

바다 매립지 곰솔 이식후 성장특성(I)

- 세근 공간적 분포를 중심으로 -

김도균* · 광영세**

*호남대학교 조경학과 · **포항산업과학연구원

Growth Characteristics of *Pinus thunbergii* Parl. after Replanting in Reclaimed from the Sea(I)

- On the Spatial Distribution of Fine Root Phytomass -

Kim, Do-Gyun* · Kwak, Young-Se**

*Dept. Landscape Architecture, Honam University,

**Env. Conservation Res. Team, Research Institute of Industrial Science & Technology

ABSTRACT

This study was carried out to analyze the vertical and horizontal distribution of fine root biomass of *Pinus thunbergii* transplanted in reclaimed land from the sea near Gwangyang Bay. The fine-root biomass according to 6 planting ground types were as follows: 98.5 g DM/m² for P2, 51.1 g DM/m² for P6, 47.8 g DM/m² for P5, 44.6 g DM/m² for P3, 38.2 g DM/m² for P4, 31.8 g DM/m² for P1, respectively. The vertical distribution of fine root biomass decreased at descending soil depths of the 6 mounding types. Fine root biomass was 31~55% in the topsoil of 20cm depth. Fine root biomass that were related to the distance from the nearest tree were unevenly distributed horizontally in 6 stands. Spatial distribution patterns of fine root biomass were closely related to soil hardness and alkalic cation (Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Na⁺, K⁺) concentrations. Therefore, in order to have good condition for the growth of landscaping plants, we suggest that there is a need for the construction of planting grounds as well as a need for soil improvement in bad soil environments.

Key Words : *Planting Ground, Landscaping Plants, Soil Environment, Fine Root Biomass, Fine Root Necromass.*

† **Corresponding author** : Do-Gyun Kim, Dept. of Landscape Architecture, Honam University, Kwangju 506-714, Korea, Tel. : +82-61-753-1793, E-mail : doaha@hanmail.net

I. 서론

바다매립지는 국토의 효율적인 이용을 목적으로 1960년대 이후 대규모로 조성되어 왔으나 조성과정에서 자연경관과 생태계가 파괴되고, 환경변화가 심하여 인간중주의 생활환경과 자연경관의 개선 그리고 생태계 복구 및 복원을 위하여 조경수목을 식재하는 사례가 증가하여 왔다. 바다매립지의 녹화에 있어서 곱솔은 생태적 특성상 내염성, 내조성, 내건성, 내척박성이 강하여 선호도가 가장 높아 대량식재되고 있는 바다매립지 녹화의 대표적인 수종이다(김도균, 2000).

그러나 바다매립지에 곱솔을 식재한 이후 식재지반 별로 생장이 양호한 지역과 불량한 지역이 뚜렷하게 나타나 균질한 식생경관이 조성되지 못하는 경우가 많으므로 녹화의 목적달성을 위한 식재방법과 유지관리 개선을 위해서는 녹화 식물의 생리·생태적 특성을 이해하여야 할 것이다.

수목의 성장상태를 파악하는데는 지상부 성장상태 관찰법과 지하부의 성장상태 관찰법 등이 있는데, 지하부에 해당하는 뿌리는 물과 양분을 흡수하고 저장하며, 호흡하고, 지지작용을 하는 등 식물체 성장에 매우 다양한 기능을 수행하며(Fitter, 1985), 토양환경의 변화에 따라서 역동적으로 변화하는 특성이 있다(이경준, 1995). 특히, 수목의 세근량에 대한 조사는 수분과 양분의 공급상태에 따라 지하부의 생체량이 크고 역동적으로 반응하여 이차적인 성장에 관여(Persson, 1980;

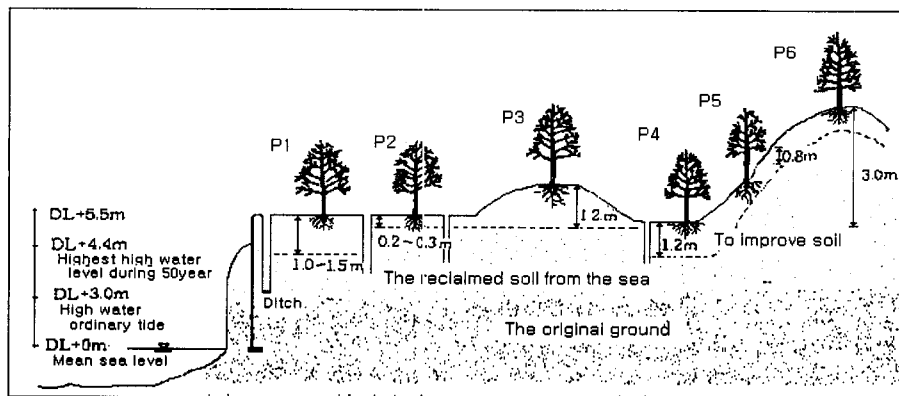
Smucker, *et al.*, 1991)하므로 세근의 공간적 분포에 대한 조사는 뿌리의 구조와 발달상태, 뿌리체계의 배열, 토양환경과의 상관성, 뿌리성장과 물질대사의 여러 가지 양상에 대한 정보를 제공(Waisel and Kafkafi, 1991) 할 수 있을 것이다.

수목 세근량의 공간적 분포에 대한 기존의 연구는 세근의 형태 및 세근의 공간적 분포와 계절별 변화(Ford and Dean, 1977), 열대우림지역에서의 세근량(Castellanos *et al.*, 1991), 석회암지역에서 호석회식물과 협석회식물의 세근의 분포(광영세, 1993) 등이 있으나 바다매립지 조경식물의 세근에 대한 연구는 아직 발견되고 있지 않다.

최근, 바다매립지의 녹화가 증가 추세인 반면, 녹화 수목의 생육상태는 시간의 경과에 따라 수세가 쇠퇴하거나 고사하는 실정으로 수목의 생육관리에 필요한 수목 생리·생태학적 기초 자료가 필요하지만 우리나라는 바다매립지 수목식재의 역사가 짧으므로 참고로 할 자료가 부족한 실정이다(김도균, 2000).

따라서 본 연구는 광양만 바다매립지에서 6개의 식재지반별 토양환경에 따른 곱솔 세근량의 수직·수평적 공간분포에 대한 특성을 조사·분석하여 뿌리성장 상태를 파악함으로써 조경식재 및 유지관리에 필요한 기초적인 지식을 제공하는데 그 목적이 있다.

II. 연구 방법



P1: 객토매립지반, P2: 객토평복지반, P3: 중성토지반, P4: 대성토하부, P5: 대성토사면, P6: 대성토정상
그림 1. 조사지역의 식재지반 유형

1. 조사지 개황

조사 대상지는 해저의 갯벌을 준설 매립한 전라남도 광양시 광양제철소내의 바다매립지이며, 식재지반 유형의 구획은 식재지반의 높이와 객토량 및 식재의 위치에 따라 크게 객토매립지반(P1), 객토피복지반(P2), 중성토지반(P3), 대성토지반(P4)으로 구분하였고, 대성토지반은 다시 식재 위치에 따라 사면(P5)과 정상(P6)으로 세분하였다(그림 1 참조).

본 연구는 바다매립지 조경수목의 성장 특성에 대한 연속 연구로서 조사 대상지의 바다매립지반의 조성, 식재지반의 조성, 토양환경의 특성, 기후의 특성 등에 대한 내용은 선행연구인 임해매립지 토양환경이 곰솔과 느티나무의 생육에 미치는 영향(김도균 등, 2000), 광양만 임해매립지 곰솔 식재지역 토양환경의 특성(김도균 등, 2001; 김도균, 2001)과 연륜생장의 특성(김도균 등, 2002)에 나타난 바와 같다.

2. 재료 및 조사방법

공시수목인 곰솔의 식재시기 및 규격은 P2지반에는 1989년 12월에 수고 2.5×수관폭 0.8, 분의 크기 30~35cm의 크기를 식재하였고, 나머지 지반에는 1991년에 수고 1.5×수관폭 0.8, 분의 크기 20~25cm의 묘목을 식재거리 1.4~1.7m의 간격으로 식재하였다. 공시목의 세근의 공간분포에 대한 조사는 식재 7년 후인 1998년 10월부터 1999년 1월 사이의 휴면기에 6개 식재지반

유형별로 평균목법에 의하여 5주씩을 선발하여 조사하였다.

세근의 조사는 곰솔 1그루 당 수직적으로는 표토에서 깊이 60cm까지 5cm 간격으로 12단계로, 수평적으로 수간으로부터 11~105cm까지 10cm 간격으로 10등분하였다. 채굴 반복수는 남쪽과 북쪽에서 각각 4반복하였고(n=28,800), 채굴기구는 내경의 직경 4.3cm, 높이가 5cm의 철재 코아를 이용하여 표토에서 수직으로 삽입하여 채굴하였다(그림 2 참조). 세근의 선별은 흙과 분리가 가능한 0.06~2mm의 체를 이용하였고, 산뿌리와 죽은뿌리를 구분하여 85℃에서 48시간 건조시킨 후 건중량을 측정하였다.

3. 통계분석

자료의 분석은 SAS ver 6.12(SAS Institute Inc., 2000)를 사용하여 ANOVA(analysis of variance procedure)의 Duncan's multiple range test를 통하여 비교하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 식재지반별 세근의 산뿌리량

곰솔의 세근은 산 뿌리량과 죽은 뿌리량은 분산분석 결과 통계학적으로 유의수준 1% 이내에서 식재지반별로 차이가 있었고, 산뿌리량은 죽은 뿌리량보다 3.7~

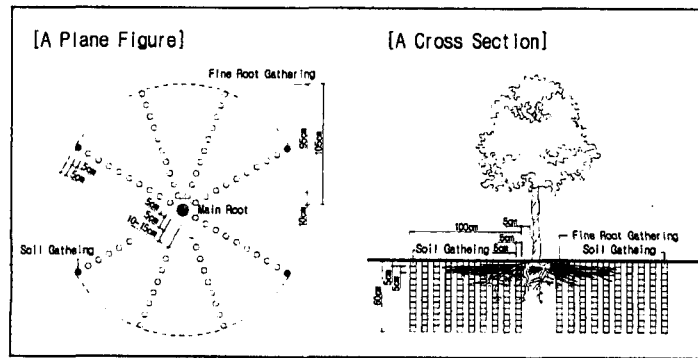


그림 2. 토양 및 세근 채굴도

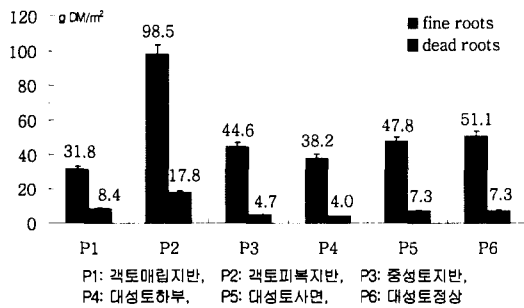


그림 3. 입해매립지 식재지반별 곰솔 세근의 분포량

9.6배 많았다(그림 3 참조).

식재지반별 곰솔 세근의 산뿌리량은 객토피복지반(P2), 대성토정상(P6), 대성토사면(P5), 중성토지반(P3), 대성토하부(P4), 객토매립지반(P1) 순으로 각각 98.5, 51.1, 47.8, 44.6, 38.2, 31.8g DM/m²이었으며, 죽은 뿌리량은 P2, P1, P5, P6, P3, P4 순으로 각각 17.8, 8.4, 7.3, 7.3, 4.7, 4.0g DM/m²이었다.

세근의 공간적 분포양상은 P1과 P4지반에서는 뿌리 활착이 불량하여 주로 식재 당시의 분 주변에 밀생되어 있고, 다른 식재지반에서는 비교적 뿌리의 활착이 잘 되어 넓고 깊게 분포하였다.

객토매립지반(P1)에서 세근의 산뿌리량이 가장 적은 것은 토양의 경도가 27mm 이상 높고, Na⁺ 0.8 meq/100g, Mg⁺⁺ 0.73 meq/100g으로 높아 뿌리생장에 불량한 토양환경(김도균, 2001)과 관계가 있을 것이다. 토양경도가 27mm 이상이면 식물의 생장이 지장을 초래하는데, 견밀도가 높을수록 역학적인 저항을 받아 세근이 발육 및 성장되지 못하고, 지표경도의 증가에 따라 세근의 수가 감소하는 경향이 하층보다 상층이 더 크기 때문(新田, 1976; 조두희, 1981)일 것이다. 또한 식물의 생장에 있어서 Na⁺과 같은 특정 이온이 너무 높으면 독성(toxicity)을 갖게 되어 단백질 합성과 무기 질소의 편입을 억제시키는 등의 생리장해로 식물의 생장억제를 초래(강영희와 신영오, 1996)하기 때문이다.

객토피복지반(P2)에서 세근의 산뿌리량이 가장 많았는데, 이는 상층의 객토에서 균근이 많이 발달되어 있었고, 객토와 준설토의 유리층에서 산뿌리가 밀집하여 층을 이루었으며, 하층의 40~55cm에서 외생균근의 분포가 많았기 때문이다. 객토피복지반(P2)의 토양환

경은 준설매립지반 위에 객토가 PL+20~30cm로 피복되어 상층의 객토와 하층의 준설토가 토양성질이 서로 이질적이었고, 토양함수량은 4.8%로 낮았으며, Na⁺은 0.81meq/100g(김도균, 2001)으로 높았기 때문으로 보인다. 하층에서 많은 균근이 발생하는 것은 일반적으로 식물의 생육이 불리한 한계토양(marginal soil)에서 생태적으로 중요한 위치를 차지하고 있고, 건조한 토양에서 수분을 흡수하는 능력이 커서 세근의 생산을 높이기 때문(이경준, 1995)일 것이다.

중성토지반(P3)은 PL+120cm로 성토되어 있어도 세근량이 적은 것은 하부층의 토양경도가 25mm 이상(김도균 등, 2001)으로 높기 때문인 것으로 사료된다.

PL+80~120cm로 객토가 많은 대성토하부(P4)에서 세근량이 적은 것은 지하부의 20~45cm 층에서 경도가 높고, pH 7.5 이상의 알칼리성 토양으로 높은 Ca⁺⁺농도와 관계가 있다. 또한 토양경도가 높은 층에서 세근이 분포하던 이식초기 생장이 불리하였고, 잡석 사이의 토양이 있는 부분에서 세근이 많이 분포하는 것이 발견되었는데 이는 잡석 사이의 토양이 완충되어 있어서 뿌리생장에 유리한 조건이기 때문으로 생각되었다.

대성토사면(P5)과 정상(P6)에서 산뿌리가 많고 세근이 수평적으로 넓고 수직적으로 깊게 확장하여 생장되어 있었다. 이것은 대성토지반이 준설토로 PL+200~250cm 정도로 성토한 그 위에 객토를 PL+80~120cm 정도 덧씌우기 한 지반으로서 대성토사면(P5)이 PL+120cm였고, 토양경도가 1.9cm²/kg, 토양함수량이 9.5%, 토양 pH 5.3, 토양전기전도도가 0.21dS/m, Na⁺ 0.22meq/100g으로 토양환경이 양호하였으며, 대성토정상(P6)은 PL+300~350cm로, 토양경도 19mm, 토양함수량이 11.1%, 토양 pH 6.3, 토양전기전도도가 0.21 dS/m, Na⁺ 0.23 meq/100g(김도균, 2001)으로 뿌리생장에 양호한 토양환경이었기 때문일 것이다.

평지인 P1과 P4에서 세근이 수간 주변에 밀생하여 분포하였는데, 이는 토양이 답압되고, 토심이 얇아 토양온도나 수분의 변화 등의 토양의 환경 변화에 민감하여 세근이 넓게 뻗어나가지 못하고 수간 부분에 밀생한 것으로 판단되었다.

죽은 뿌리량은 객토피복지반(P2)이 성토지반(P3, P5, P6) 보다 3~4배 많았는데, 이는 객토피복지반이 후술

하는 바와 같이 유효토심이 얇고, 깊이 45~55cm 이하의 토양환경이 염류에 교란되었기 때문에 죽은 뿌리가 많이 발생한 것으로 추정되었다. 이러한 세근의 죽은 뿌리량이 토양 깊은 층에서 장기간에 걸쳐 증가하게 되면 수직뿌리에서 반수직뿌리, 편평뿌리 또는 접시형뿌리로 발달하게 되고, 이러한 변화는 도관의 감소와 수관의 생장을 저해(Gruber, 1992)할 것으로 예상된다.

2. 세근의 수직적 분포

광양만 임해매립지에서 곰솔 세근의 산뿌리와 죽은 뿌리 수직적 분포는 전체적으로는 토심이 깊어짐에 따라 감소하였으나, 공간적 분포 패턴은 식재지반별로 상이한 구조로 나타났다(그림 4, 5 참조).

토심이 깊어짐에 따른 산뿌리량의 분포는 증감의 기울기가 비교적 일정한 패턴을 나타내고 있지만, 죽은 뿌리는 불규칙한 편이었다. 토양환경이 양호한 식재지반(P3, P5, P6)에서는 산뿌리와 죽은뿌리의 수직적 분포가 표토에서 지하 10cm까지 증가 후 토심이 깊어질수록 감소하는 추세이었으나, 토양환경이 불량한 식재지반(P1, P2, P4)에서는 불규칙하게 분포하는 양상을 나타내었다. 이와 같이 세근의 산뿌리와 죽은뿌리의 수직적 분포가 식재지반별로 각각 다르게 나타나는 것은 토양환경 조건에 따라 뿌리의 생리적 적응방법에 따라 회피기작, 개선, 내성이 다르기 때문일 것이다.

곰솔 세근의 산뿌리량 수직적 분포는 모든 식재지반에서 세근량이 0~5cm 층보다 6~10cm 층에서 더 많이

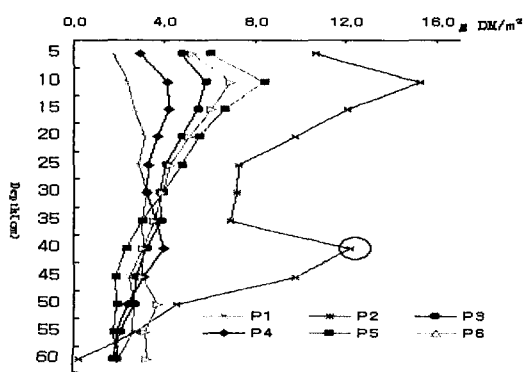


그림 4. 임해매립지 식재지반별 곰솔의 세근 산뿌리 수직적 분포

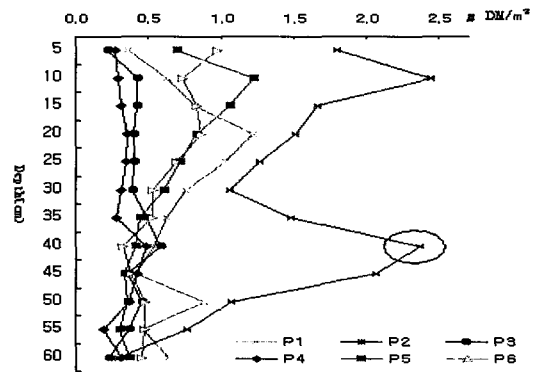


그림 5. 임해매립지 식재지반별 곰솔 세근의 죽은뿌리 수평적 분포

발달하여 있었고, 산뿌리량의 밀집도는 토양환경이 양호한 P3, P5, P6 식재지반에서는 표토로부터 지하 20cm 부분에서 세근량이 전체량의 평균 31~55% 정도로 밀집하여 있으며, 식재지반이 불량한 지반(P1, P2, P4)에서는 지하 30~40cm 주변에 주로 분포하여 있었다(그림 4 참조). 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; 강영희·신영오, 1996)과 관계가 있을 것이다. 산뿌리량이 0~5cm층보다 6~10cm 층에서 더 많이 발달하고 있는 것은 유기물 층과 지피식물 및 수관의 울폐도 등이 낮아 가뭄과 이상기온 등의 외부적 환경변화에 민감하게 반응하여 가뭄에 의해 토양 건조가 계속되거나 여름에 높은 토양온도가 계속되면 세근이 고사하여 생산과 생장이 저하되고(곽영세, 1993), 식재 당시에 나무를 깊게 심어서 표토의 상단 부분에서 뿌리호흡과 양분의 흡수가 저해되기 때문으로 추정된다.

산뿌리량의 수직적 밀집도는 일반 산림지반의 소나무는 수직적으로 표토로부터 12cm에 전체 세근의 90%가 존재(곽영세, 1993, 이경준, 1995)하지만, 본 조사지에서 토양환경이 양호한 식재지반에서는 표토로부터 지하 20cm 부분에서 세근량이 전체량의 31~55% 정도로 밀집하여 있어서, 식재지반이 불량한 지반에서는 지하 30~40cm 주변에 주로 분포하는 것과는 차이가 있었다. 이처럼 세근의 분포가 자연지역에서 표토층에 집

중 분포하는 것은 양분과 수분 그리고 공기의 상태, 토양 광물 등이 상부층에서 가장 우호적이며(Kwak and Kim, 1994), 공극이 커서 뿌리호흡을 왕성하게 할 수 있고, 낙엽분해에서 오는 많은 영양염류를 이용하여 수분흡수를 쉽게 할 수 있기 때문(Harris *et al.*, 1977; Castellanos *et al.*, 1991)이지만, 입해매립지는 유효토심과 광물질 등이 수직적으로 비교적 균질하게 분포되어 있기 때문에 뿌리가 표토에 밀집되지 않고 토심 깊게 분포하지만 토양의 교란 정도에 따라 세근의 분포 양상도 다르게 나타나는 것으로 생각되었다.

각 식재지반별 곱술 세근 산뿌리량의 수직적 분포에서 객토매립지반 세근의 산뿌리량 분포는 표토로부터 지하 35cm까지 매우 적은 양으로 증가 추세를 보이다가 토심이 깊어질수록 감소하였으며, 죽은뿌리는 지하부 20~25cm 사이에 많이 분포하였다. 산뿌리와 죽은뿌리가 불규칙하게 분포하는 것은 전술한 바와 같이 토양경도가 27mm 이상으로 매우 경화되어(김도균 등, 2001) 있어서 뿌리의 분포가 뿌리분 주변과 매립된 잡석 사이에 완충된 토양 속에서 밀집하여 있기 때문이었다. 죽은 뿌리가 원뿌리 하부에 많이 분포하여 있는 것은 과도한 토양의 답압으로 유효토심이 매우 낮기 때문에 무강우 기간이 길어지면 토양수분이 부족하여 뿌리 발달이 민감하게 저해되기 때문에 죽은뿌리의 발생이 많은 것으로 추정되었다.

객토피복지반에서는 세근의 산 뿌리량과 죽은 뿌리량은 표토에서 지하 10cm까지 증가하고, 지하 30cm까지는 "3字"형으로 증감을 반복하며, 지표로부터 45cm 깊이까지 증가 후 토심이 깊어질수록 감소하는 경향을 나타냈다. 이 지반에서는 표토로부터 35cm까지의 객토층에서 많은 양의 외생균근이 관찰되었고, 지하 35~45cm(O 부분)에서 객토와 준설토의 이질토양이 접하는 유리층을 따라 0.5~1cm 정도의 두께로 높은 밀도의 세근층이 분포하였다. 객토와 준설토 사이의 유리층 아래 부분부터 세근량이 급격히 적어지다가 45~55cm 층의 준설토에서 수직근 아래에 많은 양의 세근과 외생균근의 균집이 빗자루 끝처럼 다닥다닥 붙어 있었고, 뿌리의 끝 부분인 장근²⁾과 개척근³⁾이 더 이상 신장하지 못하고 있었지만 조사시기가 초겨울이었음에도 새 뿌리가 신장하고 있는 것이 관찰되었다. 이 지반에서

수직적 세근의 산 뿌리와 죽은 뿌리의 분포형태가 3자형으로 많이 분포되어 있는 것은 식재지반의 토양환경이 유효토심이 낮고, 상층의 객토와 하층의 준설토로 구성되어 있어 층위간 토양환경이 매우 이질적이며, 유리층의 특이한 토양성질의 변화와 토양의 Na⁺농도가 1.0 meq/100g 이상(김도균 등, 2001) 높아지는 것과 관계가 있을 것이다. 상층의 객토와 하층의 준설토 토양성질이 서로 이질적으로 유리층이 형성되면 토양수분과 영양염류가 강우나 가뭄 때에 모세관 현상에 의해 상승과 하강을 반복하는 과정에 토양의 이화학적 성질이 완충됨으로써 곱술의 뿌리 발달이 유리한 것으로 보인다. 또한, 토심 45~55cm 부분에서 외생균근이 밀집되어 있고, 그 하부에는 뿌리가 신장하지 못하고 있으며, 죽은 뿌리가 많이 발견되는 것은 토양 중의 Na⁺농도가 높으면 식물뿌리에 침투 방어기작으로 외생균근 균집이 많이 발생되어(Epstein, 1972; 이경준, 1995) 빗자루형으로 밀집되기 때문으로 생각된다.

대성토하부에서는 객토매립지반의 경우와 같이 자갈과 돌 틈 사이로 뿌리가 확장되어 분포하여 있었다.

중성토지반과 대성토지반의 사면부와 정상부는 표토에서 지하 10cm까지 증가하다가 그 이후 지하 60cm까지 감소하는 경향이였다. 근권의 하단부인 지하 60cm 부분에서 세근의 분포는 객토피복지반에서 매우 적었고, 나머지 5개 지반에서는 소량으로 분포하였으며, 특히 대성토정상부에서는 가장 많이 잔재하여 있었다. 토심이 깊고 사양토인 성토지반(P3, P5, P6)에서 세근이 수직적으로 깊게 분포하는 것은 사질양토에서 통기성이 양호하여 뿌리가 깊게 발달(이경준, 1995)할 수 있기 때문으로 생각되었다.

3. 세근의 수평적 분포

수간으로부터 수평방향으로 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 및 100cm 거리에서 채취한 세근의 산뿌리량의 수평분포에 대한 차이는 분산분석 결과 유의수준 5%에서 유의한 차이가 없었지만 세근량은 수간으로부터 멀어질수록 적어지는 경향이며, 다른 개체와 겹치는 60~80cm 부분에서 증가한 후 감소하는 경향이였다(그림 6 참조).

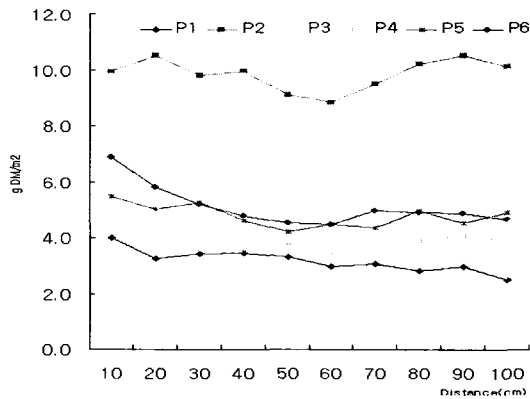


그림 6. 임해매립지 식재지반별 곰솔 세근의 산뿌리 수평적 분포

세근이 수간에서 멀어질수록 감소하는 경향은 조립지의 세근 수평적 분포가 주간으로부터 거리가 멀어질수록 감소하는 경향(Ford and Deans, 1977; Persson, 1980)과 유사하며, 이러한 현상은 뿌리가 수분과 영양염류를 효율적으로 흡수하려는 식물의 전략 때문에 (Russell, 1977) 수간으로부터 방사상으로 수평하게 외부 쪽으로 뻗어나가기 때문으로 생각된다.

세근량이 다른 개체와 겹치는 부분에서 약간 증가하는 것은 식재 간격이 1.4~1.7m 정도로 개체간의 세근이 겹치기 때문이었으며, 다른 개체의 뿌리가 인접 개체의 뿌리에 깊게 분포하지는 않는 것으로 관찰되었는데 이것은 개체간 상호 경쟁 때문으로 생각되었다.

IV. 결론

본 연구는 광양만 임해매립지에 식재된 곰솔의 지반별 세근의 산뿌리와 죽은뿌리의 공간분포를 분석하였다.

곰솔의 세근량은 각 식재지반별로 차이가 있었고, 산뿌리량은 죽은 뿌리량보다 3.7~9.6배 많았다. 식재지반별 곰솔 세근의 산뿌리량은 객토피복지(P2), 대성토정상(P6), 대성토사면(P5), 중성토(P3), 대성토하부(P4), 객토매립지(P1) 순으로 각각 98.5, 51.1, 47.8, 44.6, 38.2, 31.8g DM/m²이었다.

곰솔 세근의 산뿌리량 수직적 분포는 식재지반별로 차이가 있었고, 표토에서 깊어질수록 세근량은 감소하였으며, 표토로부터 지하 20cm 부분에서 세근량은 토

양환경이 양호한 식재지반에서는 전체량의 평균 31~55% 정도이었으며, 토양환경이 불량한 식재지반은 불량한 지반에서는 지하 30~40cm 주변에 주로 분포하여 있었다.

곰솔 세근의 산뿌리 수평적 분포는 수간으로부터 멀어질수록 감소하는 경향이며, 다른 개체와 겹치는 부분에서 약간 증가하는 경향을 나타내었다.

토양환경이 양호한 성토지반에서 정상적인 뿌리발달을 하고 있었으며, 객토피복지반과 객토매립지반 그리고 성토하부지반에서는 비정상적인 뿌리발달을 하고 있었으며, 곰솔 세근의 공간분포에 영향을 미치는 토양환경 인자는 높은 토양경도 및 염기성 염류와 밀접한 관련이 있었다.

따라서 바다매립지에서 곰솔의 정상적인 생장을 도모하기 위해서는 성토를 하여 식재지반의 토양환경을 양호하게 하고, 토양환경의 불량 환경요인을 파악하여 개선하여야 할 것으로 사료되었다.

본 연구는 바다매립지 식재지반의 토양환경이 곰솔 세근의 공간적 분포에 크게 영향을 미치고 있음을 확인하였으며, 이러한 연구 결과는 바다 매립지 녹화 식재지반 조성과 토양개량 및 수목생장 관리에 유용한 정보를 제공할 수 있을 것으로 생각된다.

그러나 뿌리생장에 특정 토양환경 요인이 영향을 미치는 기작에 대해서는 확인할 수 없는 한계가 있었으므로 향후 수목생장에 토양인자가 미치는 영향에 대한 실험적 기제가 필요하다.

주 1. g DM/m² : Dry matter per square meter

주 2. 장근은 세근 하부 조직으로서 새로운 뿌리를 뻗어나가면서 새로운 근계를 개척하여 나가는데 형성층이 굵어져서 주근을 이루어 오래도록 살아가는 뿌리이다.

주 3. 개척근은 장근의 하부조직으로 주로 낮은 불과 여름에 뿌리가 가장 왕성하게 자랄 때 나타나서 숫자가 적지만 새로운 근계를 빠른 속도로 개척한 후 지름이 굵어지는 뿌리이다.

인용문헌

1. 강영희, 신영오(1996) 식물영양학. 서울, 도서출판 아카데미서적.
2. 박영세(1993) 단양 석회암지역 식물군락의 생산성 및 호석회 식물과 협석회식물의 분류, 서울대학교 대학원 박사학위논문.
3. 김도균(2000) 임해매립지의 조경수목 생장 특성 -광양만의

- 곰솔과 느티나무를 중심으로 영남대학교 대학원 박사학위논문.
4. 김도균, 장병문, 김용식(2000) 임해매립지의 토양환경이 곰솔과 느티나무의 생육에 미치는 영향. 한국조경학회지 28(4): 9-20.
 5. 김도균(2001) 임해매립지 식재지반별 토양의 물리화학적 특성. 한국환경복원녹화기술학회지 4(4):12-18.
 6. 김도균, 김용식, 김민수, 오구균(2001) 광양만 임해매립지 곰솔 식재지역 토양환경의 수직적 특성. 한국환경생태학회지 15(2):186-192.
 7. 김도균, 박원규, 서정욱(2002) 광양만 임해매립지의 곰솔 이식 이후의 연륜생장 특성. 한국환경생태학회지 16(1):1-9.
 8. 이경준(1995) 수목생리학, 서울대학교 출판부.
 9. 조두희(1981) 토양의 경도가 樹根의 분포에 미치는 영향 -사방시공지 후식 리기테다 소나무 조림지에서. 전남대 농어촌개발연구 16(1):17-25.
 10. 新田伸三ら(1976) 土木工事ののり面保護工, 鹿島出版社.
 11. 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.
 12. Epstein, E.(1972) Mineral nutrition of plants: principals and perspectives, John Wiley and Sons, New York.
 13. 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.
 14. 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.
 15. 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 Collins, Colorado.
 16. Gruber, F.(1992) Dynamik und Regeneration der Gehölze. Ber. Forsch. Waldökos., Reihe A, Bd. 86/Teil I&11.
 17. 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.
 18. 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.
 19. Russell, R. S.(1977) Plant root systems, there function and interaction with the soil, McGraw Hill, U. K.
 20. Smucker, A. J. M., A. Nunez-Barrios and J. T. Richle(1991) Root dynamics in drying soil environments. Belowground Ecology 2:4-5.
 21. Waisel, Y., A. Eshel, and U. Kafkafi(1991) Plant Roots -The Hidden Half, Marcel Dekker, Inc.

원 고 접 수 : 2003년 4월 30일
 최종수정본 접수 : 2003년 11월 25일
 3인익명 심사필