판 아카데미서적.
2. 곽영세(1993) 단양 석회암지역 식물군락의 생산성 및 호석회식물과 혐석회식물의 분류. 서울대학교 대학원 박사학위논문.
3. 김귀곤, 김남춘, 김농오, 김승환, 김영빈, 김용기, 김용식, 김용태, 문석기, 방광자, 송근준, 신우균, 심우경, 윤근영, 이병룡, 최만봉, 최상범(1996) 조경식재설계론. 서울. 문운당.
4. 김도균(2000) 임해매립지의 조경수목 생장 특성 -광양만의 곰솔과 느티나무를 중심으로-. 영남대학교 대학원 박사학위논문.
5. 김도균(2006) 임해매립지 조경식재. 서울: 광일문화사.
6. 김도균, 곽영세(2004) 바다매립지 곰솔 이식 후 생장특성(Ⅰ) -세근 공간적 분포를 중심으로-. 한국조경학회지 31(6): 77-84.
7. 김도균, 김용식(2005) 광양만 임해매립지 느티나무 식재지 토양의 수직적 특성 변화. 한국조경학회지 33(2): 60-70.
8. 김도균, 박종민(2004) 광양만 바다준설매립지 느티나무의 식재지반별 토양이화학적 특성. 한국조경학회지 31(6): 85-94.
9. 이경준(1995) 수목생리학. 서울. 서울대학교출판부.
10. 이규석, 김민수, 송관철, 우창호, 김남춘, 남상준, 구본학, 황국웅, 이동근 편역(2003) 녹을 창조하는 식재기반. 輿水 肇·吉田 博 宣. 서울: 보문당. 384.
11. 이도형(2000) 토양 산성화 정도에 따른 독일가문비나무(*Picea abies* [L.] Karst.) 뿌리구조의 특성에 관한 연구. 한국임학회지 89(5): 677-684.
12. 이도형(2001) 토양산성화 정도에 따른 독일가문비나무(*Picea abies* [L.] Karst.)의 뿌리 발달과 분지형태에 관한 연구. 한국임학회지 90(4):

458-464.
13. 조두희(1981) 토양의 경도가 樹根의 분포에 미치는 영향 -사방시공지 후식 리기테다 소나무 조림에서. 전남대 농어촌개발연구 16(1): 17-25.
14. 포항종합제철주식회사(1993) 영일만에서 광양만까지 -포항제철25년사. 428-433.
15. 한국종합조경공사(1979) 조경용소재도감 -수목, 초목, 구조물-. 삼화인쇄주식회사. 서울. 100.
16. 寺田正男(1980) 土壤の堅密度と樹木の根系生長. 日林誌 62(4): 153-155.
17. Castellanos, J., M. Maass and J. Kummerow(1991) Root biomass of dry deciduous tropical forest in Mexico. Plant and Soil 131, Kluwer Academic Publish in the Netherlands.
18. Davices, W. J., S. Rhizopoulou, R. Sanderson, G. Taylor, J. C. Metcaffe and J. Zhang(1989) Water relation and growth of roots and leaves of woody plants. In, Biomass production by fast-growing trees. Perira, J. S. and J. J. Lansberg(eds.). Klumer Academic Publishers, Netherlands. pp.13-36.
19. Fitter, A. H.(1985) Functional significance of root morphology and root system architecture. In ecological interactions in soil, special publication of the British Ecological Society, No.4(A.H. Fitter, Eds.). Blackwell Scientific, Oxford.
20. Ford, E. D. and J. D. Deans(1977) Growth of Sitka spruce plantation: spatial distribution and seasonal fluctuations of length, weight and carbohydrate concentration of fine roots. Plant and Soil 45: 463-485.
21. Gruber, F.(1994) Morphology of coniferous trees: possible effects of soil acidification on the morphology of Norway spruce and silver fir. In effects of Acid Rain an Forest Processes pp.265-324.
22. Harris, W. F., R. S. Kinerson and N. T. Edwards(1977) Comparison of belowground biomass of natural deciduous forests and loblolly pine plantations. In J. K. Marshall(ed.). The belowground ecosystem: a synthesis of plant-associated process. Science Series 26, Range Science development, Colorado State University, Fort Collines, Colorado.
23. Hoffmann, R.(1939) Vergleichende Untersuchungen über die Wurzeltracht forstlicher Kleinpflanzen, Diss. Gießen.
24. Kwak Yong-se and Choong-il Lee(1999) Community structure, phytomass and primary productivity in thuja orientalis Stands on Limestone Area. Environmental Sciences 3(3): 189-196.
25. Kwak, Y. S. and J. H. Kim(1994) Spatial distribution of fine roots in *Quercus mongolica* and *Quercus acutissima* stands. The Korean Journal of Ecology 17(2): 113-119.
26. Persson, H.(1980) Spatial distribution of fine root growth, mortality and decomposition in a young scots pine stand in Central Sweden. Oikos 34: 77-87.
27. Russell, R. S.(1977) Plant root systems, there function and interaction with the soil. McGraw Hill. U. K. 298.
29. Smucker, A. J. M., A. Nunez-Barrios and J. T. Richle(1991) Root dynamics in drying soil environments. Belowground Ecology 2: 4-5.
30. Waisel, Y., A. Eshel and U. Kafkafi(1991) Plant roots -The hidden half. Marcel Dekker, Inc. 186.

원 고 접 수: 2007년 8월 1일
최종수정본 접수: 2007년 11월 6일
3인익명 심사필